

541(075.35)

გ 91

ს. ა. ბაღუნი

ფიზიკური და კოლორიდური
ქიმიის პრაქტიკუების
სახელმძღვანელო

ფრანგის წითელი ღრუხის ორდენის ლ. პ. ბერიას სახელობის საზღვარგარეთის
სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის გამოცემლობა.

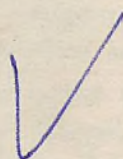
თბილისი—1951 წ.

ს. ა. ბაღუნი

521(095-35)
821

ფიზიკური და კოლორიტური
ქიმიის პრაქტიკუების
სახელმძღვანელო

21526



შრომის წითელი დროშის ორდენის მფლობელის სახელობის საქართველოს
სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის გამომცემლობა.

თბილისი—1951 წ.

541(095-35) + 541.9(095-35)

იხილეთ

იხილეთ 19 იანვარს
ქიზნის ბაღს ქიზნის
მუზეუმის მუზეუმს

თარგმანის დამატებანი და რედაქცია შესრულებულია
დოც. ნ. შირცხალავას მიერ



წინასიტყვაობა

ლაბორატორიული პრაქტიკული მეცადინეობა წარმოადგენს სასწავლო პედაგოგიური პროცესის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს რგოლს: ამ მეცადინეობებზე სტუდენტები ღებულობენ ექსპერიმენტული მუშაობის გამოცდილებას, ეჩვევიან დანაკვირები კანონზომიერებიდან დამოუკიდებლად დასკვნების გაკეთებას.

ფიზიკურ და კოლოიდურ ქიმიაში სამუშაოების უმეტესობა დაკავშირებულია რაოდენობრივ განსაზღვრებთან, რაც მნიშვნელოვნად აძნელებს ცდებისათვის მასალის შერჩევასა და ართულებს მოსწავლეების მიერ მათ შესრულებას. განსაკუთრებით ძნელია პრაქტიკული სამუშაოებისათვის მასალების შერჩევა არაქიმიურ (პედაგოგიური, სამედიცინო და სხვ. ამგვარი ტიპის) უმაღლეს სასწავლებლებისათვის, სადაც იკითხება მხოლოდ ფიზიკური და კოლოიდური ქიმიის რჩეული თავები.

წარმოდგენილი სახელმძღვანელო გაანგარიშებულია 40—50 საათზე, ფიზიკური და კოლოიდური ლაბორატორიაში პრაქტიკული მეცადინეობისათვის. მიუხედავად ამისა ტექსტში მოცემულია გაცილებით მეტი მასალა, ვიდრე ეს შესაძლებელია შესრულდეს აღნიშნული დროის განმავლობაში, ეს გამოწვეულია მით, რომ ხელმძღვანელს ჰქონდეს მასალის შერჩევის შესაძლებლობა ლაბორატორიის მოწყობილობის შესაბამისად და პროგრამის მოთხოვნილების მიხედვით.

ყოველი ცდის წინ მოცემულია მოკლე თეორიული შესავალი, რაც მნიშვნელოვნად აადვილებს ჩატარებულ მუშაობის გაგებას. ცალკეული ცდების შეგნებულად და წარმატებით გაგებისათვის, აუცილებელია პრაქტიკულ სამუშაოებისათვის მოვთხოვით მოსწავლეებს წინასწარი მომზადება, თუნდაც თეორიული შესავლის ფარგლებში. სტუდენტისათვის საჭირო სასწავლო ლიტერატურა მოცემულია ყოველი თავის ბოლოს.

წიგნი განკუთვნილია სტუდენტის დამოუკიდებელი მუშაობისათვის მასწავლებლის ხელმძღვანელობით. ამიტომაც ყოველი სამუშაო წარმოადგენს ამოცანას, რომლის შესრულების შესახებ წარმოდგენილი უნდა იქნეს დაწვრილებითი ანგარიში.

ავტორი მადლობას უცხადებს ასისტ. ა. ი. ფილკოს, რომელმაც მოამზადა მასალები „პოტენციომეტრული გატიტვისათვის“, და ტექნიკური მეცნიერებათა კანდიდატს ვ. პ. ბარანიკს, რომელმაც მონაწილეობა მიიღო „მეტალების სიმჟავეებით გამოწვეული კოროზიის ინგიბიტორებით დაცვის“ სამუშაოთა შედგენაში.

ავტორი

ქართული გამოცემის წინასიტყვაობა

ქართული თარგმანი შესრულებულია 1950 წ. რუსულ ენაზე გამოსულ გამოცემიდან. 1950 წლის გამოცემა დიდად განსხვავდება 1947 წლის გამოცემისაგან და შეიძლება ითქვას, რომ ის სრულიად ახლად დაწერილ სახელმძღვანელოს წარმოადგენს.

ავტორს ვრცლად აქვს მოცემული წიგნში რუსი და საბჭოთა მეცნიერთა მონაცემები.

რადგანაც ლ. პ. ბერიას სახელობის საქ. სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის ტექნოლოგიური ფაკულტეტისათვის ფიზიკური ქიმიის კურსი თავისი მოცულობით განსხვავდება სხვა ფაკულტეტისა და პედაგოგიური ინსტიტუტების კურსისაგან, ამის გამო ჩვენ მოგვიხდა ზოგიერთი დამატების შეტანა სახელმძღვანელოში.

კალორიმეტრია და ქიმიური კინეტიკა დაწერილია ჩვენ მიერ.

თარგმანი შესრულებულია დოც. ნ. ფირცხალავასა და ასისტ. ა. პაჯიბეილის მიერ.

დოც. ნ. ი. ფირცხალავა

1. ნივთიერების მოლეკულური წონის განსაზღვრა გზით
მდგომარეობაში მისი მოცულობის გაზომვით

იდეალური გაზის მდგომარეობას საზღვრავენ განტოლებით

$$PV = nRT, \dots \dots \dots (1)$$

სადაც P —წნევა, რომლის ქვეშ გაზი იმყოფება;
 V —გაზის მიერ დაკავებული მოცულობა;
 n —გაზის მოლთა რაოდენობა;
 R —გაზის უნივერსალური მუდმივა;
 T —აბსოლუტური ტემპერატურა.

ამ განტოლებაში რიცხვი n შეიძლება შევცვალოთ მისი ტოლი მნიშვნელობით

$$\frac{g}{M},$$

სადაც g —გაზის წონაა გრამებით
 M —გაზის მოლეკულური წონა.

(1)-ლ განტოლებაში n -ის მაგიერ $\frac{g}{M}$ ჩასმით, მივიღებთ:

$$PV = \frac{g}{M} \cdot RT$$

და, მაშასადამე,

$$M = \frac{gRT}{PV} \dots \dots \dots (2)$$

რადგან g , T , P , V სიდიდეები შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს ცდის საშუალებით, ამიტომ (2) განტოლების საშუალებით შეიძლება გავიანგარი-

შოთ თხევადი ან მყარი ნივთიერების მოლეკულური წონა, თუ ის გათბობის შედეგად არ განიცდის დაშლას დუდილის ტემპერატურის ზემოთ.

მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს. ზუსტად აწონილ ნივთიერებას აორთქლებენ სურ. 1-ზე გამოსახული ხელსაწყოში, იმ ტემპერატურაზე, რომელიც 20°-ით მაინც აღემატება ამ ნივთიერების დუდილის წერტილს.

გამოსაკვლევი ნივთიერების ორთქლი ხელსაწყოდან გასაზომ მილში განდევნის თავისი მოცულობის ტოლი ჰაერის მოცულობას. ეს მოცულობა იზომება ოთახის ტემპერატურისა (t°) და გარეგანი ჰაერის P წნევის დროს.

ამრიგად, ექსპერიმენტულად საზღვრავენ არა გამოსაკვლევი ნივთიერების ორთქლის მოცულობას, არამედ თანაბარი მოცულობის ჰაერს, განდევნილს ხელსაწყოდან საკვლევი ნივთიერების ორთქლით; ამასთან მოცულობის განსაზღვრას აწარმოებენ ოთახის ტემპერატურისა და ატმოსფერული წნევის დროს.

მუშაობის მიზანი

1. ისეთი ნივთიერების მოლეკულური წონის განსაზღვრის ერთ-ერთი მეთოდის გაცნობა, რომელიც დაუშლელად გადადის გაზურ მდგომარეობაში.
2. უცნობი ნივთიერების მოლეკულური წონის განსაზღვრა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები

ხელსაწყო ჰაერის განდევნის მეთოდით მოლეკულური წონის განსაზღვრისათვის. მასთან: მინის ან ლითონის ცილინდრი (აბაზანა) შტატივით; კრისტალიზატორი 500 მლ.; გაზის საზომი მილი 50 სმ³ მოცულობით; აირის სანთურა; ამპულები; მილიმეტრებიანი სახაზავი.

ხელსაწვოს აღწერა

ხელსაწყო მოლეკულური წონის განსაზღვრისათვის გამოსახულია სურ. 1-ზე. ის შედგება: მინის ჭურჭლისაგან 1, რომელიც მოთავსებულია მინის ან ლითონის ცილინდრულ უფრო ფართო ჭურჭელში. ჭურჭელში 2 ასხამენ სითხეს, რომელსაც აცხელებენ ადულებამდე. ადულებული სითხე ათბობს 1 ჭურჭლის გაფართოებულ ნაწილს 3, რომლის ზედა ნაწილში მოთავსებულია მილი 5 ჰაერის განრინებისათვის და სამარჯვი 6 ამპულების ჩასაგდებად. მოწყობილობა ამპულის ჩასაგდებად ნაჩვენებია სურ. 1, *ა*-ზე. ჭურჭლის ზედა ხერცტილს მჭიდროდ ხურავენ რეზინის საცობით 7. გაზგამყვან მილს 10 მიყვევართ წყლით სავსე გაზის საზომ მილთან 8, რომელიც გადმოპირქვაებულია წყლიან კრისტალიზატორში 9.

თუ გამოსაკვლევი ნივთიერების დუდილის ტემპერატურა არ აღემატება 80°-ს, მაშინ 2 ჭურჭელში ჩვეულებრივად ასხამენ წყალს; იმ შემთხვევაში კი როდესაც დუდილის ტემპერატურა 80°-ზე მეტია, იყენებენ დუდილის მაღალი ტემპერატურის მქონე სითხეს, მაგ. ანილინს (დ. ტემპ. 184°), ნაფტალინს (დ. ტემპ. 218°), გოგირდს (დ. ტემპ. 444,5°).

ნივთიერებას, რომლის მოლეკულური წონა სურთ გაარკვიონ, ათავსებენ ამპულაში, რომელიც ნატურალური სიდიდით გამოსახულია სურ. 1, *ბ*-ზე.

გაზგამყვანი 10 მილის ბოლოს, გაზის საზომ მილში 8 შეუყვანლად, ჩა-
უშვებენ კრისტალიზატორში 9. გათბობასთან ერთად ჰაერი 1 ჭურჭელში
ფართოვდება და 10 მილით გამოიყოფა ბუშტულების სახით.

სითხემ 2 ჭურჭელში უნდა იდულოს ინტენსიურად 15—20 წუთის გან-
მავლობაში. მას შემდეგ, რაც შეწყდება ბუშტულების გამოყოფა 10 მილიდან,
ტემპერატურა ითვლება დამყარებულად. შემდეგ უჭერენ ბოლომდე მომჭერს
11 და გაზგამყვანი მილის ბოლოს შეიყვანენ წყლით სავსე გაზის საზომი ჰი-
ლის 8 ნახვრეტში. რამდენიმედ გაწევენ რეზინის მილს, რომელიც გარემო-
იცავს მინის წკირს 12, რის შედეგად ამპულა ვარდება 1 ჭურჭლის ფსკერზე
და ტყდება. თუ დაცემისას ამპულა არ გატყდა, მაშინ მას იღებენ ხელსაწყო-
დან, მის ზედა ბოლოზე წამოაძმევინ ერთ ან ორ ტყვიის რგოლს და ცდას
ისევ იმეორებენ. ამპულაში მოთავსებული ნივთიერება იქცევა ორთქლად,
რომელიც 1 ჭურჭლიდან განდევნის თავისი მოცულობის ტოლი რაოდენობის
ჰაერს.

ამპულის ჩაგდების შემდეგ მომჭერს 11 ხსნიან თანდათანობით, ისე
რომ შესაძლებელი იყოს ცალკეული ბუშტულების დათვლა. მილის 10 ბოლო-
დან ჰაერის ბუშტულების ინტენსიურად გამოყოფის დროს მათი ნაწილი
შეიძლება არც კი მოხვდეს 8 მილში.

ზომავენ გაზის ტემპერატურას t , ატმოსფერულ წნევას P , წყლის დო-
ნეთა სხვაობას h გაზის საზომ მილსა 8 და კრისტალიზატორში 9. ჰაერის
ტემპერატურას ზომავენ ჩვეულებრივი თერმომეტრით, 0,5°-ის სიზუსტით,
რომელიც მოთავსებულია გაზის საზომი მილის მახლობლად.

ატმოსფერული წნევა განისაზღვრება ლაბორატორიაში არსებული ბა-
რომეტრით.

სითხეების დონეთა სხვაობას კრისტალიზატორსა 9 და გაზის საზომ
მილში 8 ზომავენ მილიმეტრიანი სახაზავით.

მუშაობის დამთავრების შემდეგ მთელ ხელსაწყოს შლიან და ყველა ნა-
წილს აშრობენ.

განგარიშება

მოლეკულური წონის განგარიშებისათვის იყენებენ (2) ფორმულას

$$M = \frac{gRT}{PV}$$

V , g და T სიდიდეებს ცდის წარმოების დროს უშუალო გაზომვით
საზღვრავენ. რადგან მოცულობა V გამოისახება კუბურ სანტიმეტრობით, ხო-
ლო წნევა P კი ვერცხლისწყლის სვეტის მილიმეტრობით, ამიტომ გაზის
მუდმივას მნიშვნელობაც გამოსახული უნდა იქნეს იმავე ერთეულებში, ე. ი.

$$R = \frac{760.22415}{273,16} = 62364 \frac{\text{მმ ვერც. წყ. სვ. მლ.}}{\text{გრად. მოლი.}}$$

იმისათვის, რომ მოგნახოთ წნევა P , რომლის ქვეშ იმყოფება ჰაერი გა-
ზის საზომ მილში, საჭიროა ვიცოდეთ ბარომეტრული წნევა h , წყლის

ორთქლის წნევა l ცდის ტემპერატურაზე და წყლის სვეტის სიმაღლე h , რომელიც რჩება გაზის საზომ მილში. სიდიდეს b ენახულობთ უშუალოდ ბარომეტრის ჩვენებაზე დაკვირვებით; სიდიდეს l ენახულობენ 1 ტაბულაში (იხ. დანართი); წყლის სვეტის წნევა გადაყავთ ვერცხლისწყლის სვეტის მმ-ში, რისთვისაც გაყოფენ დაკვირვებით მიღებული დონეთა სხვაობის სიდიდეს h ვერცხლისწყლის ხვედრით წონაზე, ე. ი. 13,6.

ამრიგად

$$P = b - l - \frac{h}{13,6}$$

ფორმულაში (2) აბსოლუტური ტემპერატურის მაგიერ სვამენ მის თანხმარ სიდიდეს 273,16 + t .

აქედან

$$M = \frac{g \cdot 62364 \cdot (273,16 + t)}{\left(b - l - \frac{h}{13,6}\right) \cdot V}$$

მოლეკულური წონის სიდიდეს გაიანგარიშებენ ერთი ათწილადი ნიშნის სიზუსტემდე; მეორე ნიშანს უკუაგდებენ შესაბამის დამრგვალებით.

დაკვირვებისა და გაანგარიშების შედეგების ჩაწერის ფორმა

ნივთიერებიანი ამბულის წონა g_2 გრამოზით
 ცარიელი ამბულის წონა g_1 გ.
 გამოსარკვევი ნივთიერების წონა $g = g_2 - g_1$ გ.
 ჰაერის ტემპერატურა t °C
 ბარომეტრული წნევა b მმ ვერც. წყ. სვ.
 წყლის დონეთა სხვაობა h მმ წყ. სვ.
 განდევნილი ჰაერის დანაკვირვები მოცულობა V სმ³
 წყლის ორთქლის წნევა ცდის ტემპერატურის დროს, l . მმ ვერც. წყ. სვ.
 წნევა, რომლის ქვეშ იმყოფება ჰაერი გაზის საზომ მილში

$$P = b - l - \frac{h}{13,6} \quad \text{მმ ვერც. წყ. სვ.}$$

განსაზღვრული მოლეკულური წონა M

მუშაობის ანგარიში

1. ჩახაზეთ ხელსაწყოს სქემა.
2. ჩაწერეთ ცდის შედეგები ნაჩვენები სქემით.

საპრობროლო კითხვები

რით აიხსნება ის ფაქტი, რომ ზოგიერთი ნივთიერებისათვის მოლეკულური წონა განსაზღვრული ზემოაღწერილი მეთოდით საგრძნობლად განსხვავდება ქეშმარიტი მოლეკულურ წონისაგან?

ზისთვის არის რომ 1 კურტლის ქვედა ბოლოს აქვს გაფართოება 3, ხოლო მი-
ლი, რომელიც ამ გაფართოებას აერთებს გვერდით მილთან 5, კეთდება გრძელი და
ვიწრო?

შეიძლება თუ არა აღწერილი ხელსაწყოთი განისაზღვროს ნივთიერების ორთქ-
ლის დისოციაციის ხარისხი?

როგორ გავიანგარიშოთ გაზის უნივერსალური მუდმივას R მნიშვნელობა, თუ
წნევა გაზომილია ვერცხლისწყლის სვეტის მილიმეტრობით, ხოლო მოცულობა კი კუ-
ბურ სანტიმეტრობით?

ლიტერატურა

А. И. Бродский—Физическая химия, т. I, гл. III, § 91, 1948.

2. გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონისა და
ელემენტარულიტური დისოციაციის ხარისხის განსაზღვრა
ხსნარის გაყინვის ტემპერატურით (კრიოსკოპია)

მოლეკულური წონის განსაზღვრა

ხსნარები სუფთა გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურაზე უფრო დაბალი ტემპერატურის დროს იყინება. ეს მოვლენა აღმოჩენილი იყო დიდი რუსი მეცნიერის მ. ვ. ლომონოსოვის მიერ, რომელიც 1764 წ. წერდა: „ყინვა, მარილიან წყალს ისე ვერ აქცევს ციხულად, როგორც მტკნარს ძლევს“.

ხსნარის გაყინვის ტემპერატურა დამოკიდებულია მის კონცენტრაციასა და გამხსნელის ბუნებაზე, და მცირდება ხსნარის კონცენტრაციის პირდაპირ პროპორციულად.

არაელექტროლიტების განზავებული ხსნარებისათვის ეს დამოკიდებულება გამოისახება განტოლებით

$$T_0 - T_1 = \Delta T = E \cdot c, \dots \dots \dots (1)$$

სადაც T_0 —გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურაა;

T_1 —ხსნარის გაყინვის ტემპერატურა;

ΔT —გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურის შემცირება;

E —პროპორციულობის კოეფიციენტი;

c —ხსნარის კონცენტრაცია მოლებში 1000 გ გამხსნელზე.

პროპორციულობის კოეფიციენტი E რიცხობრივად ტოლი ხდება ΔT სიდიდისა მაშინ, როდესაც კონცენტრაცია c ტოლია ერთი მოლისა 1000 გ გამხსნელზე. ამ შემთხვევაში E სიდიდეს ეწოდება გაყინვის ტემპერატურის მოლური შემცირება ან გამხსნელის კრიოსკოპიული მუდმივა.

გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურის მოლური შემცირება დამოკიდებულია მხოლოდ მის ქიმიურ ბუნებაზე და არ არის დამოკიდებული გახსნილი ნივთიერების ბუნებაზე.

ყოველი გამხსნელისათვის დამახასიათებელია გაყინვის ტემპერატურის მოლური შემცირება ან მისი კრიოსკოპიული მუდმივა.

კრიოსკოპიული მუდმივები

ბენზოლი	5,1°
წყალი	1,86°
ნაფტალინი	3,1°
ნიტრობენზოლი	7,1°

არ შეიძლება ერთმანეთში ავურიოთ ტერმინები: გაყინვის ტემპერატურის მოლური შემცირება და ხსნარის დანაკვირვები გაყინვის ტემპერატურის შემცირება შედარებით გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურასთან.

გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონის განსაზღვრის დროს ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის სიდიდის მიხედვით ხსნარის კონცენტრაციას ანგარიშობენ 1000 გ გამხსნელის მიმართ.

თუ G გ გამხსნელში გახსნილი იყო g გ ნივთიერება, მაშინ

$$c = \frac{g}{M} \cdot \frac{1000}{G} \dots \dots \dots (2)$$

სადაც $\frac{g}{M}$ — გახსნილი ნივთიერების მოლების რაოდენობაა.

c სიდიდის ამ გამოსახულების (1) ფორმულაში ჩასმით, მივიღებთ:

$$\Delta T = T_0 - T_1 = E \cdot \frac{g}{M} \cdot \frac{1000}{G},$$

საიდანაც

$$M = \frac{E \cdot g \cdot 1000}{G(T_0 - T_1)} \dots \dots \dots (3)$$

g და G წონებს აწონვით გებულობენ; E და T_0 — მოცემული გამხსნელისათვის მუდმივი სიდიდეებია. მაშასადამე, ცდა დაიყვანება, მხოლოდ ΔT სიდიდის განსაზღვრაზე, ე. ი. G გრამი გამხსნელისა და g გრამი გახსნილი ნივთიერებისაგან შემდგარი ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის დაკვირვებაზე.

კრიოსკოპიული მეთოდი გამოსაყენებელია მხოლოდ მცირე კონცენტრაციის ხსნარებისათვის, რის შედეგად ΔT -სათვის ვღებულობთ მცირე სიდიდის მნიშვნელობებს, და ტემპერატურის ათვლისას მცირე ცდომილება თავისი აბსოლუტური მნიშვნელობით, პროცენტებში გვაძლევს მნიშვნელოვან სიდიდეს. ამიტომაც ამ სამუშაოს შესრულებისას იყენებენ თერმომეტრს, რომელიც 0,002° სიზუსტით ტემპერატურის ათვლის საშუალებას იძლევა.

მუშაობის მიზანი

1. გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონის განსაზღვრის კრიოსკოპიული მეთოდის პრაქტიკულად გაცნობა.

2. ელექტროლიტების ხსნარის ელექტროლიტური დისოციაციის ხარის-
ხის განსაზღვრა.

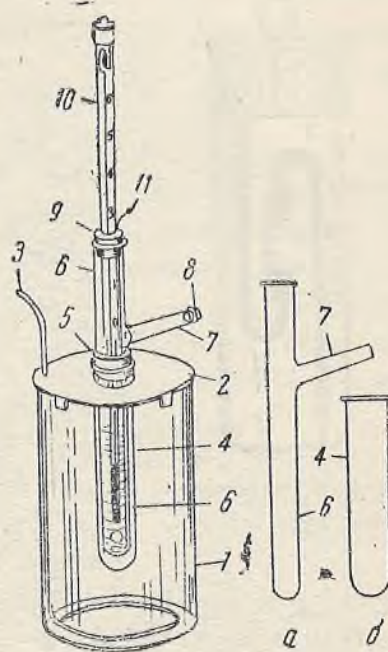
მუშაობისათვის საჭირო მასალები
და ხელსაწყოები

ხელსაწყო კრიოსკოპული გაზომვებისათვის.
მასთან: ბეკმანის თერმომეტრი; თერმომეტრი
— 10° -დან $+100^{\circ}$ -დე $0,1^{\circ}$ დანაყოფებით, ლუბა
ყინული და ნატრიუმის ქლორიდი გამაცივებე-
ლარებისათვის, 5%-იანი კალიუმის ქლორის
ხსნარი.

ხელსაწყო აღწერა

ხელსაწყო ძირითად ნაწილს წარმო-
ადგენს სინჯარა 6, გვერდითი ნაშევრით 7
(სურ. 2, a), მისი ზედა ნახვრეტი მჭიდროდ
მხურება საცობით 9, რომელშიაც გადის
თერმომეტრი 10 და წვრილი მავთულისაგან
გამკეთებული სარეველა 11; სარეველას ერ-
თი ბოლო მოხრილია რგოლურად, რომე-
ლიც თავისუფლად გარემოიცავს თერმომეტ-
რის ქვედა ბოლოს. სინჯარა 6 მასში მო-
თავსებული თერმომეტრით და სარეველათი
საშვებულია საცობის 5 საშუალებით უფრო
ფართო სინჯარაში 4 (სურ. 2, b), რომელიც
საძიერო „სამოსის“ დანიშნულებას ასრუ-
ლებს. მთლიანად ხელსაწყოს 2, სახურავზე
მოსვებული ნახვრეტის საშუალებით, ათავსე-
ბენ სქელკედლიან ჭიქაში 1, რომელსაც ცდის წინ ავსებენ გამაცივებელი ნა-
რევით (წყალი დამტვრეული ყინულით). მსხვილი მავთულისაგან დამზადე-
ბული სარეველათი 3 ხდება გამაცივებელი ნარევის მორევა.

თერმომეტრის დაყენება. კრიოსკოპული ცდების დროს არ
არის საჭირო გამხსნელისა და ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის ნამდვილი
მნიშვნელობების გაზომვა, საჭიროა მხოლოდ დიდი სიზუსტით მათ შორის
სხვაობის განსაზღვრა. ამისათვის იყენებენ „დიფერენციალურ“ (სხვაობითი)
თერმომეტრებს. ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ჩვეულებრივად იყენებენ თერ-
მომეტრს, ამ უკანასკნელის სიგრძე დაახლოებით 50 სმ-ია, რომლისაგანაც და-
ახლოებით 3 სმ მოდის რეზერვუარზე ვერცხლისწყლით, დაახლოებით 12 სმ
კაპილარზე სკალის ძირამდე, დაახლოებით 24 სმ სკალაზე და დაახლოებით
10 სმ თერმომეტრის ზედა ნაწილზე. ჩვეულებრივად სკალა მთლიანად დაყო-
ფილია 5 გრადუსად, რომლის დანაყოფები ტოლია $0,01^{\circ}$. ამ დანაყოფებზე
ლუბით დაკვირვებისას შეიძლება თვალთვალთ ტემპერატურა ავთვალთ $0,002^{\circ}$ -ის



სურ. 2. ხელსაწყო მოლეკულური წო-
ნის განსაზღვრისათვის:

1—ჭიქა; 2—სახურავი; 3—სარეველა-
4—„სამოსი“; 5—საცობი; 6—სინჯა-
რა; 7—გვერდითი ნაშევრი; 8, 9—სა-
ცობები; 10—ბეკმანის თერმომეტრი;
11—სარეველა,

სიზუსტით. თერმომეტრის განსაკუთრებული მოწყობილობა გამოიხატება მასში, რომ მისი კაპილარი ზედა ნაწილში მოხრილია და გადადის გაფართოებაში (სურ. 3), რომელიც ნაწილობრივად ვერცხლისწყლით არის შევსებული.



სურ. 3. თერმომეტრის ზედა ნაწილი.

კრიოსკოპიული ცდის დროს საჭიროა, რომ ვერცხლისწყლის სვეტის მენისკი კაპილარში იდგეს სკალის ზედა ნაწილის ჯერ რომელიმე დანაყოფის პიდაპირ, რომელიც გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურა აღნიშნავს. ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლის საჭიროდონეზე დაყენებას აწარმოებენ შემდეგნაირად: თერმომეტრს აყირავენ თავით ქვემოთ და გაფართოებულ ნაწილში მოთავსებულ ვერცხლისწყალს მცირეოდენი დარტყმით გადაადგილებენ მის ზედა ნაწილში შემდეგ ფრთხილად ისევ გადმოაბრუნებენ, აყენებენ ნორმალურ მდგომარეობაში და ათბობენ თერმომეტრს ქვედა რეზერვუარს ხელით ან გამთბარ წყალში ჩაშვებით ისე, რომ კაპილარში მყოფი ვერცხლისწყალი შეუერთდეს ზედა გაფართოებულ ნაწილში მყოფი ვერ-

ცხლისწყლის წვეთს. ამის შემდეგ თერმომეტრს ნელა აცივებენ გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურაზე $2-3^{\circ}$ -ით მეტ ტემპერატურამდე, მისი ისეთი ტემპერატურის მქონე სითხეში ჩაშვებით, რომელიც შეესაბამება აღნიშნულს. აღნიშნული სითხის ტემპერატურას ჩვეულებრივი თერმომეტრით ვზომავთ. როდესაც საჭირო ტემპერატურა დამყარდება, კაპილარში ვერცხლისწყლის სვეტიდან მოწყვეტენ ვერცხლისწყალს მკვეთრი დარტყმით თერმომეტრის ზედა ნაწილზე, სადაც კაპილარი გაფართოებაში გადადის.

ამის შემდეგ თერმომეტრს ჩაუშვებენ ჭიქაში გასაყინავი გამხსნელით და ამოწმებენ მენისკის მდებარეობას კაპილარში; თუ საჭიროება მოითხოვს იმეორებენ ზემოაღწერილ ოპერაციას, სანამ კაპილარში ვერცხლისწყლის საჭირო დონეს არ მიაღწევნ.

ც და. ჭიქას 1 თითქმის პირამდე ავსებენ გამაცივებელი ნარევით (წყალყინულით). სწონიან ცარიელ 6 სინჯარას $0,01$ გ სიზუსტით, მის წონას აღნიშნავენ g_1 -ით. ასხამენ სინჯარაში იმდენ ბენზოლს, რომ თერმომეტრის ვერცხლისწყლის ბირთვი მთლიანად ჩაიძიროს მასში. შემდეგ სწონიან 6 სინჯარას ბენზოლით; მის წონას აღნიშნავენ g_2 -ით, მაშინ $g_2 - g_1 = G$ (ბენზოლის წონა). 9 საცობის საშუალებით 10 თერმომეტრს ამაგრებენ 6 სინჯარაში; სახურავისა 2 და სამოსის 4 მოხსნის შემდეგ 6 სინჯარას ბენზოლით ჩაყურსავენ წყალში ყინულით და აცივებენ მორევით კრისტალების გამოყოფამდე.

კრისტალების გამოყოფის დასაწყისის ტემპერატურას აღნიშნავენ როგორც სუფთა ბენზოლის „მიახლოებითი“ გაყინვის ტემპერატურას $t'_{\circ}$. იღებენ გამაცივებელ ნარევიდან ბენზოლიან სინჯარას და ხელით ათბობენ კრისტალების გაღლობამდე. ისევ ჩაძირავენ სინჯარას ბენზოლით გამაცივებელ ნარევიში და მორევის დროს დაახლოებით აცივებენ $(t'_{\circ} + 2^{\circ})$ ტემპერატურა-

რამდე, მხოლოდ წინასწარ ახურავენ სახურავს 2, სამოსის 4 გარეშე. სწყვე-
ტენ მორევას და (ფრთხილად) წყნარად აცივებენ დაახლოებით ($t_0 + 0,3^\circ$)
ტემპერატურამდე. სწრაფად ათავსებენ სამოსს 4 თავის ადგილზე, მასში სა-
ცობზე 5 ამავრებენ სინჯარას 6 და ამთავრებენ გაცივებას სამოსში მორევის
გარეშე ისე, რომ გადააცივებენ სითხეს დაახლოებით ($t_0 - 0,5^\circ$) ტემპერატუ-
რამდე. სარეველას 11 აწევ-დაწევით იწვევენ გადაცივებული ბენზოლის გა-
ყინვას. ბენზოლის კრისტალიზაციის დროს ტემპერატურა სწრაფად აიწევს.
გამადიდებელი შუშის საშუალებით აღნიშვენ თერმომეტრის მაქსიმალურ
ჩვენებას ($0,002^\circ$ სიზუსტით), რომელიც წარმოადგენს სუფთა ბენზოლის „ქეშ-
მარიტ“ გაყინვის ტემპერატურას. ისევ ალღობენ გამოყოფილ კრისტალებს
და ახდენენ t_0 ტემპერატურის ხელმეორედ განსაზღვრას. ასეთ განსაზღვრას
აქარმოებენ არანაკლებ სამჯერ, რის შედეგად უნდა მიაღწიონ იმას, რომ
მომდევნო და წინა გაზომვის შედეგს შორის განსხვავება $0,006^\circ$ -ს არ აღე-
მატებოდეს. საშუალო არითმეტიკულს იღებენ t_0 -ის დასადგენად.

ხელმძღვანელიდან ღებულობენ იმ ნივთიერებას, რომლის მოლეკულური
წონა უნდა გაარკვიონ. თუ ნივთიერება თხევადია, მაშინ ხელმძღვანელი იძ-
ღვება g_3 წონას. თუ ნივთიერება მყარია სწონიან ზუსტად ანალიზურ სასწორზე.
წონაკი გვერდითი ნაშევრის 7 საშუალებით შეაქვთ სინჯარაში 6, მასში მო-
თავსებული ბენზოლში გასახსნელად. მას შემდეგ, როდესაც შეტანილი ნივ-
თიერება მთლიანად გაიხსნება გვერდითი ნაშევრის 7 მჭიდროდ ხურავენ სა-
ცობით. ზემონაჩვენები ხერხით ჯერ არკვევენ ხსნარის „მიახლოებით“ და
შემდეგ კი „ქეშმარიტ“ გაყინვის ტემპერატურას t_1 . ამრიგად ღებულობენ
გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურის შემცირებას

$$t_0 - t_1 = \Delta T$$

1. გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონის გაანგარიშებას ახდე-
ნენ (3) ფორმულის საშუალებით.

მუშაობის დროს საჭიროა:

1. ყურადღება მივაქციოთ მას, რომ თერმომეტრი არ ეხებოდეს სინჯარას
6 კედელს და სარეველა 11 არ ეხახუნებოდეს თერმომეტრს.

2. ყურადღება მივაქციოთ მას, რომ ბენზოლის კრისტალები მთლიანად
იქნას გაღლილი; წინააღმდეგ შემთხვევაში შეუძლებელი ხდება ხსნარის გა-
დაცივება.

3. ყურადღება მივაქციოთ მას, რომ ცდის ჩატარების მთელ პერიოდში
გამაცივებელ ნარევში გვექონდეს ყინულის საკმარისი რაოდენობა; არ უნდა
დაგვაფიწდეს მისი მორევა.

4. ხსნარის გადაცივება ყველა შემთხვევაში მოვახდინოთ დაახლოებით
გრადუსის ერთი და იმავე რაოდენობის მეათედ ნაწილებზე (დაახლოებით $0,5$).

5. გავაგრძელოთ გამაცივებელი ნარევის მორევა თერმომეტრის ათვლი-
სას; ამავე დროს არ არის საჭირო ენერგიული მორევა (რისთვის?).

განგარიშება

გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონის განგარიშებას ახდენენ სიზუსტით პირველ ათწილად ნიშნამდე. შედეგს გამოსახავენ დამრგვალებული მთელი რიცხვებით.

დაკვირვებისა და განგარიშების შედეგების ჩაწერის ფორმა

ცარიელი სინჯარას წონა g_1 გრამობით
 სინჯარის წონა ბენზოლით g_2 "
 ბენზოლის წონა G "
 საკლავი ნივთიერების წონა g_3 "

რას ეინავენ	გ ა ყ ი ნ ვ ი ს ტ ე მ ჰ ე რ ა ტ უ რ ა				
	"მიახლო- ებითი"	"ქეშმარი- ტი"	"ქეშმარი- ტი" საშუ- ალო	ΔT	M (3 ფორმუ- ლით)
გამხსნელს	t_0'	1) t_0 2) t_0 3) t_0	t_0		
ხსნარს	t_1'	1) t_1 2) t_1 3) t_1	t_1	$t_0 - t_1$	

სამუშაოს ანგარიში შედგება ზემომოცვანილი ფორმის მიხედვით დაკვირვებისა და განგარიშების უშუალო ჩანაწერისაგან.

ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხის განსაზღვრა

თუ გახსნილი ნივთიერება—ელექტროლიტია, მაშინ იონებად მოლეკულების დაშლის შედეგად წარმოიქმნება იონები. მაშასადამე, (2) ფორმულაში იზრდება n კონცენტრაცია და, აგრეთვე, ΔT -ს მნიშვნელობაც. ეს შესამჩნევი იქნება (3) ფორმულით განგარიშებულ მოლეკულურ წონაზე. ამრიგად, (3) ფორმულით შეიძლება ქეშმარიტი მოლეკულური წონის განგარიშება ისეთი ნივთიერებისათვის, რომლის მოლეკულები გახსნის დროს იონებად არ იშლება, ე. ი. არაელექტროლიტებისათვის.

ელექტროლიტების ხსნარში მოლეკულური წონის განსაზღვრას კრიოსკოპიული მეთოდით მიუყვებათ არა ქეშმარიტი მოლეკულური წონის მნიშვნელობამდე, არამედ სიდიდით ნაკლებ მოჩვენებით მოლეკულურ წონამდე.

ასე, თუ ხსნარში n —მოლი ელექტროლიტია და მისი ელექტროლიტუ-
რი დისოციაციის ხარისხი α -ს ტოლია, მაშინ იონებად დაშლილი მოლეკუ-
ლთა რიცხვი ტოლი იქნება $n\alpha$, ხოლო დაუშლელი მოლეკულების რიც-
ხვი კი

$$n - \alpha n = n(1 - \alpha) \dots \dots \dots (4)$$

კერძო შემთხვევაში, როდესაც ყოველ მოლეკულას აქვს უნარი დაიშა-
ლოს 2 იონად, ყველა წილაკთა რიცხვი (მოლეკულებისა და იონების) იქნება

$$n(1 - \alpha) + 2n\alpha = n(1 + \alpha).$$

რადგან გახსნილი ნივთიერების საერთო წონა ცნობილია, ამიტომ ნა-
მრავლი n სიდიდესა კემპარიტ მოლეკულურ წონაზე M ტოლი უნდა იყოს
($1 + \alpha$) n სიდიდისა და მოჩვენებითი მოლეკულური წონის M_1 ნამრავლისა, ე. ი.

$$nM = (1 + \alpha)nM_1$$

თუ შევკვეცავთ n -ზე და გავხსნით ფრჩხილებს, მაშინ მივიღებთ:

$$M = M_1 + M_1\alpha \dots \dots \dots (5)$$

საიდანაც

$$\alpha = \frac{M - M_1}{M_1} \dots \dots \dots (6)$$

ცდა. საზღვრავენ 5%-იან KCl ხსნარის მოლეკულურ წონას ზემოაღწერილი
კოოსკოპიული მეთოდით*. ამ შემთხვევაში იძლევიან KCl გამზადებულ
წყლიან ხსნარს; კემპარიტი მოლეკულური წონა ატომწონათა ჯამის ტოლია
($K=39,1$; $Cl=35,5$).

რომ განსაზღვრონ გაყინვის ტემპერატურის შემცირება შედარებით სუფ-
თა გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურასთან, ე. ი. ΔT წყლისათვის, ნახულო-
ბენ ბეკმანის თერმომეტრის სკალაზე დანაყოფს, რომელიც შეესაბამება წყლისა
და ხსნარის გაყინვის მომენტებს.

გაანგარიშება

KCl მოჩვენებით მოლეკულურ წონას გაიანგარიშებენ (3) ფორმულით:

$$M_1 = \frac{Eg \cdot 1000}{G \cdot \Delta T}$$

ამ შემთხვევაში g ტოლია 5 გ 100 გ ხსნარზე, ხოლო G კი 95 გ 100 გ
ხსნარზე. რადგან წყლის გაყინვის ტემპერატურის მოლური დეპრესია
1,86°, ამიტომ

* გამაცივებელ ნარევს უნდა ჰქონდეს ტემპერატურა 0°-ზე რამდენიმე გრადუსით და-
ბალი; ნარევს ამზადებენ სამი წონითი ნაწილი კინულისა ან თოვლისაგან და ერთი ნაწილი
ნატრიუმის ქლორიდისაგან.

$$M_1 = \frac{1,86 \cdot 5 \cdot 1000}{95 \cdot \Delta T}$$

აქედან 5%-იანი KCl ხსნარის ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხი გაიანგარიშება * (6) ფორმულით

$$\alpha = \frac{74,6 - \frac{1,86 \cdot 5 \cdot 1000}{95 \cdot \Delta T}}{\frac{1,86 \cdot 5 \cdot 1000}{95 \cdot \Delta T}}$$

ყველა შედეგის ჩაწერას ახდენენ იმ ფორმით, რომელიც ნაჩვენებია იყო ბენზოლის ხსნარისათვის.

მუშაობის ანგარიში

გაიანგარიშეთ α -ს მნიშვნელობა.

საკონტროლო კითხვები

რაზედ არის დამყარებული გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონის კრიოსკოპიული მეთოდით განსაზღვრა?

როგორია მისი სიზუსტე?

როგორ მოქმედებს გახსნილი ნივთიერების ელექტროლიტური დისოციაცია ΔT სიდიდეზე?

როგორ გავიანგარიშოთ გახსნილი ნივთიერების ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხი, თუ მოცემულია M , g , G , ΔT ?

რით განსხვავდება ბეკმანის თერმომეტრი ჩვეულებრივი. თერმომეტრისაგან?

ლიტერატურა

А. И. Бродский, Физическая химия. т. II, гл. XV, § 341 и XVIII, § 405, 1948.

П. П. Митрофанов и С. Е. Северин, Учебник физической и коллоидной химии гл. V, § 49—49, 1948.

И. А. Каблуков, Е. Н. Гапон и М. А. Гриндель, Физическая и коллоидная химия, гл. V, § 17—30, 1949.

* აღწერილი მეთოდი გამოსაყენებელია მხოლოდ სუსტი ელექტროლიტების დისოციაციის განსაზღვრისათვის; მძლავრი ელექტროლიტებისათვის კი დისოციაციის ხარისხი ყოველი კონცენტრაციის დროს ტოლია 1 (100%), მძლავრი ელექტროლიტებისათვის შეიძლება განისაზღვროს მხოლოდ დისოციაციის „მოჩვენებითი“ ხარისხი.

3. გაზის წნევის თერმული კოეფიციენტის განსაზღვრა

გაზურ მდგომარეობაში მყოფი ნივთიერების ფიზიკური მდგომარეობა ხასიათდება ტემპერატურით, მოცულობითა და წნევით.

იდეალური გაზისათვის, ე. ი. გაზისათვის, რომელიც ზღვრულ გაიშვით მდგომარეობაში იმყოფება, როდესაც შესაძლებელია გაზის წილაკთა ურთიერთქმედების ძალები და მათი საკუთარი მოცულობები არ იქნას მხედველობაში მიღებული, გაზის წნევასა და ტემპერატურას შორის დამოკიდებულება მუდმივი მოცულობის პირობებში შეიძლება გამოვსახოთ განტოლებით:

$$P_t = P_0(1 + \alpha t) \dots \dots \dots (1)$$

სადაც P_t —გაზის წნევაა ცდის ტემპერატურის დროს;

P_0 —გაზის წნევა 0° -ის დროს;

α —პროპორციულობის კოეფიციენტი;

t —ტემპერატურა;

α კოეფიციენტის სიდიდე დამოკიდებულია მხოლოდ ტემპერატურული სკალის შერჩევაზე. თუ ტემპერატურა იზომება ჩვეულებრივი 100° -იანი ტემპერატურული სკალით, მაშინ

$$\alpha = \frac{1}{273,16} = 0,00366.$$

α -ს მნიშვნელობამ, რომელიც გვიჩვენებს წნევის ზრდას ტემპერატურის ცვლილების დროს, მიიღო გაზის წნევის თერმული კოეფიციენტის სახელწოდება.

გაზის წნევის თერმული კოეფიციენტი ეწოდება გაზის 1° -ზე გათბობის შედეგად მიღებული წნევის ნამატის შეფარდებას გაზის წნევასთან 0° -ის დროს; თუ ამ შემთხვევაში მოცულობა რჩება უცვლელი, მაშინ

$$\alpha = \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$$

2. ს. ბაღეზინი,



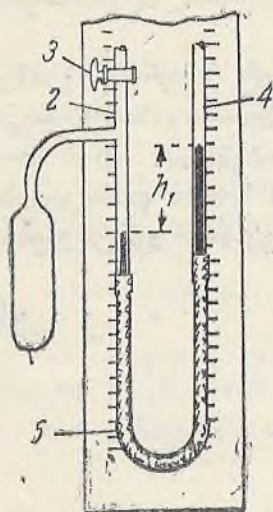
სადაც α — წნევის თერმული კოეფიციენტი;

P_0 — აღებული მასის გაზის წნევა 0° -ის დროს;

P_t — გაზის წნევა t ტემპერატურის დროს.

რეალური გაზებისათვის წნევის თერმული კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია წნევაზე, ტემპერატურაზე და გაზის ბუნებაზე. თუმცა მისი მნიშვნელობა მეტად ახლოა (2) ფორმულით გაანგარიშებულ მნიშვნელობასთან. ასე, მაგალითად, თუ იდეალური გაზისათვის თეორიულად გაანგარიშებული $\alpha = 0,00366$, ჰაერისათვის ცდით განსაზღვრულია, რომ $\alpha = 0,00367$.

(2) ფორმულით რომ განესაზღვროთ რაიმე გაზის წნევის თერმული კოეფიციენტი, საჭიროა ცდით გავზომოთ P_0 წნევა მოცემული მასის გაზისათვის 0° -ზე და P_t წნევა იმავე მასის გაზისათვის მუდმივი მოცულობის დროს t ტემპერატურაზე.



სურ. 4. ხელსაწყო გაზის წნევის თერმული კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის; 1—მინის ბალონი; 2—4. ვერცხლისწყლის მანომეტრის მუხლები; 3—ონკანი; 5—რეზინის მილი.

მუშაობისათვის საჭირო მოწყობილობა

ხელსაწყო წნევის თერმული კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის (გაზიანი თერმომეტრი); ჭურჭელი ყინულისა ახ თოვლისათვის (ლიქა 500 მლ მოცულობით); სადუღარი—გამთბობი; გაზის სასთურა.

ხელსაწყო აღწერა

ხელსაწყო a -ს მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის (გაზიანი თერმომეტრი, სურ. 4) შედგება მინის ბალონისაგან 1, რომელიც შეერთებულია ვერცხლისწყლის მანომეტრის 2 მუხლთან; მანომეტრი შეერთებულია გარეგან ჰაერთან ონკანის 3 საშუალებით.

მუხლი 2 შეერთებულია მუხლთან 4 მოძრავად რეზინის მილის 5 საშუალებით. მთელი ხელსაწყო დამაგრებულია დგარზე სკალით, ამასთან

4 მუხლი ღიაა და შესაძლებელია თავისუფლად მისი გადაადგილება ზემოდან ქვემოთ.

ცდა. გააღეთ ონკანი 3 და მით ორივე მუხლში ვერცხლისწყალი ერთ დონეზე დააყენეთ.

ჩაუშვით მუხლი 4 რაც შეიძლება დაბლა, მაგრამ ისე, რომ ორივე მუხლში შეიძლებოდეს ვერცხლისწყლის დანახვა. დაკეტეთ ონკანი 3 და ჩაუტრსეთ მთლიანად ბალონი 1 მლღობ ყინულში.

10—15 წუთის შემდეგ, როდესაც ჰაერის ტემპერატურა ბალონში 0° -ის ტოლი გახდება, ე. ი. მაშინ, როდესაც ვერცხლისწყალი მანომეტრის მუხ-

ლებში მოძრაობას შეწყვეტს, აითვალეთ ვერცხლისწყლის დონე ორივე მუხ-
ლში და ჩაიწერეთ ანათვალი.

თუ P ატმოსფერული წნევაა, ხოლო h_1 დონეთა სხვაობა, მაშინ წნევა
ბალონში მყოფი ჰაერისა, რომელსაც განსაზღვრული მოცულობა აქვს, იქნება

$$P_0 = P \pm h_1.$$

ჩაიწერეთ ვერცხლისწყლის დონე (სკალის ჩვენების მიხედვით) მუხლში
2, რადგან ამით განისაზღვრება ჰაერის მიერ დაკავებული მოცულობა U_0 -ის
დროს. ამოიღეთ ბალონი 1 ყინულიან ჭურჭლიდან.

ჩაყურსეთ ბალონი 1 ადულებული წყლის ორთქლში. გადაადგილეთ ზე-
მოთ მანომეტრის მუხლი 4, სანამ ვერცხლისწყლის დონე მუხლში 2 არ
დადგება იმ დონეზე, რომელიც გეჰქონდა U_0 -ის დროს; ამით გაზს მოვიყვანთ
საწყის მდგომარეობაში.

გაზომეთ დონეთა სხვაობა h_2 და გაიანგარიშეთ ბალონის შიგნით არ-
სებული წნევა P_t ტემპერატურის დროს:

$$P_t = P \pm h_2.$$

განსაზღვრეთ წყლის ტემპერატურა მოცემული ბარომეტრული წნევის
დროს. ამ მიზნისათვის ჩაიწერეთ ბარომეტრის ჩვენება და 1 ტაბ. მიხედვით
(ახ. დანართი) მონახეთ შესატყვისი ტემპერატურა.

გაიანგარიშეთ (2) ფორმულით გაზის წნევის თერმული კოეფიციენტი α .

მუშაობის ანგარიში

1. ჩახაზეთ ხელსაწყოს სქემა.
2. გაიანგარიშეთ წნევის თერმული კოეფიციენტის მნიშვნელობა და
მიღებული სიდიდე შეადარეთ თეორულ მნიშვნელობას.
ახსენით სხვაობა ექსპერიმენტულად და თეორიულად გაანგარიშებული
 α კოეფიციენტის მნიშვნელობებს შორის.

საკონტროლო კითხვები

როგორი დამოკიდებულება არსებობს გაზის წნევისა და ტემპერატურას შორის მუდ-
მივი მოცულობის პირობებში?

რა შემთხვევებში რეალური გაზის მდგომარეობის განტოლება უახლოვდება იდეალური
გაზის მდგომარეობის განტოლებას?

ლიტერატურა

А. И. Бродский, Физическая химия, т. I, гл. III, § 86, 87, 1948,

4. გახსნილი ნივთიერების განაწილება ორ შეუქმავალ გამხსნელთა შორის

გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაციები ორ შეუქმავალ, მაგრამ თანა-
შემხებ გამხსნელებში (რომლებიც მოთავსებული არიან ერთ ჭურჭელში)
დაკავშირებულია თანაფარდობით

$$\frac{c_1}{\frac{n}{c_2}} = K, \dots \dots \dots (1)$$

სადაც c_1 —გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაციაა პირველ გამხსნელში;

c_2 —მისი კონცენტრაცია მეორე გამხსნელში;

K —განაწილების კოეფიციენტი;

n —რიცხვია, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ მეტია პირველ
გამხსნელში გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონა M_1 მეორე
გამხსნელში გახსნილი იმავე ნივთიერების მოლეკულურ წონაზე M_2 .

$$n = \frac{M_1}{M_2} \dots \dots \dots (2)$$

მაგალითად, ძმრის მჟავა ნაწილდება წყალსა და დიეთილის ეთერს შორის.
წყალი—პირველი გამხსნელია, ძმრის მჟავას კონცენტრაცია მასში ტოლია
 c_1 -ის, მისი მოლეკულური წონა $M_1 = 60$, ე. ი. ძმრის მჟავა წყალთან ხსნარში
იმყოფება CH_3COOH -ის მოლეკულების სახით.

ეთერი—მეორე გამხსნელია, ძმრის მჟავას კონცენტრაცია მასში აღვნიშ-
ნოთ c_2 -ით; მისი მოლეკულური წონა აგრეთვე 60-ის ტოლია, ე. ი. ძმრის მჟავა
ეთერში იმყოფება იმავე მოლეკულების სახით

აქ
$$n = \frac{60}{60} = 1 \text{ და } \frac{c_1}{c_2} = K.$$

* ძმრის მჟავა წყალთან ხსნარში განიცდის დისოციაციას CH_3COO^- და H^+ იონე-
ბად, მაგრამ დისოციაციის ხარისხი იმდენად მცირეა, რომ ამ შემთხვევაში ის შეგვიძლია
უგულისხმებლყოთ.

მაგრამ არსებობს მთელი რიგი გამხსნელებისა, რომლებშიც ძმრის მჟავას მოლეკულები ასოცირებულ მდგომარეობაში არიან, ე. ი. $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ და $(\text{CH}_3\text{COOH})_3$ მოლეკულებს წარმოქმნიან.

ასეთ გამხსნელთა რიცხვს ეკუთვნის ბენზოლი. ბენზოლში ძმრის მჟავა იმყოფება $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ მოლეკულების სახით და, მაშასადამე, მისი მოლეკულური წონა ტოლია 120, მაშინ

$$n = \frac{M_1}{M_2} = \frac{60}{120} = \frac{1}{2} \dots \dots \dots (3)$$

აქედან განტოლება (1) სისტემისათვის ბენზოლი—წყალი—ძმრის მჟავა მიიღებს სახეს:

$$\frac{c_1}{c_2^{1/2}} = K.$$

მუშაობის მიზანი

ორი ერთმანეთში შეურევად (ან შეზღუდულად გამხსნად) სითხეთ შორის განაწილების მოვლენის შესწავლის მეთოდის გაცნობა.

მუშაობისათვის საჭირო მასალები და ხელსაწყოები

ოთხი ბრტყელძირა 100 მლ.-იანი კოლბი, ხის კარგი საცობებით; ოთხი 25 მლ.-იანი პიპეტი; ოთხი 2 მლ.-იანი პიპეტი; სამი კონუსური 100 მლ.-იანი კოლბი; 50 მლ ბიურეტი 0,1 მლ დანაყოფებით; თერმოსტატი 25° ტემპერატურის შენარჩუნებისათვის.

დიეთილის $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ ეთერი; ხსნარები: 1,0 ნ; 0,75 ნ; 0,5 ნ და 0,25 ნ ძმრის მჟავასი; 0,05 ნ ნატრიუმის ტუტესი. ინდიკატორი (ფენოლფტალეინი).

ცდა. 100 მლ მოცულობიან 4 კოლბში ასხამენ წინასწარ მომზადებულ ძმრის მჟავას ხსნარს 25 მლ რაოდენობით ყოველივეში. 1 კოლბში 1 ნ ხსნარს, მეორეში 0,74 ნ, მესამეში 0,56 ნ და მეოთხეში 0,25 ნ (კონცენტრაციები ყველგან მიახლოებით არის ნაჩვენები). შემდეგ თითოეულ კოლბში უმატებენ 25 მლ დიეთილის ეთერს. მჭიდროდ ხურავენ კოლბებს ხის საცობით (არა რეზინის) და ენერგიულად ანჯღრევენ რამდენიმე წუთის განმავლობაში. 20 წუთით კოლბებს ათავსებენ თერმოსტატში, სადაც ტემპერატურა 25° -ის ტოლია.

ამ დროის განმავლობაში ახდენენ გამოსავალი ძმრის მჟავას ხსნარის კონცენტრაციის განსაზღვრას, რისთვისაც იღებენ პიპეტით 2 მლ ძმრის მჟავას, ასხამენ კონუსურ 3 კოლბში და ტიტრავენ 0,05 ნ ნატრიუმის ტუტის ხსნარით; ინდიკატორად ფენოლფტალეინს იყენებენ. სამი გატიტვრის შემდეგ მიღებულ საშუალო სიდიდეს აღნიშვენ a_1 მლ.

20 წუთის შემდეგ ისევ ანჯღრევენ კოლბს ძმრის მჟავათი და ეთერით, და მას შემდეგ, როცა მოხდება ფაზების სრულიად დაყოფა, თითო და-

უცავენ პიპეტს თავს და ჩაუშვებენ მას სითხის ქვედა ფენაში. ცოტათი ჩაბერავენ პიპეტში, რომ არ დარჩეს მასზედ მიკერული ეთერის წვეთები, რის შემდეგ წყლის ფენიდან სინჯს იღებენ. ამ გზით ყველა კოლბიდან იტოვებენ სამ სინჯს, ტიტრავენ 0,05 ნ ნატრიუმის ტუტის ხსნარით და საშუალოს ლებულობენ. მიღებულ შედეგს აღნიშნავენ a_1 მლ.

მუშაობის დროს საჭიროა:

1. ინტენსიურად ვანჯღრიოთ კოლბები; მხოლოდ მაშინ შეიძლება ვიყოთ დარწმუნებული, რომ სისტემაში დამყარებულია წონასწორობა.

2. ყურადღება უნდა მივაქციოთ მას, რომ პიპეტში არ დარჩეს ეთერის წვეთები.

განგარიშება

განაწილების მუდმივას (1 ფორმულა) გაიანგარიშებენ ორი კონცენტრაციის ფარდობიდან. ზემოაღწერილ ცდაში ძმრის მჟავას ხსნარის კონცენტრაციები გატიტვრაზე დახარჯული ნატრიუმის ტუტის მლ რაოდენობის პირდაპირ პროპორციულია:

$$c = E \cdot a,$$

სადაც E —პროპორციულობის კოეფიციენტი.

a —ნატრიუმის ტუტის ტიტრირებული ხსნარის მლ-ბის რაოდენობა.

მაშინ (1), ფორმულის თანახმად.

$$K = \frac{c_1}{c_2^n} = \frac{E \cdot a_1}{E^n \cdot a_2^n} = \frac{a_1}{E^{n-1} \cdot a_2^n}.$$

რადგან E მუდმივი სიდიდეა, ამიტომ მას შეუძლია მხოლოდ K შეცვალოს K_1 -ად:

$$K_1 = \frac{a_1}{a_2^n}.$$

ეთერისათვის $n=1$, და ფორმულა მიიღებს სახეს:

$$K = \frac{a_1}{a_2},$$

ე. ი. კონცენტრაციების ფარდობა შეიძლება შევცვალოთ დახარჯული ნატრიუმის ტუტის მლ-ბის რაოდენობით, თუ ფაზის მოცულობები ერთმანეთის ტოლია.

რადგან ცდისათვის აღებული იყო წყლისა და ეთერის ერთი და იგივე მოცულობა, ამიტომ ძმრის მჟავას კონცენტრაციის შემცირება წყალში ტოლია ეთერში მისი კონცენტრაციის ზრდისა; მასში მჟავას საწყისი კონცენ-

ტრაცია ტოლი იყო ნულის, მაშასადამე, ძმრის მეფას კონცენტრაციის მატება ეთერში განაწილების შემდეგ ტოლი იქნება:

$$c_2 = c_1' - c_1,$$

სადაც c_2 — არის ძმრის მეფას კონცენტრაცია ეთერში;

c_1' — მისი კონცენტრაცია წყალში ეთერის შერევამდე;

c_1 — მისი კონცენტრაცია განაწილების შემდეგ.

რადგან ცდისათვის აღებული სინჯების მოკულობები ერთი და იგივე იყო, ამიტომ შევცვლით რა კონცენტრაციებს, გატიტვრაზე დახარჯული ნატრიუმის ტუტის მლ-ბის რაოდენობით, მივიღებთ.

$$a_2 = a_1' - a_1.$$

განგარიშებისა და დაკვირვების შედეგების ჩაწერის ფორმა

კოლბის №	ძმრის მეფას მიახლოებითი საწყისი კონცენტრაცია	გატიტვრაზე დახარჯული 0,05 ნატრიუმის ტუტის რაოდენობა მლ-ობით		ძმრის მეფას რაოდენობა ეთერში გასახული გატიტვრაზე დახარჯული 0,05 ნატრიუმის ტუტის მლ-ით	განაწილების კონსტანტის მნიშვნელობა
		საწყისი ხსნარის	შერევის შემდეგ		
1	1,0 გ.	1) a_1' 2) a_1' 3) a_1' საშუალო a_1'	1) a_1 2) a_1 3) a_1 საშუალო a_1	$a_1' - a_1$	K'
2	0,75 გ.	1) a_1' 2) a_1' 3) a_1' საშუალო a_1'	1) a_1 2) a_1 3) a_1 საშუალო a_1	$a_1' - a_1$	K''
3	0,50 გ.	1) a_1' 2) a_1' 3) a_1' საშუალო a_1'	1) a_1 2) a_1 3) a_1 საშუალო a_1	$a_1' - a_1$	K'''
4	0,25 გ.	1) a_1' 2) a_1' 3) a_1' საშუალო a_1'	1) a_1 2) a_1 3) a_1 საშუალო a_1	$a_1' - a_1$	K''''

ამ ტაბულაში ცდის შედეგებს მიღებისთანავე წერენ. შევსებული ტაბულა წარმოადგენს შესრულებული მუშაობის ანგარიშს.

საკონტროლო კითხვები

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ლაბორატორიული და ტექნოლოგიური პროცესის ხერხს წარმოადგენს გახსნილი ნივთიერების გამოსხნა (ექსტრაგირება) ხსნარიდან მეორე გამხსნელის საშუალებით; ეს უკანასკნელი პირველ გამხსნელს არ ერევა და მასში მეტი რაოდენობით იხსნება ნივთიერება, ვიდრე პირველ გამხსნელში. გახსნილი ნივთიერების ორ შეურევად გამხსნელში განაწილების კანონზომიერებიდან გამომდინარე, შეიძლება გავცეთ პასუხი შემდეგ კითხვებს:

როგორ სჯობს ვაწარმოოთ გამოსხნა: გამომხსნელი ნივთიერებების დიდი ულუფით, თუ დავანაწილოთ იგი მცირე ულუფებად? დაასაბუთეთ პასუხი.

ერთნაირი K -ს შემთხვევაში როგორ უკეთესია ჩავატაროთ გამოსხნა—ნივთიერებით, რომლისთვისაც $n=1$ თუ $n>1$?

პირველი ულუფებით უფრო ინტენსიურად მიდის გამოსხნა, თუ თანაბრად მიმდინარეობს იგი და როგორ უნდა დავუკავშიროთ ეს K სიდიდის მუდმივობას?

ლიტერატურა

А. И. Бродский, Физическая химия т. II, гл. XIX § 442, 443, 445, 1948.

5. ხსნარების ელექტროგამტარობა

ელექტროდენის გამტარები პირველი და მეორე გვარის გამტარებად იყოფა. პირველი გვარის გამტარებს ეკუთვნის ლითონები და მათი შენადნობები, გრაფიტი, ზოგიერთი ძნელდნობადი ჟანგეული და სხვა მასალები. მეორე გვარის გამტარებს ეკუთვნის მჟავას, ტუტისა და მარილების ხსნარები, გამლღვარი მარილები და ზოგიერთი მყარი მარილის კრისტალები, მაგ, ნატრიუმის ქლორიდი, კალიუმის ქლორიდი და სხვ.

პირველი გვარის გამტარებში ელექტროდენის გავლა დაკავშირებული არ არის ნივთიერების გადატანასთან ელექტროდებზე, მეორე გვარის გამტარებში—ელექტროლიტებში—ელექტროდენი წარმოადგენს იონთა მოძრაობის შედეგს ელექტროველში, რასაც მივყევართ ელექტროდებთან ნივთიერების გადატანამდე.

ელექტროგამტარობა წარმოადგენს ელექტროდენის წინაღობის შებრუნებულ სიდიდეს.

გამტარების წინაღობას ელექტროდენისადმი გამოსახვენ ფორმულით:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

სადაც R —ელექტროდენისადმი გამტარის წინაღობაა;

ρ —ხვედრითი წინაღობა;

l —გამტარის სიგრძე;

S —გამტარის განივი კვეთი.

ელექტროგამტარობა გამოისახება ფორმულით

$$L = \kappa \cdot \frac{S}{l}, \quad \dots \dots \dots (1)$$

სადაც L —ელექტროგამტარობაა;

$\kappa = \frac{1}{\rho}$ ხვედრითი ელექტროგამტარობა.

წინაღობას გამოსახვენ ომებში (Ω), ელექტროგამტარობას ომის შებრუნებული სიდიდით (Ω^{-1}).

ელექტროგამტარობას ერთი მლ ხსნარისა, რომელშიაც ჩაშვებულ ელექტროდთა შორის მანძილი ერთი სანტიმეტრია, ხოლო განივი კვეთი კი 1 სმ^2 , ხვედრითი ელექტროგამტარობა ეწოდება, აღინიშნება ასოთი κ (კაპა) და გამოისახება $\text{ომ}^{-1} \cdot \text{სმ}^{-1}$ -ით.

სსნარის ხედვით ელექტროგამტარობას, რომელიც შეესაბამება გახსნილი ნივთიერების 1 გრამ-ეკვივალენტს (სურ. 5), ეწო-

დება ეკვივალენტური ელექტროგამტარობა დაადინიშნება ბერძნული ასოთი λ (ლამბდა). აქედან გამომდინარეობს, რომ ეკვივალენტური ელექტროგამტარობა ტოლია ხვედრითი ელექტროგამტარობა გამრავლებული ისეთი ხსნარის მილილიტრების რაოდენობაზე, რომელიც მოცემულ განზაფებაზე შეიცავს გახსნილი ნივთიერების 1 გრამ-ეკვივალენტს:

$$\lambda = \frac{x1000}{c} = x1000 \text{ V}, \dots \dots (2)$$

სადაც λ —ეკვივალენტური ელექტროგამტარობაა მოცემულ განზავებაზე;

ჟ—ხვედრითი ელექტროგამტარობა;

ე—ნივთიერების გრამ-ეკვივალენტთა რიცხვი
1 ლ. ხსნარში;

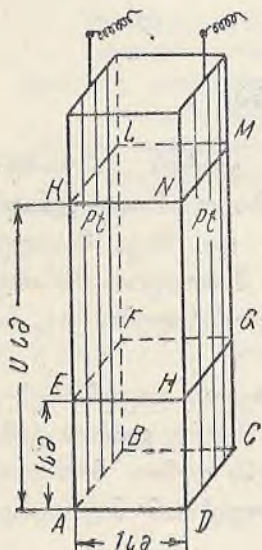
V—მოცულობა, რომელშიაც გახსნილია ნივთიერების 1 გრამ-ეკვივალენტი, ან ხსნარის განზავება.

ხსნარის ეკვივალენტური ელექტროგამტარობა განზავებასთან ერთად იზრდება, რადგან ელექტროდთა შორის ელექტროლიტთა რაოდენობა მუდმივი რჩება (გრამ-ეკვივალენტი), ხოლო განზავე-

ბის დროს წარმოქმნილი იონების რიცხვი კი იზრდება და ყველა ეს იონები რჩებიან ელექტროდთა შორის და ელექტროობის გადატანაში მონაწილეობას ღებულობენ. მაშასადამე, განზავების დროს აღებული ელექტროლიტის ხსნარის ეკვივალენტური ელექტროგამტარობის ზრდა განისაზღვრება ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხით და მასთან ერთად განზავებისა და მიხედვით მიისწრაფვის ზღვრულ მნიშვნელობისაკენ, რის შემდეგ მუდმივი რჩება.

ეკვივალენტური ელექტროგამტარობის ამ ზღვრულ მნიშვნელობას ეწოდება ეკვივალენტური ელექტროგამტარობა უსასრულო განზავების დროს და აღინიშნება λ_{∞} -ით.

ელექტროგამტარობის მოვლენების შესწავლამ გვაჩვენა, რომ თუ ავიღებთ სხვადასხვა ელექტროლიტს უსასრულო განზავების დროს, მაშინ როდესაც დისოციაციის ხარისხი ერთი ტოლია, მათ ექნება სხვადასხვა ეკვივალენტური ელექტროგამტარობა. ეს უკანასკნელი აიხსნება იმით, რომ ელექტ-



სურ 5 ევკვიალენტური და ხვე-
დრიითი ელექტროფორეზის
შორის კავშირი. ABCDEFGH
კუბის მოცულობა—1 სმ³,
ABCDKLMH პრიზმის
მოცულობა—V სმ³
Pt—პლატინის ელექ-
ტროდები.

ტროლიტის სხვადასხვა იონი, რომლებიც წარმოადგენენ ელექტრობის გადამტანს, მოძრაობენ სხვადასხვა სიჩქარით.

ელექტროგამტარობის განსაზღვრას, იონთა ძვრადობის მხედველობაში მოღებთ, მივეყვართ ფორმულამდე, რომელიც გვაძლევს საშუალებას გავიანგარიშოთ დისოციაციის ხარისხი ეკვივალენტური ელექტროგამტარობის მოლეკულების საშუალებით:

$$\alpha = \frac{\lambda V}{\lambda \infty}, \dots \dots \dots (3)$$

ი. სუსტი ელექტროლიტის დისოციაციის ხარისხი α ხსნარში V განზავების დროს წარმოადგენს ფარდობას ეკვივალენტური ელექტროგამტარობისა რომელიმე განზავების დროს ეკვივალენტური ელექტროგამტარობასთან უსასრულო განზავების დროს.

სუსტი ელექტროლიტების ხსნარში გვაქვს დაუშლელი მოლეკულები და დაშლად ან იონები და კათიონები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ზოგიერთი მოლეკულის ელექტროლიტური დისოციაციის შედეგად. მათ შორის მყარდება ხსნარში დინამიკური (მოძრავი) წონასწორობა, რომელიც მოცემული ტემპერატურისა და ელექტროლიტის მოცემული საერთო კონცენტრაციის დროს ხასიათდება მუდმივი სიდიდით—ელექტროლიტური დისოციაციის მუდმივით, რომელიც შეიძლება გაანგარიშებულ იქნას მოქმედ მასათა კანონის გამოყენებით.

მოლეკულებისათვის, რომლებსაც აქვთ უნარი დაიშალონ 2 იონად

$$\frac{c_K \cdot c_A}{c_{AK}} = K,$$

სადაც K —ელექტროლიტური დისოციაციის მუდმივაა;

c_K —კათიონების კონცენტრაცია;

c_A —ანიონების კონცენტრაცია;

c_{AK} —დაუშლელი მოლეკულების კონცენტრაცია.

თუ ხსნარის V მოცულობაში ელექტროლიტის კონცენტრაციას მივიღებთ c ტოლად, მაშინ

$$c_K = c_A = \alpha c = \frac{\alpha}{V},$$

სადაც α —ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხია;

V —ხსნარის მოცულობა, ან მისი „განზავება“.

$$c_{AK} = (1 - \alpha) c = \frac{1 - \alpha}{V};$$

საიდანაც

$$K = \frac{\alpha^2 V}{V^2(1 - \alpha)} = \frac{\alpha^2}{V(1 - \alpha)}.$$

რადგანაც

$$\frac{1}{V} = c,$$

ამიტომ

$$K = \frac{\alpha^2 c}{(1 - \alpha)} \dots \dots \dots (4)$$

თუ (4) ფორმულაში α -ს მნიშვნელობას შევცვლით ფარდობით $\frac{\lambda_V}{\lambda_\infty}$ (ფორმულა 3), მაშინ მივიღებთ:

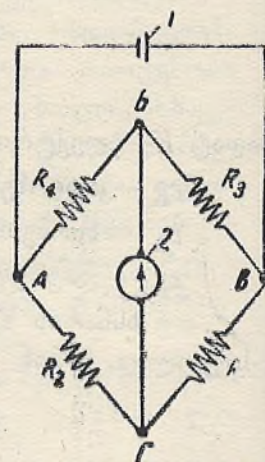
$$K = \frac{\left(\frac{\lambda_V}{\lambda_\infty}\right)^2 \cdot c}{1 - \frac{\lambda_V}{\lambda_\infty}} = \frac{\lambda_V^2 \cdot c}{\lambda_\infty (\lambda_\infty - \lambda_V)} \dots \dots \dots (5)$$

ამრიგად, ხსნარის დისოციაციის მუდმივას, რომლის საერთო კონცენტრაცია არის c , გამოთვლიან ხსნარის ელექტროგამტარობის გაზომვის შედეგებიდან.

ელექტროლიტა ხსნარების ელექტროგამტარობის გაზომვა

რადგან ელექტროგამტარობა ელექტროდენისადმი წინაღობის შებრუნებული სიდიდეა, ამიტომ მოცემული ხსნარის ელექტროგამტარობას ზომავენ ამ ხსნარის წინაღობის შედარებით რომელიმე ცნობილ წინაღობასთან. ამისათვის იყენებენ ეგრეთ წოდებული უიტსტონის ბოგირს, რომლის სქემა ნაჩვენებია 6 სურათზე. წყაროდან 1 ელექტროდენი განშტოვდება და წარმოქმნის ოთხ შტოს, რომელთა წინაღობა აღნიშნულია R_1, R_2, R_3 და R_4 . ჯაჭვის განშტოების კანონების თანახმად

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4},$$



სურ. 6. უიტსტონის ბოგირის სქემა: 1—ელექტროდენის წყარო; 2—გალვანომეტრი; R_1, R_2, R_3, R_4 წინაღობები.

52 ბოგირში დენი არ იქნება, და გალვანომეტრის ისარი ნულს გვიჩვენებს.

თუ R_2 ცნობილია, შეიძლება მოვინახოთ R_1 :

$$R_1 = R_2 \frac{R_3}{R_4},$$

გ. ი. საჭირო არ არის R_3 და R_4 -ის აბსოლუტური მნიშვნელობების ცოდნა, საჭიროა მხოლოდ მათ შორის ფარდობის ცოდნა.

მუშაობის მიზანი

1. პრაქტიკულად გაცნობა ელექტროლიტის ხსნარის ელექტროგამტარობის განსაზღვრის კლასიკური მეთოდისა და აგრეთვე გახსნილი ნივთიერებას ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხისა.
2. ძმრის მჟავას სხვადასხვა კონცენტრაციის ($1/8$ -დან $1/64$ -მდე ნ) ხსნარების ზედრითი ელექტროგამტარობის განსაზღვრა.
3. მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე გაანგარიშება:
 - ა) ზემონაჩვენები ხსნარების ეკვივალენტური ელექტროგამტარობის;
 - ბ) ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხისა იმავე ხსნარებისათვის;
 - გ) ძმრის მჟავას ელექტროლიტური დისოციაციის კონსტანტისა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები
და მასალები

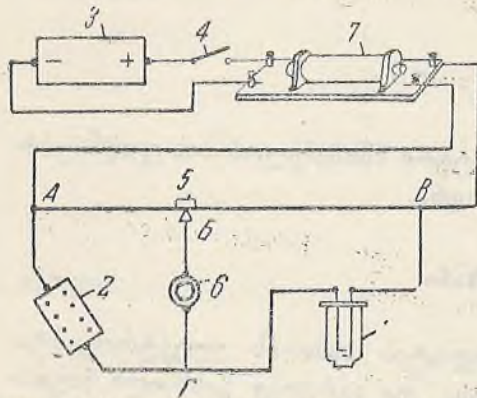
ტყვიის აკუმულატორი; ამომრთველი; ინდუქციური სვეული მომწესრიგებადი მწვეტარით; რეოქორდი; წინააღმდეგობათა ყუთი ($1-1000 \Omega$); ჭურჭელი ხსნარების ელექტროგამტარობის გაზომვისათვის; ტელეფონი (უკეთესია ნათურის გამაძლიერებლით); ელექტროსადენები და შეჯერებელი მომჭერები; ორი კიკა 300 მლ-იანი; 50 მლ მოცულობიანი 2 ბიურეტი 0,1 მლ დანაყოფით.

ხსნარები: ძმრის მჟავისა 1,0 ნ და 0,02 ნ კალიუმის ქლორიდი.

ხელსაწყო აღწერა

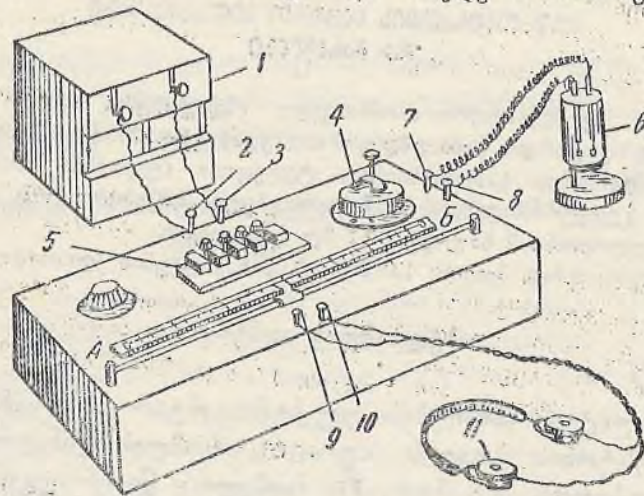
ელექტროლიტთა ხსნარების ელექტროგამტარობის განსაზღვრისათვის იყენებენ უიტსტონის ბოგირს (სურ. 6), რომლის წინააღმდეგობებს R_3 და R_4 უერთებენ რეოქორდს AB (სურ. 7), რომელიც წარმოადგენს საზომ სახაზავს მილიმეტრებიანი დანაყოფებით; ამ უკანასკნელზე გადაჭიმულია ნიკელინის, კონსტანტანის ან დაუჟანგავი ფოლადის მავთული, რომელსაც მთელ სიგრძეზე აქვს ერთი და იგივე განივი კვეთი. მავთულის გასწვრივ სრიალებს მოძრავი კონტაქტი 5 (საძვრისი ან მცოცი). მავთულის AB ნაწილი შეესაბამება უიტსტონის ბოგირის სქემის R_4 წინააღმდეგობას (სურ. 6), ხოლო ნაწილი BB R_3 წინააღმდეგობას.

ფარდობა $\frac{R_3}{R_4}$ იცვლება კონტაქტის 5 გადაადგილების დროს. R_2 წინალობას შეესაბამება წინალობათა ყუთი, რომელიც წარმოადგენს მავთულის



სურ. 7. სქემა დანდაგარისა ელექტროლიტების ელექტროგამტარობის გაზომვისათვის: 1—ჭურჭელი გამოსაკვლევი ხსნარით, 2—წინალობათა ყუთი, 3—აკუმულატორი; 4—ამომრთველი; 5—მოძრავი კონტაქტი; 6—ტელეფონი; 7—ინდუქციური ხვეული; AB—რეოქორდი; BT—ბოგირი.

არარსებობას BT ბოგირში კონტაქტის გარკვეული მდებარეობის დროს გებულობენ ტელეფონში 6 ბგერის მინიმუმისა და მიხედვით. სასარგებლოა დანად-



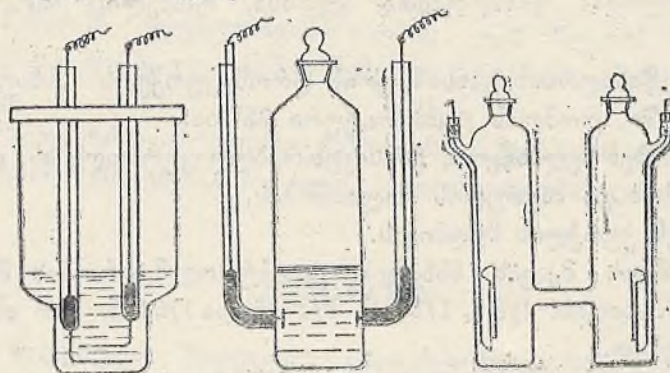
სურ. 8. დანადგარი ხსნარების ელექტროდენების გაზომვისათვის: 1—აკუმულატორი; 2, 3—მომჭერებ აკუმულატორების ჩართვისათვის; 4—ინდუქციური ხვეული; 5—წინალობათა ყუთი; 6—გამოსაკვლევი ხსნარის ჭურჭელი; 7, 8—მომჭერები 6 ჭურჭლის ჩართვისათვის; 9, 10—მომჭერები ტელეფონის ჩართვისათვის; 11—ტელეფონი; AB—რეოქორდი მოძრავი კონტაქტით.

ჯარში შეყვანილ იქნას ნათურის გამაძლიერებელი (სურათზე ნაჩვენები არ არის). მუშაობის დროს, მწყვეტარამ რომ არ დაახშოს ბგერა ტელეფონში, ინდიკატორ ხვეულს ბუდეში ათავსებენ.

სურ. 8-ზე მოცემულია ხელსაწყო, რომელშიაც ცალკეული ნაწილები უძრავად არის დამაგრებული; მას მიუერთებენ მხოლოდ აკუმულატორს 1, ჰურკელს 6 გამოსაკვლევი ხსნარითა და ტელეფონს 9.

ჰურკელის მუდმივას განსაზღვრა

ხსნარების ელექტროგამტარობის განსაზღვრა წარმოებს სხვადასხვა ფორმის ჰურკლებში (სურ. 9). ხსნარებისათვის, რომლებიც ცუდად ატარებენ ელექტროდენს, ელექტროდები ერთმანეთთან ახლოს არიან განლაგებული და მათ აქვთ დიდი ზედაპირი; კარგი გამტარებისათვის იყენებენ ელექტროდებს ნაკლები ზედაპირით და მათ შორის მეტი მანძილით. ელექტროდები დამზადებულია პლატინის ფირფიტებისაგან, რომლებზედაც მიდუღებულია პლატინის მავთული. მავთული მირჩილულია მინის მილზე, რომელშიაც ჩასმულია ვერცხლისწყალი გარეთა გაჩაგრებთან კონტაქტისათვის. ელექტროდებს ფარავენ პლატინის სევალიო.



სურ. 9. ჰურკლების სხვადასხვა ფორმა ხსნარების ელექტროგამტარობის გაზომვისათვის

ჰურკელში ელექტროდთა შორის მანძილი თუ ზუსტად 1 სმ-ის ტოლი იქნება, ხოლო ელექტროდის ფართობი კი—1 სმ²-ის და ელექტროდის გატარებაში მონაწილეობას მიიღებს მხოლოდ ხსნარის ის მოცულობა, რომელიც მოთავსებულია ელექტროდთა შორის, მაშინ ასეთ პირობებში გაზომილი ელექტროგამტარობა წარმოადგენს ხსნარის ხვედრით ელექტროგამტარობას. პრაქტიკულად მეტად ძნელია ისეთი ჰურკელის დამზადება, რომელიც დაკმაყოფილებდა ზემოთყვანილ პირობას, ამიტომაც ყოველი ჰურკლისათვის წინდაწინვე საზღვრავენ ჰურკელის მუდმივას.

თუ ფორმულაში

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

ρ -ს მაგერ ჩავსვამთ $\frac{1}{\kappa}$, ხოლო $\frac{1}{S}$ -ს შევცვლით მუდმივი სიდიდით C , მაშინ

$$R = \frac{C}{\kappa},$$

საიდანაც ჭურჭლის მუდმივა

$$C = \kappa \cdot R \dots \dots \dots (7)$$

პრაქტიკულად ჭურჭლის მუდმივას საზღვრავენ შემდეგნაირად: ელექტროგამტარობის გასაზომად ჭურჭელში ასხამენ ხსნარს, რომლის ხვედრითი ელექტროგამტარობა წინასწარ ცნობილია და ზომავენ მის ხვედრით წინალობას. ჩვეულებრივად ასეთ ხსნარად იყენებენ 0,02 ნ KCl ხსნარს, რომლის ხვედრითი ელექტროგამტარობა 25° -ის დროს ტოლია $0,002765 \Omega^{-1} \text{ სმ}^{-1}$. აქედან ჭურჭლის მუდმივა C , თანახმად (7) ფორმულისა, ტოლი იქნება:

$$C = 0,002765 R,$$

სადაც R —წინალობაა წინალობათა ყუთისა, რომელიც ჩართული გვაქვს წრედში.

ხვედრითი წინალობის განსაზღვრის დროს ჭურჭელს ხსნარით ათავსებენ თერმოსტატში, რომლის ტემპერატურა 25° -ია.

ც და. აწყობენ ხელსაწყოს, განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევენ კონტაქტების ხარისხს და მავთულის მთლიანობას.

საზღვრავენ ჭურჭლის მუდმივას.

ზომავენ ძმრის მუავას ხსნარის ელექტროგამტარობას მისი შემდეგი კონცენტრაციებისათვის: $1/8$ ნ, $1/16$ ნ, $1/32$ ნ და $1/64$ ნ. მათ ამზადებენ 1 ნ ხსნარის განზავებით.

ელექტროგამტარობის განსაზღვრის წინ ჭურჭელსა და ელექტროდებს რეცხავენ წყლით, შემდეგ გამოავლებენ იმ ძმრის მუავას ხსნარს, რომლის ელექტროგამტარობასაც საზღვრავენ და მხოლოდ ამის შემდეგ ავსებენ ამ ხსნარით ჭურჭელს.

ყველა ზემოაღნიშნული კონცენტრაციის ხსნარების ელექტროგამტარობა შეძლებისდაგვარად განისაზღვრება ისეთი წინალობის დროს, რომ მოძრავი კონტაქტი მდებარეობდეს დაახლოებით რეოქორდის სკალის შუა ნაწილში.

პრაქტიკულად იქცევიან შემდეგნაირად: მას შემდეგ, რაც ხელსაწყო მთლიანად აწყობილია, გაიკეთებენ ტელეფონის ყურფარს და მოძრავ კონტაქტს გადაწევენ დაახლოებით რეოქორდის შუა ნაწილში; შემდეგ შტეპსელების წინალობის ყუთიდან ამოღებით, ე. ი. ერთი ან მეორე წინალობის R -ს ჩართვით, რთავენ დენს ჯაჭვში და უსმენენ რა ტელეფონს, არჩევენ ისეთ წინალობას, რომლის დროსაც ბგერა რაც შეიძლება მცირე იქნება. შემდეგ

კონტაქტის გადანაცვლებით მარჯვნივ და მარცხნივ ცვლიან მხარეების შეფარდებას $\frac{AB}{BB}$ და ცდილობენ მიაღწიონ ბგერის ყველაზე მცირე ინტენსივობას ანდა მის შეწყვეტას ტელეფონში.

აქედან გამოსაკვლევი ხსნარის წინალობას R_x გაიანგარიშებენ (6) ფორმულის თანახმად:

$$R_x = R \frac{\delta}{a} \Omega,$$

სადაც R —წინალობათა ყუთის წინალობაა;

a —რეოქორდის AB მხარის სიგრძე;

δ — BB მხარის სიგრძე.

გამოსაკვლევი ხსნარის ხვედრითი ელექტროგამტარობა

$$\kappa_x = \frac{1}{R_x} \Omega^{-1} \text{ სმ}^{-1}.$$

1/8 5 ხსნარის ელექტროგამტარობის განსაზღვრის შემდეგ გადმოღვრიან მას და ჭურჭელს ავსებენ შემდეგი ხსნარით, როგორც ეს ზემოთ არის ნაჩვენები.

ხსნარის ელექტროგამტარობის გაზომვის წინ ჭურჭელს ათავსებენ თერმოსტატში 10 წუთის განმავლობაში, რომ ხსნარმა თერმოსტატის ტემპერატურა მიიღოს.

გაანგარიშება

ცდებით მიღებული შედეგების საფუძველზე გაიანგარიშებენ ხვედრით და ეკვივალენტურ ელექტროგამტარობას ძმრის მყავას ხსნარის ყველა კონცენტრაციისათვის. გაანგარიშებას აწარმოებენ მძიმის შემდეგ მეექვსე რიცხვის სიზუსტით.

κ და λ მნიშვნელობების გაანგარიშების შემდეგ გამოხაზავენ გრაფიკს; აბსცისთა ღერძზე აღნიშნავენ განზავებას V , ხოლო ორდინატთა ღერძზე —შესაბამი κ და λ სიდიდეების მნიშვნელობას.

დაკვირვებისა და გაანგარიშების შედეგების ჩაწერის ფორმა

ა) მონაცემების ჩაწერა ჰურკლის მუდმივას C მნიშვნელობის გაანგარიშებისათვის

№ გაზომვისა	R	$\frac{\delta}{a}$	C
1			
2			
3			
საშუალო მნიშვნელობა			

ბ) სხვადასხვა კონცენტრაციის ძმარმჟავას ხსნარის ხვედრითი ელექტროგამტარობისა და დისოციაციის ხარისხის გაანგარიშებისათვის მონაცემების ჩაწერა

№ გაზომვისა	ხსნარების კონცენტრაცია	R	$\frac{\delta}{a}$	α	λ_v	α^*	K

მუშაობის ანგარიში

1. გააკეთეთ დანადგარის სქემის ნახაზი.
2. ჩაწერეთ დაკვირვებისა და გაანგარიშების შედეგები.
3. გაიანგარიშეთ C , α , λ_v , α^* და K სიდიდეები.

საკონტროლო კითხვები

რისთვის რთავენ წრედში ინდუქციურ (სპირალს) ხვეულს?
რა მიზნისათვის ელექტროდების ხედაპირს ფარავენ პლატინის სვედით?
რას გულისხმობენ ჰურკლის მუდმივაში და როგორ ზომავენ მას?
როგორ იცვლება ხვედრითი ელექტროგამტარობა ხსნარის განზავებისდა მიხედვით?

* ძმარმჟავას ხსნარის ეკვივალენტური ელექტროგამტარობა λ_{∞} უსასრულო განზავებისა და 25° ტემპერატურის დროს გაიანგარიშება როგორც კათიონისა H^+ და ანიონის CH_3COO^- ძვრადობათა ჯამი, ე. ი. $349,8 + 40,9 = 390,7$.

როგორ იცვლება ეკვივალენტური ელექტროგამტარობა ხსნარის განზავებისდა მიხედვით?

იცვლება თუ არა ელექტროლიტური დისოციაციის მუდმივა ხსნარის განზავებისდა მიხედვით?

ლიტერატურა

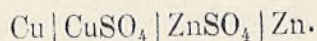
- А. И. Бродский, Физическая химия, т. II, гл. XVII, § 377, 381—383, 1948.
П. П. Митрофанов и С. Е. Северин, Учебник физической и коллоидной химии, гл. XI, § 84—92, 1948.
Н. Л. Каблуков, Е. Н. Гапон, М. Л. Гриндель, Физическая и коллоидная химия, гл. IX, Б, § 1—3, В, § 1—9, 13, 16, 1949.
-

6. ელექტრომაგნიტური ძალების (ე. მ. ძ.) გავრცელება

ხელსაწყოს, რომელშიაც ქიმიური რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ელექტროენერგია, ე. ი. ქიმიური ენერგია გარდაიქმნება ელექტროენერგიად, გალვანური ელემენტი ეწოდება.

გალვანური ელემენტი შედგება ორი ან რამდენიმე ერთმანეთთან შემხები ელექტროლიტის ხსნარისაგან, რომლებშიაც ჩაყურსულია ლითონის ფირფიტები—ელექტროდები; ეს უკანასკნელნი ერთმანეთთან დაკავშირებულია გარეთა გამტარის საშუალებით.

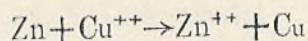
ასეთი სისტემის მაგალითს წარმოადგენს სპილენძ-თუთიის გალვანური ელემენტი, რომელიც სქემატურად შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად:



ამ ელემენტში ელექტროენერგია მიიღება ქიმიური რეაქციის შედეგად



ან



არასრული ელექტროლიტური დისოციაცია, ე. ი. გახსნილი ნივთიერების არა ყველა მოლეკულის იონებად დაშლა, ხდება მხოლოდ სუსტი ელექტროლიტების ხსნარებში. ასეთი ხსნარებისათვის შეგვიძლია ვილაპარაკოთ იონების კონცენტრაციაზე. მძლავრი ელექტროლიტების ხსნარში სრული ელექტროლიტურ დისოციაციას ადგილი აქვს კონცენტრირებულ ხსნარებშიაც კი, მაგრამ წარმოქმნილი იონები განიცდიან ელექტროსტატიკურ ურთიერთქმედებას. იონთა შორის მოქმედი ძალები იწვევს მძლავრი ელექტროლიტების ხსნარების მოქმედების გადახრას იდეალური ხსნარების კანონებიდან. იმისათვის, რომ ეს კანონები გამოსაყენებელი იყოს მძლავრი ელექტროლიტებისათვის, ფორმულაში საერთო კონცენტრაციის მაგიერ შეაქვთ აქტივობის სიდიდე:

$$a = f \cdot c.$$

სადაც a — „აქტივობა“;

f — აქტივობის კოეფიციენტი;

c — გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაცია.

მძლავრი ელექტროლიტის უსასრულო განზავების დროს $f=1$ და $a=c$.

ელექტროლიტში ჩაშვებული ლითონის, ელექტროლიტის კონცენტრაციისა და ტემპერატურის მიხედვით გაღვანურ ელემენტში აღიძვრება ელექტრომამოძრავებელი ძალა (ე. მ. ძ.). უკანასკნელი წარმოადგენს სხვაობას პოტენციალებისა, რომლებიც წარმოიქმნებიან ლითონ-ელექტროლიტის საზღვარზე.

გაღვანურ ელემენტში ე. მ. ძ.-ის აღძვრას ხსნიან შემდეგნაირად. ლითონის ფირფიტა, რომელიც ჩაშვებულია წყალში, გადაცემს ხსნარს ლითონის დადებითად დამუხტულ იონებს, რის გამო თვითონ იმუხტებიან უარყოფითად. ამის შედეგად ფირფიტის მოსაზღვრე სითხის ფენა იმუხტება დადებითად.

ამრიგად, ლითონისა და სითხის შეხების საზღვარზე წარმოიქმნება ელექტრული ორმაგი შრე.

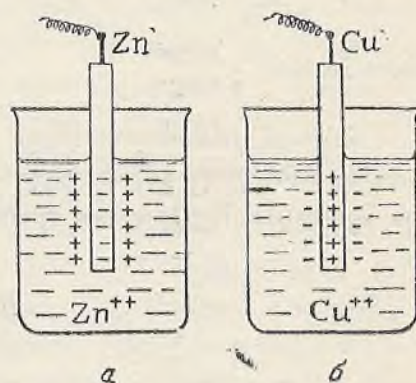
პოტენციალთა სხვაობას, რომელიც წარმოიქმნება ლითონისა და ხსნარის შეხების ზედაპირზე, ელექტროდის პოტენციალი ეწოდება.

ლითონის თვისებას გადავიდეს ხსნარში იონების სახით ლითონის ხსნადობის ელექტროლიტურ დრეკადობას უწოდებენ. უკანასკნელის სიდიდე დამოკიდებულია ლითონისა და იმ სითხის (გამხსნელის) ქიმიურ ბუნებასა, რომლებშიაც ჩაშვებულია ლითონი, და ტემპერატურაზე. ლითონის ისეთ არეში ჩაშვებით, რომელიც შეიცავს იმავე ლითონის იონებს, მაგ, თუთიის ჩაშვებით თუთიის სულფატის ხსნარში, მასში შემავალი თუთიის კათიონები ხელს შეუშლის თუთიის იონების გადასვლას ლითონის ზედაპირიდან ხსნარში. ეს საწინააღმდეგო მოქმედება მით უფრო მძლავრი იქნება, რაც უფრო მეტია თუთიის იონების კონცენტრაცია ხსნარში და რაც მეტია მათ მიერ წარმოქმნილი ოსმოსური წნევა.

თუთიის იონების გადასვლას ხსნარში აგრეთვე ხელს უშლის ელექტროსტატიკური ძალები, რომლებიც აღიძვრებიან უარყოფითად დამუხტული თუთიის ფირფიტასა და ფირფიტის მოსაზღვრე ხსნარის ფენაში არსებული დადებითად დამუხტულ იონებს შორის.

ლითონის ელექტროლიტური ხსნადობის დრეკადობა აღვნიშნოთ P -თი, ხოლო ერთსახელოვანი კათიონების პარციალური ოსმოსური წნევა კი p -თი. აქ შესაძლებელია შემთხვევები:

$P > p$, ე. ი. ლითონის ელექტროლიტური ხსნადობის დრეკადობა მეტია ოსმოსურ წნევაზე. ამ შემთხვევაში ლითონი დაიმუხტება უარყოფითად, ხოლო მოსაზღვრე სითხის ფენა კი დადებითად (სურ. 10. *a*).



სურ. 10. ელექტრული პოტენციალის წარმოქმნის სქემა: *a*—თუთიის ელექტროდი, *ბ*—სპილენძის ელექტროდი

$P < p$ იონების ოსმოსური წნევა მეტია ელექტროლიტური ხსნადობის დრეკადობაზე. ლითონის ზედაპირი იმუხტება დადებითად, ხოლო მისი მოსაზღვრე სითხის ფენა კი უარყოფითად (სურ. 10, ბ).

$P = p$ — ოსმოსური წნევა ლითონის ელექტროლიტური დრეკადობის ტოლია. პოტენციალთა სხვაობა ლითონის სითხის საზღვარზე ნულის ტოლია.

დამოკიდებულება ლითონის პოტენციალსა E , ლითონის ხსნადობის ელექტროლიტურ დრეკადობასა P და ხსნარის ოსმოსურ p წნევას შორის გამოსახება შემდეგი ფორმულით

$$E = - \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{P}{p}, \quad \dots \dots \dots (1)$$

სადაც R — გაზის მუდმივა, რომელიც ტოლია 8,3148 ჯოულისა (მიახლოებით 8,315 ჯოულის);

T — აბსოლუტური ტემპერატურა;

n — იონის მუხტთა რაოდენობა;

F — ფარადეს რიცხვი, რომელიც 96 488 $\frac{\text{კულონ}}{\text{გ-მკვფ.}}$ -ის ტოლია (მიახლოებით 96 500 $\frac{\text{კულონ}}{\text{გ-მკვფ.}}$).

მაგრამ, ოსმოსური წნევა იონთა c კონცენტრაციის პროპორციული სიდიდეა, რომელიც გამოხატულია გრ-იონებით 1 ლიტ-ზე. ამიტომ (1) ფორმულა შეიძლება შევცვალოთ ფორმულით

$$E = - \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{P}{Kc} \quad \dots \dots \dots (2)$$

თუ მივიღებთ, რომ $T = 291,2^{\circ}$ (18°C) და ნატურალურ ლოგარიტმს შევცვლით ათობითი ლოგარიტმით, მივიღებთ:

$$E = - \frac{2,303 \cdot 8,315 \cdot 291,2}{n \cdot 96\,500} \lg \frac{P}{Kc} = - \frac{0,058}{n} \lg \frac{P}{Kc} + \frac{0,058}{n} \lg c \quad \dots \quad (3)$$

სიდიდე $\frac{0,058}{n} \lg \frac{P}{Kc}$ მოცემულ ლითონისათვის წარმოადგენს მუდმივს, ხოლო $\frac{0,058}{n} \lg c$ კი დამოკიდებულია ცვლად c სიდიდეზე.

მუდმივ სიდიდეს $\frac{0,058}{n} \lg \frac{P}{Kc}$ აღნიშნავენ E_0 -ით. იმ შემთხვევაში, როდესაც კონცენტრაცია $c = 1$ საკრების მეორე წევრი ნულის ტოლი ხდება და

$$E = E_0.$$

ამრიგად, ლითონის პოტენციალი მიღებული მისი ისეთ ხსნარში ჩაშვებით, რომლის კონცენტრაცია ლიტრში ტოლია 1 გრამ-ეკვივალენტის, წარმოადგენს მუდმივ და დამახასიათებელ სიდიდეს მოცემული ლითონისათვის. ამ სიდიდეს ლითონ/ხსნარის ნორმალური ან სტანდარტულ პოტენციალს უწოდებენ. ამ შემთხვევაში მიღებულია ვილაპარაკოთ პოტენციალის ნახტომზე იმ ლითონ/ხსნარის საზღვარზე, რომელიც ამ ლითონის იონებს შეიცავს.

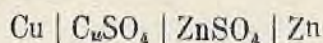
ელექტროდის პოტენციალის უშუალოდ გაზომვა შეუძლებელია, მაგრამ შეიძლება გავზომოთ მისი პოტენციალი სხვა ელექტროდის პოტენციალთან შედარებით. შესადარ ელექტროდად სხვადასხვა ლითონის პოტენციალის გაზომვისათვის იყენებენ წყალბადის ელექტროდს. ის წარმოადგენს მოპლათინებული პლატინის ელექტროდს, რომელიც ჩაშვებულია მკაფას ხსნარში და რომლის ზედაპირზე გადის გაზური წყალბადის ქაფი. წყალბადი პლატინის ზედაპირზე მძლავრი ადსორბციას განიცდის [ასე, რომ მივიღებთ წყალბადის ელექტროდს, რომელიც ჩაყურსულია წყალბადის იონების შემცველ ხსნარში. პირობით მას აღნიშნავენ: $H_2/2H^+$].

თუ წყალბადის წხევა 1 ატ. ტოლია, ხოლო 1 ლიტრი მკაფას ხსნარი * შეიცავს 1 გ-იონ წყალბადს, მაშინ ელექტროდი წარმოადგენს წყალბადის ნორმალურ ელექტროდს. ასეთი ელექტროდის პოტენციალს პირობით ნულის ტოლად თვლიან. გაღვანური ელემენტი, სადაც ერთ ელექტროდს წარმოადგენს ისეთ ხსნარში ჩაშვებული რომელიმე ლითონი, რომლის 1 ლიტრში გახსნილია 1 გრამ-იონი ერთსახელოვანი კათიონებისა, ხოლო მეორეს კი—წყალბადის ნორმალური ელექტროდი, გვაძლევს საშუალებას გავზომოთ აღებული ლითონის ფარდობითი ნორმალური პოტენციალი.

ელექტროდის პოტენციალის სიდიდეს გამოსახავენ მინუს (—) ნიშნით, თუ აღებული ლითონი წყალბადის მიმართ წარმოადგენს აღმდგენელს, და პლუს (+) ნიშნით, თუ ლითონი წარმოადგენს დამჟანგველს (ტაბ. 2 იხ. დან.).

გაღვანური ელემენტის ე. მ. ძ., როგორი წყველი ელექტროდისაგანაც კი არ უნდა იყოს ის შედგენილი, შეიძლება გავიანგარიშოთ ელექტროდების პოტენციალთა სხვაობით, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ იმ პოტენციალს, რომელიც წარმოიქმნება ხსნარების გაყოფის საზღვარზე; ამ პოტენციალს დიფუზიური პოტენციალი ეწოდება; ის თავისი მნიშვნელობით ბევრად მცირეა შედარებით ელექტროდების პოტენციალთან.

მიღებულია ე. მ. ძ-ის გამოსახვა დადებითი მნიშვნელობით. მაგ, სპილენძ-თუთიის გაღვანურ ელემენტში



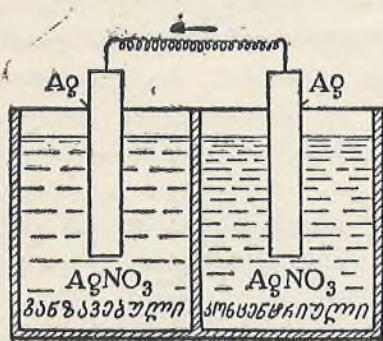
თუთია—უარყოფითი ელექტროდია, სპილენძი კი—დადებითი. თუთიის ნორმალური პოტენციალი 25°-ის დროს ტოლია—0,76 ვ. სპილენძის ნორმალური პოტენციალი 25°-ის დროს ტოლია +0,34 ვ. თუთიის-სპილენძის გაღვანური ელემენტის ე. მ. ძ. ტოლია

* ყოველ მიღებულ ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც გაწარმოებთ შედარებას სხვა ელექტროდთან.

$$+0,34 - (-0,76) = +1,1 \text{ ვ.}$$

პოტენციალის სიდიდის დამოკიდებულება ხსნარში არსებული მარილის იონების კონცენტრაციისაგან გამოისახება ფორმულით

$$E_c = E_0 + \frac{0,058}{n} \lg c. \quad (4)$$



სურ. 11. კონცენტრაციული გალვანური ელემენტის სქემა.

გალვანური წრედის პოტენციალთა სხვაობა შეგვიძლია მივიღოთ ისეთი ორი ლითონის ერთმანეთთან შეერთებით, რომლებიც დახასიათებული არიან ხსნადობის სხვადასხვა ელექტროლიტური დრეკადობით და ჩაშვებული არიან ერთსახელოვანი იონების შემცველ ხსნარში. შეიძლება აგრეთვე ე. მ. ძ-ის მიღება, თუ ერთ და იმავე ლითონს ჩავუშვებთ იონებს სხვადასხვა კონცენტრაციან c_1 და c_2 ხსნარში (სურ. 11) სადაც $c_2 > c_1$.

უკანასკნელ შემთხვევაში გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ. ტოლი იქნება:

$$ე. მ. ძ. = E = E_{c_2} - E_{c_1} = \frac{0,058}{n} \lg \frac{c_2}{c_1} \quad (5)$$

ასეთ წრედს კონცენტრაციული წრედი ეწოდება.

თუ ცნობილია ერთი ხსნარის კონცენტრაცია და გავზომავთ გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ. შეგვიძლია მოვნახოთ ამ იონების კონცენტრაცია მეორე ხსნარში. ამ პრინციპზედ არის დამყარებული წყალბადის იონთა კონცენტრაციის განსაზღვრის მეთოდი.

გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ-ის განსაზღვრა კომპენსაციური მეთოდით

მუშაობის მიზანი

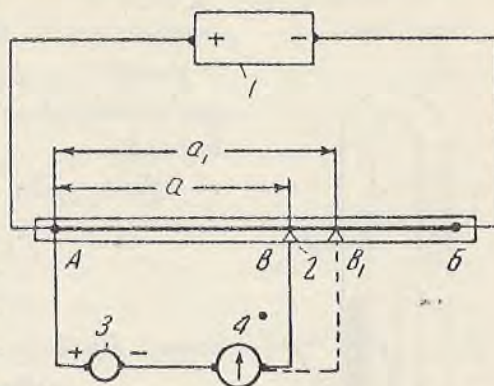
1. გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ. გაზომვა.
2. ელექტროლის ნორმალური პოტენციალის განსაზღვრა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ტყვიის აკუმულატორი; რეოქორდი; გალვანომეტრი; კადმიუმის ნორმალური ელემენტი; ერთპოლუსიანი გადამრთავი; ორპოლუსიანი გადამრთავი; 2 ამომრთველი; კალომელის ელექტროდი; თუთიის ელექტროდი; სპილენძის ელექტროდი; წყალბადის ელექტროდი; სპილენძის სადენები; კრისტალური ქინძიდრონი.

ხსნარები: 0,1 ნ და 0,01 ნ სპილენძის სულფატის ხსნარი; 0,1 ნ და 0,01 ნ თუთიის სულფატის ხსნარი; კალეუმის ქლორიდის ნაჯერი ხსნარი.

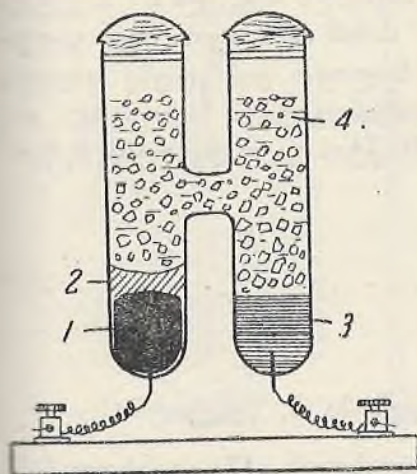
გალვანური ელემენტის ელექტროდთა შორის პოტენციალთა სხვაობის ან ამ ელემენტის ელექტრომაგნიტური ძალის (ე. მ. ძ.) გაზომვისათვის იყენებენ კომპენსაციურ მეთოდს, ან გამათანაბრებელ ზერხს. მისი შინაარსი ნათლად ჩანს, სურ. 12-ზე მოცემულ სქემიდან. სადენები ტუბის აკუმულატორის 1 პოლუსებიდან მიერთებულია რეოქორდის A და B ბოლოებთან. რეოქორდის მავთულის სიგრძე ჩვეულებრივად 1000 მმ-ის ტოლია. მავთულის გასწვრივ სრიალებს კონტაქტი 2. ის შეერთებულია ნორმალური ელემენტის 3 უარყოფით პოლუსთან. ნორმალური ელემენტის დადებითი პოლუსი და აკუმულატორის დადებითი პოლუსი სადენებით შეერთებულია რეოქორდის A წერტილთან. A და B წერტილებს შორის პოტენციალი მავთულის მთელ სიგრძეზე თანაბრად ეცემა.



სურ. 12. პოტენციალთა სხვაობის კომპენსაციური მეთოდით გაზომვისათვის დანადგარის სქემა:

- 1—აკუმულატორი; 2—წოძრავი კონტაქტი
3—ნორმალური ან გამოსაცდელი ელემენტი
4—გალვანომეტრი; AB—რეოქორდი.

კადმიუმის ნორმალური ელემენტი წარმოადგენს ჭურჭელს, შემდგარს ორი სინჯარისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან შეერთებულია განივი მძლით (სურ. 13). ცალკეული სინჯარის ფსკერზე



სურ. 13. კადმიუმის ნორმალური ელემენტი:

- 1—ვერცხლისწყალი; 2—ვერცხლისწყლის ქვეყანგის სულფატი; 3—კადმიუმის ამალგამა; 4—ნაჯერი ხსნარი და კადმიუმის სულფატის კრისტალები.

ტად მცირედ იცვლება ტემპერატურის ცვლილების დროს.

მირჩილულია პლატინის მავთული ელექტროდების გამოსაყვანად. ერთი სინჯარის ფსკერზე მოთავსებულია სუფთა ვერცხლისწყალი 1, რომელიც დადებით პოლუსს წარმოადგენს; მეორე სინჯარის ფსკერზე ჩასმულია კადმიუმის ამალგამა 3, რომელიც შეიცავს 12,5% კადმიუმს და წარმოადგენს უარყოფით პოლუსს. ვერცხლისწყლის დადებითი პოლუსი დაფარულია პასტით 2, რომელიც მომზადებულია ვერცხლისწყლის ქვეყანგის სულფატისაგან Hg_2SO_4 . მთელი დანარჩენი სივრცე შევსებულია გოგირდმჟავა კადმიუმის $CdSO_4 \cdot \frac{8}{3} H_2O$ გაჯერებული ხსნარით, რომელშიაც ამ მარილის კრისტალებია შეწონილ მდგომარეობაში. ორივე სინჯარა დახშულია ჰერმეტიკულად. ნორმალური კადმიუმის ელემენტის ე. მ. ძ. (E_n) ზუსტად არის გაზომილი; ის მუდმივია და მე-

$$E_6 = 1,01830 - 0,00004 (t - 20) \text{ ვოლტი.}$$

20°-ის დროს ის 1,01830 ვ-ის ტოლია.

თუ ნორმალური ელემენტის ე. მ. დ. B წერტილში კონტაქტის მდებარეობის დროს (სურ. 12) ათანაბრებს პოტენციალთა სხვაობას აკუმულატორიდან B წერტილამდე, მაშინ გალვანომეტრის ისარი ჩერდება სკალის ნულოვან დანაყოფზე.

ამ შემთხვევაში

$$EA = E_6 \frac{1000}{a}, \dots \dots \dots (6)$$

სადაც EA — ე. მ. დ. აკუმულატორიდან B წერტილამდე;

E_6 — ნორმალური ელემენტის ე. მ. დ.;

a — საზომი სახაზავის დანაყოფთა რაოდენობა B წერტილამდე;

1000 — AB მავთულის მთელი სიგრძე მმ-ით.

კონტაქტის მარჯვნივ ან მარცხნივ გადაადგილების დროს გალვანომეტრის ისარი შესაბამისად გადაიხრება ნულოვან დანაყოფიდან მარჯვნივ ან მარცხნივ.

თუ ნორმალურ ელემენტს შევცვლით საკვლევი გალვანური ელემენტით, მაშინ იმისათვის, რომ გალვანომეტრის ისარი ისევ ნულოვან დანაყოფზე დადგეს, საჭიროა კონტაქტის გადაადგილება მავთულზე. თუ ამისათვის საჭიროა კონტაქტის გადაადგილება B_1 წერტილამდე, მაშინ

$$E = E_x \cdot \frac{1000}{a_1}, \dots \dots \dots (7)$$

სადაც E_x — გამოსაკვლევი ელემენტის ე. მ. დ.;

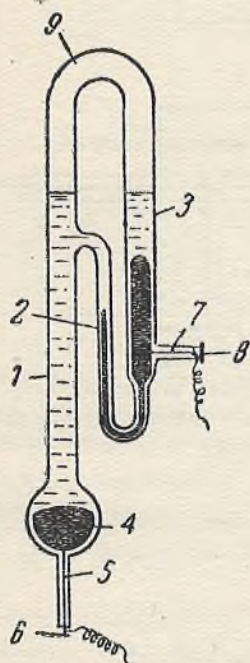
a_1 — საზომი სახაზავის დანაყოფთა რაოდენობა B_1 წერტილში.

თუ ჩავსვამთ E_a მნიშვნელობას (6) განტოლებიდან (7) განტოლებაში მივიღებთ:

$$\frac{E_x}{E_6} = \frac{a_1}{a},$$

საიდანაც 20°-ის დროს

$$E_x = 1,01830 \cdot \frac{a_1}{a} \text{ ვოლტს.} \dots \dots \dots (8)$$



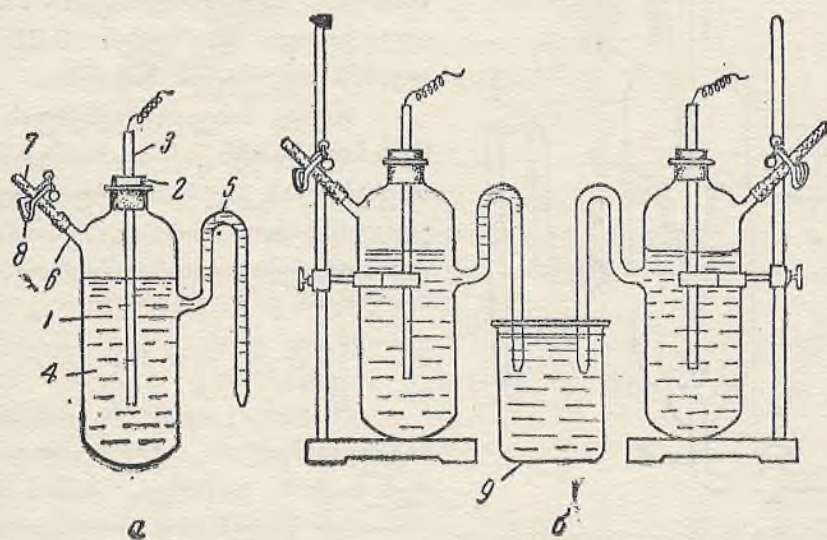
სურ. 14. კაპილარული ელემენტომეტრი: 1, 3 — ხელსაწყოს მუხლი; 2 — კაპილარი; 4 — ბურთისებრი გაფართოება; 5, 7 — სადენები; 6, 8 — მომკერები; 9 — ხელსაწყოს ზედა ნაწილი.

კომპენსაციური მეთოდისათვის გალვანომეტრი საკმარისად მგრძნობიარე იქნას, რომ შესაძლებელ იქნას დენის მცირე ძალის გაზომვა; ჩვეულებრივად მათი მგრძნობიარობა არა ნაკლები 10^{-6} ამპერის ტოლია, ხოლო წინააღობა კი დაახლოებით 1000 ომის.

გალვანომეტრის მაგიერ გამოვიყენოთ კაპილარული ელექტრომეტრი (სურ. 14). ის წარმოადგენს დახშულ მინის ჭურჭელს, რომელიც კაპილარით 2 ერთმანეთთან შეერთებული ორი 1 და 3 მუხლისაგან შედგება.

გაფართოებულ 4 ნაწილში ჩაკავშირებულია პლათინის მავთული 5 ელექტროდების გამოსაყვანად, მომჭერით 6. გაფართოებული ნაწილი ნახევრად შევსებულია ვერცხლისწყლით. მილი 3 ნაწილობრივად შევსებულია ვერცხლისწყლით ისე, რომ მან შეავსოს 2 კაპილარის ნაწილი. მილში 3 ჩაკავშირებულია მავთული 7 დენის შესაყვანად, მომჭერით 8. მილებს 1, 2 და 3 ავსებენ განზავებული გოგირდის სიმჟავით. ხელსაწყოს ზედა ნაწილში 9 გვაქვს დახვრიათებული არე.

როდესაც ელექტროდები გადის ელექტრომეტრში, ვერცხლისწყლის ზედაპირული დაჭიმულობა იცვლება და ვერცხლისწყლის მენისკი კაპილარში გადაინაცვლებს. მენისკის ცვლილება რომ შესამჩნევი იყოს, მას უყურებენ ან გადიდებელი შუშით ან კიდევ ჰორიზონტალური მიკროსკოპით. მაშინ, როდესაც ელექტრომეტრში დენი არ გადის ვერცხლისწყლის მენისკის მდებარეობა კაპილარში უცვლელი რჩება. ამიტომაც კაპილარული ელექტრომეტრი შეიძლება გამოყენებულ იქნას, როგორც მგრძნობიარე ნულ-იარაღი.

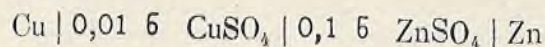


სურ. 15. ნახევარელემენტი და გალვანური ელემენტი: ა—ნახევარელემენტი; 1—მინის ჭურჭელი; 2—საცობი; 3—ლითონის ელექტროდი; 4—ელექტროდიტის ხსნარი; 5—სიფონი; 6—გვერდითი მილი; 7—რეზინის მილი; 8—მომჭერი; 9—ჭიქა; ბ—გალვანური ელემენტი.

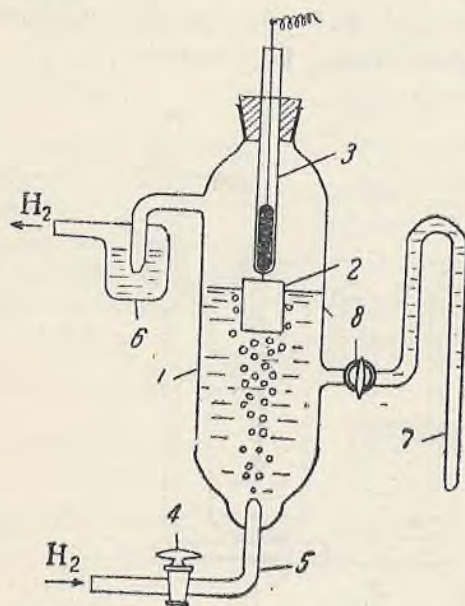
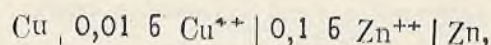
საკვლევი გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ. გაზომვისათვის მას აძლევენ

სპეციალურ ფორმას. ასეთ გალვანურ ელემენტს ადგენენ ორი ცალკეულ ნახევარელემენტისაგან (სურ. 15, a); თითოეულ მათგანს გააჩნია გარკვეული პოტენციალი. ნახევარელემენტი წარმოადგენს მინის ჭურჭელს 1, გვერდით სიფონით 5. ჭურჭელში 1 საცობის 2 საშუალებით შეაქვთ გამოსაქვლევით ლითონის ღერო 3. შემდეგ გვერდით სიფონს ჩაუშვებენ სითხეში, რომელიც წარმოადგენს ალბულის ლითონის მარილის ხსნარს და რეზინის მილის 7 საშუალებით გამოსწოვენ და შეიყვანენ სითხეს ჭურჭელში 1. როდესაც საჭირო რაოდენობით სითხეს შეიყვანენ ჭურჭელში 1, დაკეტენ მომჭერს 8; მაშინ ამის შემდეგ სითხეს სიფონიდან გადმოღვრა აღარ შეეძლება.

როდესაც საჭიროა ორი ნახევარელემენტისგან ელემენტის შედგენა, მაშინ მათ სიფონებს ჩაუშვებენ ჭიქაში 9, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 15 ბ-ზე. ჭიქაში მოთავსებულია კალიუმ ქლორიდის ნაჯერი ხსნარი, რომელიც შუალედ ელექტროლიტს წარმოადგენს. მაგალითად, როდესაც საჭიროა ე. მ. ძ-ის გაზომვა გალვანური ელემენტისა:



ან, რაც იგივეა,



სურ. 16. წყალბადის ნორმალური ელექტროდი:
1—ჭურჭელი; 2—პლატინის ელექტროდი; 3—მინის მილი; 4, 8—ონკანები; 5—მილები წყალბადის შესაყვანად; 6—ბიდრავლიკური საკეტი; 7—სიფონი.

მაშინ ამზადებენ ორ ნახევარელემენტს: ერთში თუთიის ელექტროდს ჩაუშვებენ 0,1 ნ თუთიის სულფატის ხსნარში, ხოლო მეორეში—სპილენძის ელექტროდს ჩაუშვებენ 0,01 ნ სპილენძის სულფატის ხსნარში.

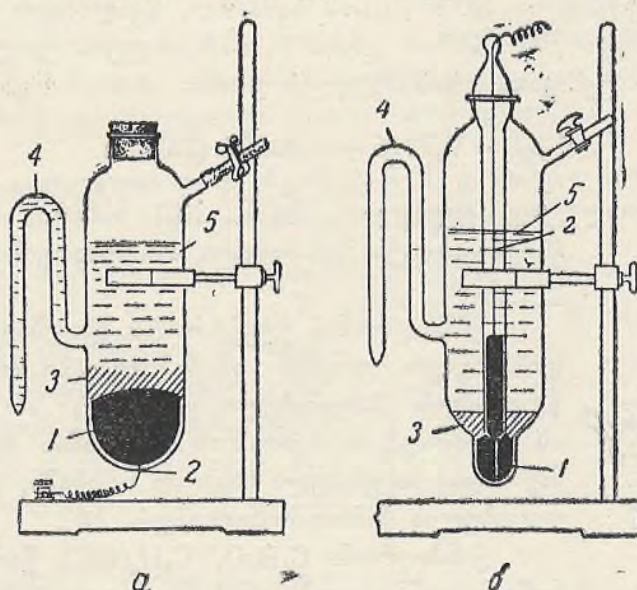
ორივე ნახევარელემენტის სიფონებს ჩაუყურსავენ ჭიქაში, რომელშიაც მოთავსებულია კალიუმის ქლორიდის ნაჯერი ხსნარი. გარე გამტარის საშუალებით ელექტროდების შეერთებით წარმოიქმნება ე. მ. ძ., რომელიც ტოლია:

$$\text{ე. მ. ძ.} = E_{\text{Cu}} - E_{\text{Zn}}.$$

როდესაც საჭიროა ცალკეული ნახევარელემენტის ელექტროდის პოტენციალის გაზომვა, მაშინ მას შეუერთებენ წყალბადის ნორმალურ ელემენტს (სურ. 16), რომლის ელექტროდის პოტენციალი პირობით მიღებულია ნულის ტოლად. ჭურჭელში 1 ჩასმულია 2 ნ გოგირდის სიმჟავე *. მასში

* 18° ტემპერატურის დროს წყალბადის იონების H^+ კონცენტრაცია 2 ნ გოგირდ-მჟავის ხსნარში ტოლია 1 გრამ-იონისა 1 ლიტრში.

მასში ნაწილობრივად ჩაყურსულია პლატინის ფირფიტა 2, რომელიც წინასწარ დაფარულია პლატინის სევედით. ელექტროდი პლატინის მავთულით შეერთებულია ვერცხლისწყალთან, რომელიც მოთავსებულია მინის მილში 3; ვერცხლისწყალში ჩაუშვებენ გარე სადენის ბოლოს. ალებენ 4 ონკანს და მილის 5 საშუალებით 1 ფიზიკური ატმოსფერული წნევის ქვეშ ატარებენ დასუფთავებული წყალბადის ნაკადს, რომელიც ევლება ელექტროდის ზედაპირს. წყალბადი გამოდის ჭურჭლის ზედა ნაწილიდან ჰიდრაულიკური საკეტის 6 საშუალებით. 7 სიფონს გააჩნია ონკანი 8, რომელსაც ალებენ გალვანურ წყალში წყალბადის ელექტროდის შეყვანის დროს.



სურ. 17. კალომელის ელექტროდები:

1—ვერცხლისწყალი; 2—პლატინის მავთული; 3—პასტა ვერცხლის წყლისა, კალომელისა და KCl ხსნარისაგან; 4—სიფონი; 5—კალიუმის ქლორიდის ხსნარი.

ჩადგან წყალბადის ელექტროდის პოტენციალი მიღებულია ნულის ტოლად, ამიტომ ელექტროდის გასაზომი პოტენციალი ტოლი იქნება ელემენტის ე. მ. d -ისა

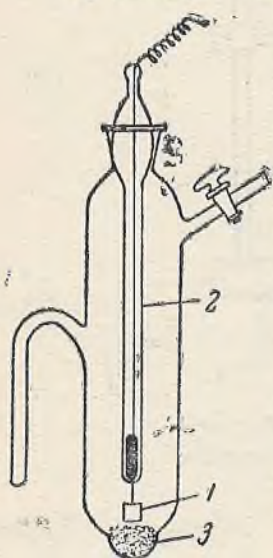
$$e. m. d. = E_x - 0 = E_x.$$

წყალბადის ელექტროდის გამოყენების დროს საჭიროა დავიცვათ ზოგიერთი აუცილებელი პირობა, როგორცაა—წყალბადის სისუფთავე, მუდმივი წნევა, მხედველობაში უნდა მივიღოთ გოგირდის სიმთავის ზედაპირზე წყლის ორთქლის წნევა და სხვ. ამიტომ მას ხშირად ცვლიან სხვა ელექტროდებით, რომელთა პოტენციალი ზუსტად არის გაზომილი წყალბადის პოტენციალთან შედარებით. ასეთებად ხშირად იყენებენ კალომელის ან ქინჰიდრონის ელექტროდს, რომლებიც გაცილებით მარტივი არიან და რომლებსაც ახასიათებთ მდგარი პოტენციალი.

კალომელის ელექტროდის მარტივი ფორმა ნაჩვენებია სურ. 17-ზე. მასში ვერცხლისწყალი 1 გამოყენებულია ელექტროდად. ელექტროდენი გამოიყვანება პლატინის მავთულის 2 საშუალებით, რომელიც მიკავშირებულია ან ნახევარელემენტის ძირზე (სურ. 17, *a*), ან კიდევ ნახევარელემენტში ზედა ნახევრეტში ჩადგმული მინის მილზე (სურ. 17, *ბ*); ამ მილში ასხამენ ვერცხლისწყალს და შეიყვანენ გარე სადენს. ვერცხლისწყლის ელექტროდების ზემოთ მოთავსებულია პასტის 3 ფენა, რომელიც დამზადებულია ვერცხლისწყლის, კალომელის Hg_2Cl_2 და KCl ნაჯერი ხსნარისაგან. KCl ხსნარით ავსებენ ჭურჭელსა და 4 სიფონს. კალომელის ელექტროდის პოტენციალი E_K რომელიც გავსებულია 1,0 ნ KCl -ის ხსნარით, წყალბადის ელექტროდის პოტენციალთან შედარებით 25° -ის დროს 0,2816 ვოლტის ტოლია. ის მეტად მცირედ იცვლება ტემპერატურის შეცვლის დროს;

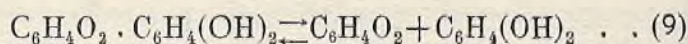
$$E_{კალ.} = 0,2816 + 0,00024 (25^{\circ} - t)$$

თუ ელექტროლიტად აღებულია 0,1 ნ. KCl ხსნარი, მაშინ $E_{კალ.} = 0,3341$ ვოლტს, KCl ნაჯერი ხსნარისათვის $E_{კალ.} = 0,2426$ ვოლტს.

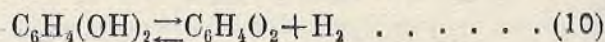


ქინჰიდრონის ელექტროდის წყალბადის ელექტროდის მაგიერ იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც არეს წყალბადის მაჩვენებელი, ე. ი. pH , არ აღემატება 7. ის წარმოადგენს ოქროს ან პლატინის ფირფიტას (ან მავთულს) ჩაყურსულს საკვლევ სითხეში, რომელიც გაჯერებულია ქინჰიდრონით (სურ. 18).

ქინჰიდრონი $C_6H_4O_2 \cdot C_6H_4(OH)_2$ წარმოადგენს ქინონისა და ჰიდროქინონის მოლეკულურ ნაერთს, რომელიც კრისტალდება მუქი მწვანე წვრილი კრისტალების სახით. ის ძნელად იხსნება წყალში (0,005 მოლი 1 ლიტრში) და გახსნისას ნაწილობრივად იშლება შემადგენელ ნაწილებად—ქინონად და ჰიდროქინონად:



ჰიდროქინონი თავის მხრივ მცირედ განიცდის დისოციაციას ქინონად და წყალბადად



(10) რეაქციის დისოციაციის მუდმივა ტოლია

$$K = \frac{[C_6H_4O_2][H_2]}{[C_6H_4(OH)_2]} \quad (11)$$

სურ. 18. ქინჰიდრონის ელექტროდი: 1—პლატინის ფირფიტა; 2—მინის მილი, ვერცხლისწყლით; 3—ქინჰიდრონის ნალექი.

რადგან ხსნარში, რომელიც გაჯერებულია ქინჰიდრონით, ქინონისა და ჰიდროქინონის კონცენტრაციები ტოლია, ამიტომ წყალბადის კონცენტრაცია უდრის სიდიდეს.

ქინჰიდრონის ელექტროდი შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც წყალბადის ელექტროდი, რომლის წნევა მეტად მცირეა (დაახლოებით 10^{-24} ატ). ხსნარში, რომელიც შეიცავს 1 გრამ-იონ H^+ -ს 18° -ის დროს, $E_{ქინ} = +0,7044$ ვოლტს წყალბადის ელექტროდის პოტენციალთან შედარებით.

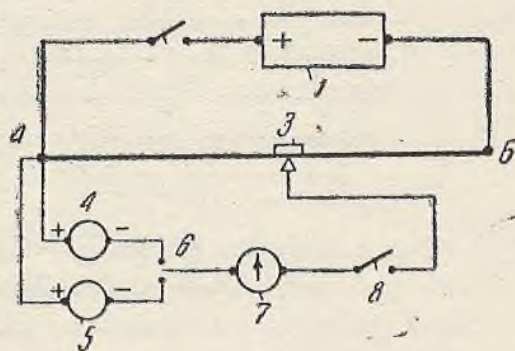
ქინჰიდრონის პოტენციალი მეტად სწრაფად მყარდება და შენარჩუნებული რჩება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. მით მუშაობას ატარებენ შემდეგნაირად: საკვლევ ხსნარში, რომლის $pH < 7$, შეაქვთ ქინჰიდრონი ისეთი რაოდენობით, რომ მიიღონ ნაჯერი ხსნარი. ხსნარს ქინჰიდრონის ნალექით აჯერებენ და მის შემდეგ, როდესაც ნალექი დაილექება ჭურჭლის ფსკერზე, შეაქვთ ხსნარში მოუპლათინებელი პლათინის ელექტროდი.

გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ. გაზომვისათვის საჭირო დანადგარის აღწერა

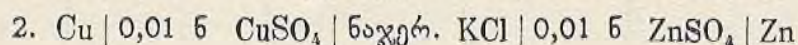
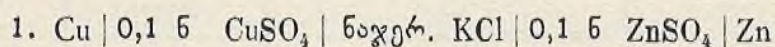
ხელსაწყოს აწყობენ კომპენსაციური მეთოდის პრინციპზე, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 12-ზე, მაგრამ ჯაჭვში გამოსაკვლევ ელემენტსა 5 და კადმიუმის ნორმალურ ელემენტს 4 ჩართავენ პარალელურად (სურ. 19). იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს სურვილისამებრ მათი ერთ-ერთის ჩართვა, მათ უარყოფით პოლუსებს მიუერთებენ გადამრთველს 6.

ცდის ჩატარების დროს აკუმულატორს, ორივე ელემენტსა და კაპილარულ ელექტრომეტრს მცირე დროის განმავლობაში ჩართავენ; რისთვისაც წრედში ამომრთველებს 2 და 3 ჩართავენ.

ცდა 1. სპილენძ-თუთიის გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ-ის გაზომვა. აწყობენ დანადგარს ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია იყო ზემოთ. შეადგენენ წრედს სპილენძისა და თუთიის ელექტროდებისაგან (სურ. 15) ხსნარების სხვადასხვა კონცენტრაციით.



სურ. 19. დანადგარის სქემა ე. მ. ძ. განსაზღვრისათვის: 1—აკუმულატორი; 2, 3—ამომრთველები; 4—ნორმალური ელემენტი; 5—გამოსაკვლევ ელემენტი; 6—ორმაგი გადამრთველი; 7—გალვანომეტრი; AB—რეოქორდი.



აწარმოებენ კომპენსაციის წერტილის მონახვას კადმიუმის ელემენტისათვის, რისთვისაც წრედში ჩართავენ აკუმულატორსა და კადმიუმის ნორმა-

ლურ ელემენტს. AB რეოქორდზე მოძრავი კონტაქტის 3 გადაადგილებით და დროგამოშვებით ამომრთველის 8 ჩართვით, აკვირდებიან გალვანომეტრის ისრის მოძრაობას ან ვერცხლისწყლის მდგომარეობას კაპილარულ ელექტრომეტრში.

კომპენსაციის მომენტი განისაზღვრება იმით, რომ გალვანომეტრის ისარი დადგება ნულოვან დანაყოფზე, ხოლო კაპილარულ ელექტრომეტრში კი ვერცხლისწყალი უძრავად დარჩება. მაშინ აითვლიან რეოქორდის მოძრავი კონტაქტის მდებარეობას, ათვლას იწყებენ სახაზავის იმ ბოლოდან, რომელზედაც მიერთებულია ნორმალური ელემენტი. ამ დაკვირვების სამჯერ განმეორების შემდეგ გაიანგარიშებენ საშუალო არითმეტიკულ სიდიდეს.

ნორმალურ ელემენტს გამორთავენ და მის ადგილზე ჩართავენ მარილის 0,1 ნ კონცენტრაციანი სპილენძ-თუთიის ელემენტს, რომლისთვის ისევე როგორც ნორმალური ელემენტისათვის, საზღვრავენ კომპენსაციის მომენტში რეოქორდის მოძრავი კონტაქტის მდებარეობას.

გალვანური წრედის ე. მ. d-ას გაიანგარიშებენ ფორმულით:

$$E_x = E_6 \frac{a_1}{a},$$

სადაც a —არის რეოქორდის დანაყოფების რიცხვი კომპენსაციის მომენტში ნორმალური ელემენტისათვის;

a_1 —რეოქორდის დანაყოფების რიცხვი კომპენსაციის მომენტში გამოსაკვლევი ელემენტისათვის;

E_6 — ნორმალური ელემენტის ე. მ. d.

იმავე გაზომვებსა და გაანგარიშებებს აწარმოებენ წრედისათვის, რომლის მარილის კონცენტრაცია 0,01 ნ-ის ტოლია.

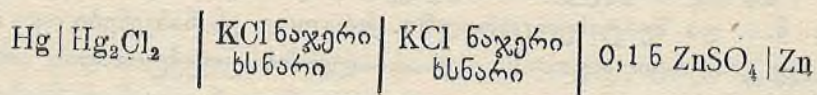
მე-2 ტაბულის (იხ. დანართი) გამოყენებით გამოითვლიან ე. მ. d. მნიშვნელობას ამ წრედისათვის ფორმულით:

$$E_x = E_0(\text{Cu}^{++}) - E_0(\text{Zn}^{++}) + \frac{0,058}{n} \lg \frac{C_{\text{Cu}^{++}}}{C_{\text{Zn}^{++}}} \dots \dots \dots (12)$$

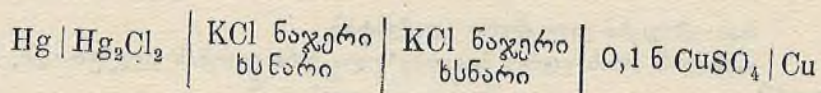
დაკვირვებისა და გაანგარიშების შედეგების ჩაწერის ფორმა

წრედი	a მმ	a_1 მმ	E_x (ცდიდან)	E_x (გაანგარიშებული)	ცდომილება %-ში

ცდა 2. ცალკეული ელექტროდის პოტენციალის გაზომვა. ცალკეული ელექტროდის პოტენციალის გაზომვისათვის საჭიროა შევადგინოთ წრედი, რომელშიაც ერთ ელექტროდს წარმოადგენს წყალბადის ნორმალური ელექტროდი, რომლის პოტენციალი პირობით მიღებულია ნულის ტოლად, ხოლო მეორე ელექტროდს გამოსაკვლევი ელექტროდი. პრაქტიკულად ყურო მოხერხებულია წყალბადის ელექტროდის ნაგიერ კალომელის ელექტროდის გამოყენება. თუთიის პოტენციალის განსაზღვრისათვის გვექნება შემდეგი წრედი:



სპილენძისათვის კი:



ზომავენ ვერცხლისწყალი-თუთიის ე. მ. დ. ისე, როგორც ეს ზემოთ იყო აღწერილი. ვიცით რა, რომ გაღვანური ელემენტის ე. მ. დ. ცალკეული ელექტროდების პოტენციალთა სხვაობის ტოლია, შეგვიძლია გავიანგარიშოთ გამოსაკვლევი ელემენტის პოტენციალი, რომელიც ტოლი იქნება ე. მ. დ. და შესაძარი ელემენტის პოტენციალთა სხვაობის.

ამავე მეთოდით ზომავენ ე. მ. დ. ვერცხლისწყალი-სპილენძის და გაიანგარიშებენ სპილენძის ელექტროდის პოტენციალს;

$$E = E_0 + \frac{0,058}{2} \lg c$$

ფორმულის გამოყენებით, მონახვენ თუთიისა და სპილენძის ელექტროდის პოტენციალებს 0,1 N და 0,01 N კონცენტრაციის ხსნარებისათვის და მას უღით მიღებულ სიდიდეს ადარებენ.

დაკვირვებისა და გაანგარიშების შედეგების ჩაწერის ფორმა

ელექტროდი	ე. მ. დ. გაზომვები $E = E_0 - \frac{a_1}{a}$	ცალკეული ელექტროდის პოტენციალი (ცდიდან)	ცალკეული ელექტროდის პოტენციალი (გაანგარიშებული)

მუშაობის ანგარიში

1. ჩაიხაზოს დანადგარის სქემა ე. მ. ძ-ის კომპენსაციური მეთოდით განსაზღვრისათვის.

2. ჩაიხაზოს დანადგარის სქემა გალვანური ელემენტის ე. მ. ძ-ის განსაზღვრისათვის და აღწერეთ ცდის მსვლელობა.

3. ჩაიხაზოს ნორმალური ელემენტის, წყალბადისა და კალომელის ელექტროდების სქემა.

4. მიღებული შედეგების საფუძველზე გაიანგარიშეთ საკვლევი ელემენტების ე. მ. ძ. და შეიტანეთ ცხრილში, როგორც ეს ნაჩვენებია იყო მუშაობაში.

იგივე გააკეთეთ თუთიისა და სპილენძის ელექტროდის პოტენციალების განსაზღვრისათვის.

საკონტროლო კითხვები

რას ეწოდება გალვანური ელემენტი?

რისთვის არის უფრო მოხერხებული ქინძიდრონის ელექტროდი, ვიდრე წყალბადის?

ყოველთვის შეიძლება თუ არა გამოყენებულ იქნას ქინძიდრონის ელექტროდი?

როგორ გაიანგარიშოთ რისი ტოლია ე. მ. ძ. ელემენტისა, რომელიც შედგება Al და Pb; Mg და Al; Fe და Ni გამოყენებული ელექტროდიტების ნორმალური კონცენტრაციების დროს?

როგორ გალვ ნურ ელემენტს ეწოდება კონცენტრაციული?

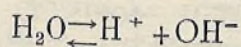
ლიტერატურა

А. И. Бродский, Физическая химия, т. II, гл. XX, § 446—460, 1948.

П. П. Митрофанов и С. Е. Северин, Учебник физической и коллоидной химии, гл. XII, § 94—101, 1948.

7. წყალბადის იონთა კონცენტრაციის განსაზღვრა

წყლის უნარი დისოცირებისა იონებად H^+ და OH^- მოქმედ მასათა კანონის თანახმად შეიძლება გამოისახოს დისოციაციის მუდმივით:



სიდიდანაც

$$K = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]} \dots \dots \dots (1)$$

წყლის დისოციაციის მუდმივას სიდიდე (25° დროს) ტოლია $1,8 \cdot 10^{-16}$. წყალბადის H^+ და ჰიდროქსიდის OH^- კონცენტრაციის უმნიშვნელო სიდიდის გამო წყლის არადისოცირებული მოლეკულების კონცენტრაცია მუდმივ სიდიდედ შეიძლება ჩაითვალოს. თუ მას გამოვსახავთ მოლებით 1 ლიტრში, მივიღებთ:

$$[H_2O] = \frac{1000}{18} = 55,56 \text{ მოლს } 1 \text{ ლიტრში;}$$

(1) ფორმულიდან:

$$K = \frac{[H^+] \cdot [OH^-]}{55,56} \text{ ან } 55,56 K = [H^+] \cdot [OH^-].$$

ეს ჩავსვათ K -ს მნიშვნელობას მივიღებთ:

$$55,56 \cdot 1,8 \cdot 10^{-16} = 1 \cdot 10^{-14},$$

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

ამრიგად, წყალში არსებული $[H^+]$ და $[OH^-]$ თავისუფალი იონების კონცენტრაციის ნამრავლი მუდმივი ტემპერატურის დროს მუდმივ სიდიდეს წარმოადგენს; ამ სიდიდეს წყლის იონური ნამრავლი ეწოდება. წყლის იონური ნამრავლი K_w არ უნდა გაავივივოდ დისოციაციის მუდმივთან K , რადგან ეს უკანასკნელი $55,56$ -ჯერ ნაკლებია პირველზე.

სუფთა წყალში და ნეიტრალურ ხსნარში გვაქვს:

$$[H^+] = [OH^-] = \sqrt{K_w} = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} \text{ გრამ-იონს } 1 \text{ ლიტრში.}$$

მეავე ხსნარში წყალბადის იონთა კონცენტრაცია 10^{-7} -ზე მეტია, ხოლო ტუტე ხსნარში კი 10^{-7} -ზე ნაკლები. მაგ, 0,01 N მეავეში, თუ $\alpha=1$, მაშინ $[H^+] = 10^{-2}$, ხოლო $[OH^-]$ კი შეიძლება ადვილად განისაზღვროს ფორმულით.

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14},$$

საიდანაც

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} = 10^{-12}.$$

იმის გამო, რომ წყალბადის იონთა კონცენტრაცია გამოისახება უარყოფითი მაჩვენებლიანი რიცხვით, უფრო მოხერხებულია გამოვიყენოთ ეგრეთ-წოდებული წყალბადის მაჩვენებელი, რომელიც აღინიშნება pH-ით და ტოლია წყალბადის იონთა კონცენტრაციის ლოგარითმის უარყოფითი ნიშნით:

$$-\lg [H^+] = \text{pH}$$

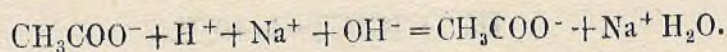
ასე მაგ., როდესაც $[H^+] = 10^{-4}$

$$\text{pH} = -\lg [H^+] = -\lg [10^{-4}] = 4.$$

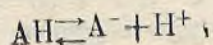
ამრიგად, pH გამოისახება მცირე რიცხვით, რაც გაცილებით აადვილებს გაანგარიშებას.

წყალბადის იონების H^+ (ან OH^-) კონცენტრაცია არ შეიძლება განისაზღვროს გატიტერის საშუალებით; ყოველი მეავეს ტუტით გატიტერის. სპიდროქსილის იონები შედის რეაქციაში წყალბადთან და წარმოქმნის მცირედ დისოცირებულ წყლის მოლეკულებს; წონასწორობა მეავეს დისოცირებულ და არადისოცირებულ მოლეკულებს შორის ამის გამო ირღევეა, რის შედეგად ადგილი აქვს მეავეს ახალი და ახალი მოლეკულების დისოციაციას. სანამ ადგილი არ ექნება მეავეს მთლიან ნეიტრალიზაციას.

ეს კარგად ჩანს შემდეგი განტოლებიდან:



მაშასადამე, წყალბადის იონების კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ ისეთი ხერხი, რომელიც არ იმოქმედებს წონასწორობაზე:



სადაც AH —მჟავაა.

A^- და H^+ იონებია, რომლებზედაც იგი იშლება.

წყალბადის იონების განსაზღვრის ყველაზე უფრო გავრცელებულ მეთოდს წარმოადგენს ელექტრომეტრული და კოლორიმეტრული, ან ინდიკატორული მეთოდი.

рН განსაზღვრის ელექტრომეტრული მეთოდი

წყალბადის იონთა კონცენტრაციის განსაზღვრას ელექტრომეტრული მეთოდით საფუძვლად უდევს იმ კონცენტრაციული წრედის ე. მ. დ. ის გაზომვა, რომელიც შედგება წყალბადის ორი ელექტროდისაგან (ნახევარელემენტებისაგან); წყალბადის ერთი ელექტროდი ჩაშვებულია გამოსაჰყვავ სითხეში, რომლის პოტენციალი ტოლია E_x , ხოლო მეორე ჩაშვებულია ნორმალურ ხსნარში და წყალბადის ნორმალურ პოტენციალს E_n გვაძლევს. მაშინ ამ ელექტროდების პოტენციალთა მნიშვნელობა შესაბამისად ტოლი იქნება:

$$E_x = -0,058 \lg \frac{P}{K[H^+]} \text{ და } E_n = -0,058 \lg \frac{P}{K},$$

სადაც P — ხსნადობის ელექტროლიტური დრეკადობაა.
ასეთი ელემენტის ე. მ. დ. ტოლი იქნება:

$$\begin{aligned} E &= E_n - E_x = -0,058 \lg \frac{P}{K} - \left(-0,058 \lg \frac{P}{K[H^+]} \right) = \\ &= 0,058 \lg \frac{P}{K[H^+]} - 0,058 \lg \frac{P}{K} = 0,058 \lg \frac{P \cdot K}{K[H^+] \cdot P} = \\ &= 0,058 \lg \frac{1}{[H^+]} = 0,058 (-\lg [H^+]). \end{aligned}$$

რადგან $-\lg [H^+] = \text{pH}$, ამიტომ $E = 0,058 \text{ pH}$.

ამედან

$$\text{pH} = \frac{E}{0,058}.$$

თუ წყალბადის ნორმალური ელემენტის მაგიერ კალომელის ელექტროდს გამოვიყენებთ, მაშინ ელექტრომეტრული მეთოდით рН-ის გაანგარიშებისათვის ფორმულა მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\text{pH} = \frac{E - 0,2816}{0,058}.$$

* 1.0 ნორ. KCl ხსნარის კალომელის ელექტროდის პოტენციალი ტოლია 0,2816 ვოლტის.

ელექტროდთა შორის პოტენციალთა სხვაობის გაანგარიშებისათვის, ან გამოსაკვლევი ელემენტის (შემდგარი წყალბადისა და კალომელის ელექტროდებისაგან) ელექტრომომოძრავებელი ძალის განსაზღვრისათვის იყენებენ კომპენსაციურ მეთოდს, რომელიც აღწერილი იყო წინა მუშაობაში.

მუშაობის მიზანი

წყალბადის ან ქინჰიდრონის ელექტროდის გამოყენებით წყალბადის იონების კონცენტრაციის განსაზღვრის ელექტრომეტრულ მეთოდთან გაცნობა.

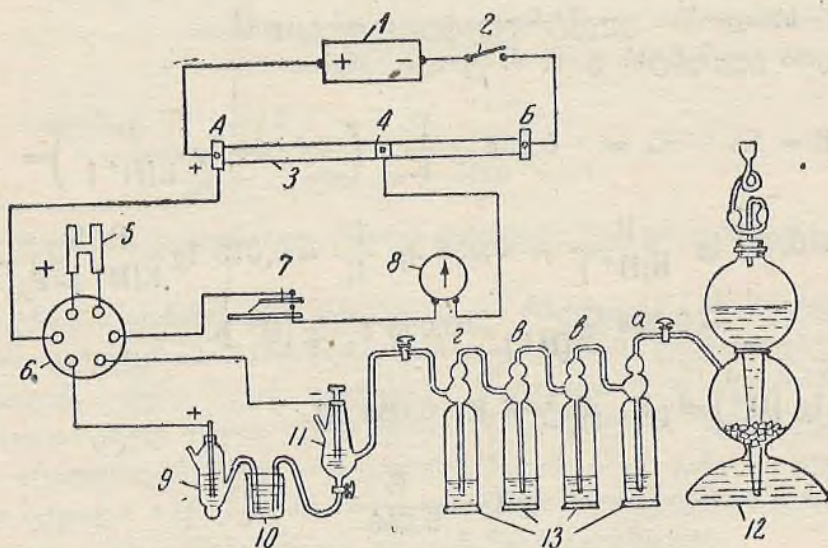
მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ტყვიის აკუმულატორი; რეოქორდი; ერთპოლუსიანი გადამრთველი აკუმულატორისათვის; ორმაგი გადამრთველი; ამომრთველი; კადმიუმის ნორმალური ელემენტი; წყალბად-კალომელის ელემენტი; გალვანომეტრი; სპილენძის გამტარები; აპარატი სუფთა წყალბადის მისაღებად; კრისტალური ქინჰიდრონი.

ხსნარები სულემის, პიროგალლისა და კალიუმის პერმაგანატის.

დანადგარის აღწერა

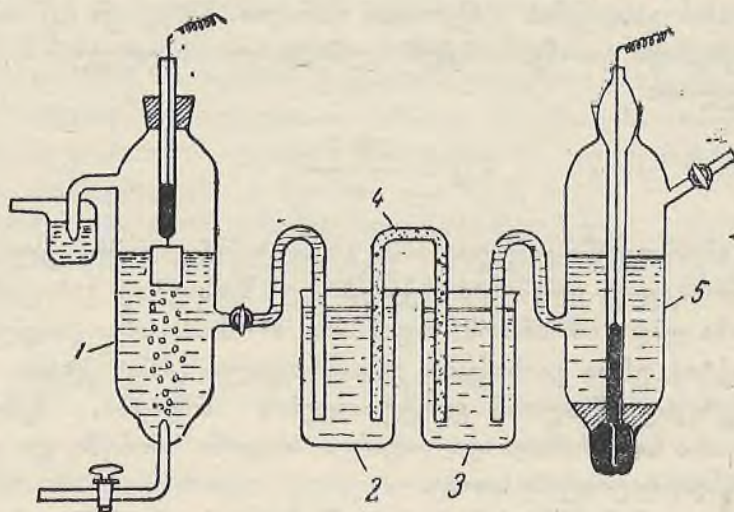
დანადგარი pH-ის ელექტრომეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის დამყარებულია ე. მ. დ. კომპენსაციური მეთოდით განსაზღვრის პრინციპზე



სურ. 20. დანადგარის სქემა pH-ის ელექტრომეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის: 1—აკუმულატორი; 2, 7—გასაღები; 3—რეოქორდი; 4—მომრავი კონტაქტი; 5—ნორმალური ელემენტი; 6—ორმაგი გადამრთველი; 8—გალვანომეტრი; 9—კალომელის ელექტროდი; 10—ქიქა კალიუმის ქლორიდის ხსნარით; 11—წყალბადის ელექტროდი; 12—აპარატი წყალბადის მისაღებად; 13—წყალბადის ჩამრეცხები.

(სურ. 20); მისი სქემა განსხვავდება 19 სურ-ზე მოცემულ სქემისაგან, იმ ხელსაწყოების განლაგებით, რომლებსაგანაც შედგება წყალბადის ნახევარელ-

მენტი. აპარატიდან 12, რომელშიაც ლებულობენ წყალბადს, წყალბადს თან-
მიმდევრობით ოთხ ჩამრეცხში ატარებენ. ჩამრეცხი *a* შეიცავს 2—3% KMnO_4
ხსნარს; ჩამრეცხი *b* შეიცავს პიროგალოლის ტუტთან ხსნარს (100 მლ წყალში
5 გ კალიუმის ტუტე და 20—30 გ პიროგალოლი); *b* ჩამრეცხში მოთავ-
სებულია სულემის ნაჯერი ხსნარი; *c* ჩამრეცხში—გამოხდილი წყალი.



სურ. 21. წყალბად-კალიუმის ელემენტის სქემა: 1—წყალბად-
დის ელექტროდი; 2, 3—ჭიქები კალიუმის ქლორიდის ხსნარ-
ით; 4—მილი აგარ-აგარით; 5—კალიუმის ელექტროდი.

ზშირად ერთი შემაერთებული ჭურჭლის 10 მაგიერ, რომელშიც მოთავ-
სებულია კალიუმის ქლორიდის ხსნარი, იყენებენ ორ ჭურჭელს (სურ. 21).
ჭიქებში 2 და 3 ასხამენ კალიუმის ქლორიდის ნაჯერ ხსნარს; მათ აერთებენ
„ხილით“ 4—მინის მილით, რომელიც მოხრილია ორ ადგილზე სწორი კუთ-
ხით და გავსებულია აგარ-აგარის ლაბას ხსნარით, რომელიც მოხარშულია
კალიუმის ქლორიდის გაჯერებულ ხსნარზე. ამას აკეთებენ იმისათვის, რომ
თავიდან აიცილონ დიფუზიური პოტენციალის წარმოქმნა არაერთ-
ნაირი კონცენტრაციის ელექტროლიტების ხსნარების შეხების ადგილზე.

ცდა 1. pH-ის განსაზღვრა წყალბადის ელექტროდის გა-
მოყენებით. ააწყობენ რა დანადგარს სქემის მიხედვით (სურ. 20), შეა-
მოწმებენ ყველა შეერთების სისწორეს, რის შემდეგ პლატინის ელექტრო-
დიან ჭურჭელში ჩაასხამენ გამოსაკვლევ სითხეს და ჭურჭელს საცობს დაუცო-
ბენ. სითხეს ჩაასხამენ იმდენს, რომ პლატინის ელექტროდი ნაწილობრივად
იყოს ჩაყურსული სითხეში. შემდეგ უშვებენ წყალბადს ისეთი სიჩქარით, რომ
შესაძლებელი იყოს აირის ბუშტულაკების დათვლა. წყალბადის გატარება სა-
ჭიროა 15—20 წუთის განმავლობაში, პლატინის წყალბადით გაჯერებამდე;
აყენებენ ორმაგ გადამრთველს ისეთ მდგომარეობაში, რომლის დროსაც ჩარ-
თული იქნება მხოლოდ ეს ელემენტი და არ იქნება ჩართული აკუმულატორი;

აჭერენ ხელს 7 გასაღებს მყისიერად* (სურ. 20) წყალბადის დენის შეუწყვეტლებ. თუ გალვანომეტრის ისარი (არ უნდა დაგვაიწყდეს არეტირის გათავისუფლება). მოძრაობს სქემა შეკრებილია სწორად. შემდეგ ჩართავენ აკუმულატორს. აჭერენ 7 გასაღებს მყისიერად და თვალყურს ადევნებენ გალვანომეტრის ისარს. მოძრაობა კონტაქტის გადაადგილებით და გასაღების დაჭერით აღწევნენ მოძრაობა კონტაქტის ისეთ მდგომარეობას, რომლის დროსაც გალვანომეტრის ისარი გასაღების დაჭერისას უძრავია. ჩასწერენ (a) სახაზავის დანაყოფთა რიცხვს და გაიანგარიშებენ აკუმულატორის ელექტრომომძრავებელ ძალას ფორმულით:

$$E_{აკ} = \frac{1018}{a}$$

შემდეგ ამორთავენ აკუმულატორს, გადაიტანენ გადამრთველს და სქემაში ჩართავენ გამოსაკვლევ ელემენტს. აჭერენ ხელს მყისიერად გასაღებს: გალვანომეტრის ისარმა უნდა იმოძრაოს. თუ ისარი არ მოძრაობს (სადაც დარღვეულია კონტაქტი), უნდა გაისინჯოს გადამრთველის კონტაქტები, გამტარების შეერთება ვერცხლისწყალთან ელექტროდების მილაკში, შემოწმდეს ჩაშვებულია თუ არა საკმარისად აგარ-აგარის სიფონი სითხეში და თუ არ არის ჩაშვებული უნდა დაემატოს სითხე.

შეერთებათა შემოწმების შემდეგ განსაზღვრას იწყებენ.

ჩართავენ აკუმულატორს. დააჭერენ რა გასაღებს და გადასწევენ მოძრაობა კონტაქტს, ისევე პოულობენ მის ისეთ მდგომარეობას, რომლის დროსაც ისარი უძრავია გასაღებზე დაჭერისას. ჩასწერენ დანაყოფთა რიცხვს a_1 . ამ განსაზღვრას იმეორებენ რამდენიმეჯერ, სანამ არ მიიღებენ ერთი და იმავე შედეგს, რადგან წყალბადით პლატინის გაჟღენთისა და მიხედვით პოტენციალი იზრდება განსაზღვრულ ზღვარამდე და აღწევს მაქსიმუმს სრული გაჟღენთის დროს.

გამოსაკვლევი ელემენტის ელექტრომომძრავებელ ძალას გაიანგარიშებენ შემდეგი ფორმულით:

$$E = \frac{E_{აკ} \cdot a_1}{1000}$$

სურ. 22. ჰინზიდრონ-კალომელის ელემენტის სქემა: 1—ჰინზიდრონის ელექტროდი; 2—კალომელის ელექტროდი; 3—ჰიქა გამოსარკვევი ხსნარით; 4—ჰიქა კალიუმის ქლორიდის ნაჯერი ხსნარით; 5—მილი აგარ-აგარით.

* როგორც ნორმალურ ელემენტს, ისე საკვლევი წყალბად-კალომელის ელემენტს ახასიათებს მცირე ტევადობა. ამიტომაც სარგებლობენ გასაღებით წრედის ძლიერ მცირე დროის განმავლობაში ჩასაკეტად (მყისიერად).

მიღებულ E_x მნიშვნელობას ჩასვამენ pH-ის გასაანგარიშებელ ფორმულაში:

$$pH = \frac{E_x - 0,2816}{0,058}.$$

განსაზღვრის დამთავრებისთანავე ამორთავენ აკუმულატორს (რომ უქმად არ განიტვირთოს) და წყალბადის მისაღებად გამოყენებულ აპარატს.

ცდა 2. pH-ის განსაზღვრა ქინჰიდრონის ელექტროდის გამოყენებით. იმის გამო, რომ წყალბადის ელექტროდის გამოყენება დაკავშირებულია სხვადასხვა სირთულესთან, ხშირად წყალბადის იონების კონცენტრაციის განსაზღვრისათვის იყენებენ ქინჰიდრონის ელექტროდს, რომლის მოწყობილობა და დამზადება აღწერილი იყო წინა თავში.

ქინჰიდრონის პოტენციალის სიდიდე დამოკიდებულია ხსნარში არსებული წყალბადის იონების კონცენტრაციაზე და შეიძლება გამოთვლილ იქნეს ფორმულით

$$E = E_0 + \frac{RT}{F} \ln [H^+] = 0,7044 + 0,058 \lg [H^+] \text{ ვ}^*.$$

ამის გამო ეს ელექტროდი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს pH-ის განსაზღვრისათვის. სწორ შედეგებს ის იძლევა მჟავე და ნეიტრალურ ხსნარებში, რომელთა კონცენტრაცია არ არის დიდი (0,1 ნ). რადგან ჰიდროქინონი წარმოადგენს სუსტ მჟავას, ტუტე ხსნარში ($pH \geq 7$) მისი გამოყენება არ შეიძლება.

სურ. 22-ზე ნაჩვენებია ქინჰიდრონის ელექტროდის 1 შეერთება კალუმელის 2 ელექტროდთან, სადაც შემადგენელ „ხილად“ გამოყენებულია აგარ-აგარი, რომელიც აერთებს ჭიქაში 3 მოსათავსებელ საკვლევ სითხესა და ჭიქაში 4 მოთავსებულ კალიუმის ქლორიდის ნაჯერ ხსნარს. ამ ელემენტის ე. მ. დ. გაიანგარიშება შემდეგი ფორმულით

$$\begin{aligned} \text{ე. მ. დ.} &= E_{\text{ქინ.}} - E_{\text{კალ.}} = 0,7044 + 0,058 \lg [H^+] - 0,2816 = \\ &= 0,4228 + 0,058 \lg [H^+], \end{aligned}$$

საიდანაც

$$\lg [H^+] = \frac{\text{ე. მ. დ.} - 0,4228}{0,058}$$

და

$$pH = - \lg [H^+] = \frac{0,4228 - \text{ე. მ. დ.}}{0,058}.$$

მუშაობის ანგარიში

1. ჩახაზეთ pH-ის ელექტრომეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის საჭირო დანადგარის სქემა.

* იხ. ფორმულები (2), (3) და (4) გვ. 33, 40.

2. მოამზადეთ ტაბ. 3-ში (იხ. დან.) ნაჩვენები ერთ-ერთი ბუფერული ნარევი და განსაზღვრეთ მისი pH.

3. აღწერეთ კალომელის ელექტროდისა და ნორმალური კადმიუმის ელემენტის მოწყობილობა.

საკონტროლო კითხვები

რას ეწოდება წყალბადის მაჩვენებელი?

გაიანგარიშეთ რას უდრის pH, თუ წყალბადის იონების კონცენტრაცია ტოლია 10^{-5} .

მოცემულია, რომ წყალბადის იონთა კონცენტრაცია ტოლია 10^{-9} ; გაიანგარიშეთ რას უდრის მოცემული ხსნარისათვის ჰიდროქსიდის იონების კონცენტრაცია.

რა უპირატესობა აქვს ჰინდრონის ელექტროდს წყალბადის ელექტროდის წინაშე?

რა შემთხვევაში შეიძლება მისი გამოყენება?

რაზედ არის დამოკიდებული ხსნარის მჟავიანობა და ტუტეიანობა?

რატომ არ შეიძლება გატიტრით განესაზღვროთ წყალბადის იონთა კონცენტრაცია?

pH-ის განსაზღვრა ინდიკატორების საშუალებით

წყალბადის იონების კონცენტრაციის განსაზღვრის ერთ-ერთ მარტივ მეთოდს წარმოადგენს კოლორიმეტრული მეთოდი, რომელიც სიზუსტის მხრივ ჩამორჩება ელექტრომეტრულს.

ეს მეთოდი დამყარებულია იმ მოვლენაზე, რომ სხვადასხვა ინდიკატორის შეფერვის ცვალებადობა ხდება წყალბადის იონების სხვადასხვა კონცენტრაციის დროს.

ინდიკატორები შეიძლება განვიხილოთ როგორც სუსტი ფუძეები ან მჟავები, რომელთა არადისოცირებულ მოლეკულებს სხვა შეფერვა აქვთ, ვიდრე დისოციაციის შედეგად მიღებულ ანიონებს ან კათიონებს.

მჟავა—ინდიკატორისათვის წონასწორული მდგომარეობა შეიძლება გამოისახოს შემდეგი განტოლებით:

$$\frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]} = K,$$

სადაც $[H^+]$ —არის წყალბადის იონების კონცენტრაცია;

$[A^-]$ —ანიონების კონცენტრაცია;

$[HA]$ —არადისოცირებული მოლეკულების კონცენტრაცია.

მჟავე ხსნარში, ე. ი. წყალბადის იონების მნიშვნელოვანი კონცენტრაციის დროს, ხსნარში ფერადი ანიონები A^- მეტად მცირე რაოდენობით იქნება; ამგვარად, ინდიკატორი და მისი შემცველი ხსნარი მიიღებს არადისოცირებული მოლეკულების შეფერვას.

ტუტეიან ხსნარში, ე. ი. $[H^+]$ მეტად მცირე კონცენტრაციის დროს, პირიქით, ყველა მოლეკული HA თითქმის მთლიანად დისოცირდება და ხსნარი იღებს ინდიკატორის ანიონების შეფერვას.

2. მოამზადეთ ტაბ. 3-ში (იხ. დან.) ნაჩვენები ერთ-ერთი ბუფერული ნარევი და განსაზღვრეთ მისი pH.

3. აღწერეთ კალომელის ელექტროდისა და ნორმალური კადმიუმის ელემენტის მოწყობილობა.

საკონტროლო კითხვები

რას ეწოდება წყალბადის მაჩვენებელი?

გაიანგარიშეთ რას უდრის pH, თუ წყალბადის იონების კონცენტრაცია ტოლია 10^{-5} . მოცემულია, რომ წყალბადის იონთა კონცენტრაცია ტოლია 10^{-9} ; გაიანგარიშეთ რას უდრის მოცემული ხსნარისათვის ჰიდროქსილის იონების კონცენტრაცია.

რა უპირატესობა აქვს კინჰიდრონის ელექტროდს წყალბადის ელექტროდის წინაშე?

რა შემთხვევაში შეიძლება მისი გამოყენება?

რაზედ არის დამოკიდებული ხსნარის მჟავიანობა და ტუტეობა?

რატომ არ შეიძლება გატიტვრით განესაზღვროთ წყალბადის იონთა კონცენტრაცია?

pH-ის განსაზღვრა ინდიკატორების საშუალებით

წყალბადის იონების კონცენტრაციის განსაზღვრის ერთ-ერთ მარტივ მეთოდს წარმოადგენს კოლორიმეტრული მეთოდი, რომელიც სიზუსტის მხრივ ჩამორჩება ელექტრომეტრულს.

ეს მეთოდი დამყარებულია იმ მოვლენაზე, რომ სხვადასხვა ინდიკატორის შეფერვის ცვალებადობა ხდება წყალბადის იონების სხვადასხვა კონცენტრაციის დროს.

ინდიკატორები შეიძლება განვიხილოთ როგორც სუსტი ფუძეები ან მჟავები, რომელთა არადისოცირებულ მოლეკულებს სხვა შეფერვა აქვთ, ვიდრე დისოციაციის შედეგად მიღებულ ანიონებს ან კათიონებს.

მჟავა—ინდიკატორისათვის წონასწორული მდგომარეობა შეიძლება გამოისახოს შემდეგი განტოლებით:

$$\frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]} = K,$$

სადაც $[H^+]$ —არის წყალბადის იონების კონცენტრაცია;

$[A^-]$ —ანიონების კონცენტრაცია;

$[HA]$ —არადისოცირებული მოლეკულების კონცენტრაცია.

მჟავე ხსნარში, ე. ი. წყალბადის იონების მნიშვნელოვანი კონცენტრაციის დროს, ხსნარში ფერადი ანიონები A^- მეტად მცირე რაოდენობით იქნება; ამგვარად, ინდიკატორი და მისი შემცველი ხსნარი მიიღებს არადისოცირებული მოლეკულების შეფერვას.

ტუტეან ხსნარში, ე. ი. $[H^+]$ მეტად მცირე კონცენტრაციის დროს, პირიქით, ყველა მოლეკული HA თითქმის მთლიანად დისოცირდება და ხსნარი იღებს ინდიკატორის ანიონების შეფერვას.

შედგენილია ელექტრომეტრული მეთოდით წარმოებული გაზომვებით მიღებული შედეგების საფუძველზე.

	სინჯარის №								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

I რიგი M - ნიტროფენოლისათვის

ინდიკატორის რაოდენობა მილილიტრებით .	5,2	4,2	3,0	2,3	1,5	1,0	0,56	0,46	0,27
pH	8,4	8,2	8,0	7,8	7,6	7,4	7,20	7,0	6,8

II რიგი II - ნიტროფენოლისათვის

ინდიკატორის რაოდენობა მილილიტრებით . .	4,05	3,0	2,0	1,4	0,94	0,63	0,4	0,25	0,16
pH	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4

III რიგი γ - დინიტროფენოლისათვის

ინდიკატორის რაოდენობა მილილიტრებით . .	6,6	5,5	4,5	3,4	2,4	1,65	1,1	0,51	—
pH	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	—

IV რიგი α - დინიტროფენოლისათვის

ინდიკატორის რაოდენობა მილილიტრებით .	6,7	5,7	4,6	3,4	2,5	1,74	1,20	0,78	0,74
pH	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,40	3,20	3,0	2,8

უაზრობა იქნება № 9 სინჯარის მესამე რიგში დაყენება, რადგან მისი შეფერვა მეტად სუსტია. ოთხ რიგს აყენებენ განსაკუთრებულ შტატივში, რომელიც მოთავსებულია დახურულ ყუთში, როგორც ეს სურ. 23-ზეა ნაჩვენები. pH-ის კოლორიმეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის ხელსაწყო შედგება:

1. 4 შუშისაგან შემოადნეული ინდიკატორების საწყისი ხსნარებით.

2. უნივერსალური ინდიკატორისაგან*, რომელსაც აქვს გადასვლის არე $pH=4,0-8,0$.

3. ექვსი დაკალიბრებული სინჯარისაგან.

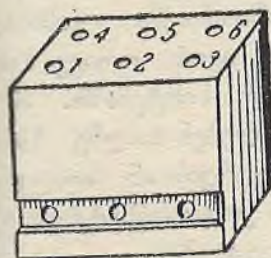
4. მიკავშირებული სინჯარებში მოთავსებული სანიმუშო ხსნარების (ეტალონების) ოთხი რიგისაგან.

5. ფაიფურის სამი პატარა ჯამისაგან.

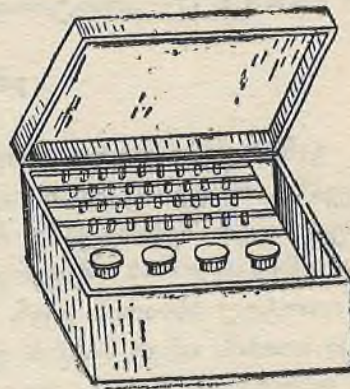
გარდა ამისა საჭიროა კომპორატორი, ექვსი ბუდით, რომელთაც აქვთ მჭრქალი და ლურჯი მინები და ფერადი ტაბულა.

ეს მეთოდი გვაძლევს საშუალებას გავარკვეოთ pH -ის მნიშვნელობა 0,1 სიზუსტით, რადგანაც ყოველი რიგის ერთმანეთის გვერდით მდგომი ეტალონები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან 0,2-ით. pH -ის განსაზღვრისათვის უნდა შევადაროთ იმ ხსნარის შეფერვა, რომელიც მიიღება ერთ-ერთი რომელიმე ძირითადი ინდიკატორის დამატებით, იმავე ინდიკატორული რიგის ეტალონების შეფერვას.

ც და. 3—5 მლ გამოსაკვლევი ხსნარი გადააქვთ ერთ-ერთი ფაიფურის ჯამში, რომელიც ხელსაწყოშია მოთავსებული, და უმატებენ 3—5 წვეთ „უნივერსალურ ინდიკატორს“. გამოსაკვლევი ხსნარის pH -ის სიდიდეს საზღვრავენ 0,5 სიზუსტით, ჯამში მოთავსებული ხსნარის შეფერვის შედარებით უნივერსალური ინდიკატორის ფერად ცხრილთან.



სურ. 24 კომპორატორი.



სურ. 23. ხელსაწყო pH -ის კოლორიმეტრული მეთოდით განსაზღვრისათვის.

უნივერსალური ინდიკატორის საშუალებით ნაპოვნი pH -ის სიდიდის მიხედვით საზღვრავენ იმ ნიტროფენოლს, რომლის ხსნარს შეიძლება ჰქონდეს pH -ის შესატყვისი მნიშვნელობა.

ამის შემდეგ 6 მლ გამოსაკვლევი ხსნარი გადააქვთ სინჯარაში და უმატებენ ტაბულაში ნაპოვნი ერთ-ერთ ძირითად ინდიკატორს 1 მილი-ლიტრის რაოდენობით. ამ დროს უნდა გამოჩნდეს აშკარა, მაგრამ არაინტენსიური შეფერვა.

შეფერადებულ ხსნარიან სინჯარას აღარებენ შესაფერი რიგის ეტალონებს, ე. ი. თუ შეფერვა გამოწვეულია γ -დინიტროფენოლის ხსნარით, მაშინ ფერების შედარება ხდება γ -დინიტროფენოლის რიგის ეტალონებთან.

* უნივერსალური ინდიკატორი წარმოადგენს რამდენიმე ინდიკატორის ნარევს, ხსნარებისათვის სხვადასხვა წყალბადის მაჩვენებლით, მაგ., ხსნარი 1000 მლ სპირტისაგან: 0,4 გ მეთილწითელისა 0,6 გ დიმეთილზოზოტისა და 0,8 გ ბრომთიმოლურ-ჯისაგან.

ამ დროს შეიძლება იყოს ორი შემთხვევა: ა) გამოსაკვლევი ხსნარის შეფერვა ემთხვევა ეტალონის შეფერვას; მაშინ ხსნარის pH იგივეა, რაც ეტალონისა; ბ) ხსნარის შეფერვა უფრო მკრთალია, ვიდრე ერთი რომელიმე ეტალონისა, ხოლო უფრო ინტენსიური, ვიდრე მეორე (მეზობელი) ეტალონის; მაშინ ხსნარის pH განისაზღვრება მეზობელი ეტალონების pH-ის საშუალო არითმეტიკულით. მაგალითად, გამოსაკვლევი ხსნარის შეფერვა, რომელიც გამოწვეულია γ -დინიტროფენოლის ძირითადი ხსნარით მკრთალია ეტალონზე, რომლის $pH=5,0$, მაგრამ უფრო მკაფიოა, ვიდრე ეტალონი, რომლის $pH=4,8$ (γ -დინიტროფენოლის რიგისა); მაშინ გამოსაკვლევი ხსნარის

$$pH = \frac{5,0 + 4,8}{2} = 4,9.$$

განსაზღვრა უფრო რთულდება შეფერილი ან მღვრიე სითხეების შემთხვევაში, როდესაც მათი საკუთარი შეფერვა დაედება ინდიკატორის შეფერვას. ასეთ შემთხვევაში, რომ წარმოებულ იქნეს კოლორიმეტრული შედარება ინდიკატორის შეფერვისა გამოსაკვლევ და სტანდარტულ ხსნარებში, სტანდარტულ ხსნარის უკან, სინათლის სხივების გზაზე, ათავსებენ გამოსაკვლევი სითხის იმავე სისქის ფენას (უინდიკატოროდ). იგი ასრულებს სინათლის ფილტრის როლს და ისე მოქმედებს გამვლელი სხივების ფერზე,



სურ. 25. ხსნარების განლაგების სქემა კომპარატორში.

თითქოს გამოსაკვლევი ხსნარის შეფერადებული ან შეწონილი წილაკები ეტალონის სინჯარაში იმყოფებოდნენ. გამოსაკვლევი ხსნარის უკან ათავსებენ სუფთა წყლიან სინჯარას, რათა სხივთშთანთქმა გამხსნელის მიერ ერთნაირი იყოს ორივე შესაღარებელ ოპტიკურ სისტემაში. ამ საშუალებით, აცილებენ ხოლმე ხსნარის ბუნებრივი შეფერვის ან სიმღვრივის მავნე გავლენას კოლორიმეტრული განსაზღვრების შედეგებზე.

სურ. 24-ზე ნაჩვენებია ხელსაწყო, რომელიც ემსახურება ამ მიზანს — ეგრეთ წოდებული კომპარატორი. ხსნარების განლაგება კომპარატორის გამოყენების დროს ნათლად ჩანს სურ. 25-ზე.

მუშაობის ანგარიში

1. ჩაწერეთ ცდის მონაცემები და მათი საშუალებით გაიანგარიშეთ საკვლევი სითხეების წყალბადის იონთა კონცენტრაცია. ტუტისა და მუგის ხსნარების გამოკვლევის დროს მიღებული შედეგები შეადარეთ ტაბ. 8-ში მოყვანილ მონაცემებს.

2. შეადგინეთ ტაბულა ზემოაღწერილი სტანდარტული ხსნარების დასამზადებლად.

სამონტროლო კითხვები

რაზე არის დამყარებული ინდიკატორების გამოყენება pH-ის განსაზღვრის დროს?

როგორ შეიძლება შევამოწმოთ ინდიკატორული მეთოდით მიღებული შედეგები?

pH-ის მნიშვნელობის რა ფარგლებშია მისაღები ინდიკატორული მეთოდი?

სად ნახულობს პრაქტიკულ გამოყენებას წყალბადის იონთა კონცენტრაციის განსაზღვრის კოლორიმეტრული მეთოდი?

8. პოტენციომეტრული გატიტრება

თუ ელემენტს შევადგენთ მუდმივი პოტენციალიანი ელექტროდისა (მაგ, წყალბადის ნორმალური ან კალომელის ელექტროდისა) და ელექტროდისაგან, რომელიც ჩაშვებულია ისეთ საკვლევ ხსნარში, სადაც იცვლება იონთა კონცენტრაცია, მაშინ ელემენტის ელექტრომომძრავებელი ძალის ცვლილებით შეგვიძლია თვალყურით ვადევნოთ იონების კონცენტრაციის ცვლილებას ხსნარში. ამაზედ არის დამყარებული ხსნარების პოტენციომეტრული გატიტრება, რომელიც გამოიყენება ქიმიური-ოდენობრივი განსაზღვრის დროს ნეიტრალიზაციის, დალექვისა და ჟანგვა-აღდგენის რეაქციებში.

პოტენციომეტრულ გატიტრებას აქვს უპირატესობა ინდიკატორულ მეთოდთან შედარებით, როდესაც ხსნარი ინტენსიურად არის შეფერილი, აგრეთვე მაშინაც, როდესაც ხსნარში გვაქვს იონები, რომლებიც გვაძლევენ ნალექს შეტანილ რეაქტივთან ან ადვილად იცვლიან ვალენტობას. (დასაქანგველი). გარდა ამისა, ეს მეთოდი სასურველ მნიშვნელობამდე pH-ის გატიტრის საშუალებას იძლევა.

ტუტით მჟავას ნეიტრალიზაციის დროს გატიტრის დასაწყისში წყალბადის იონთა კონცენტრაცია მცირედ იცვლება, ეკვივალენტობის წერტილის მახლობლად ის ძლიერ მკეთრად მცირდება, ტუტის მცირე რაოდენობის დამატებით, ეკვივალენტობის წერტილის შემდეგ ის ისევ მცირედ იცვლება. მართლაც, თუ გვაქვს 100 მლ 1 N მჟავას ხსნარი, მაშინ მასზედ 1 N 90 მლ ტუტის მიმატების შემდეგ, მჟავას კონცენტრაცია ტოლი იქნება 0,1 N, ე. ი. შემცირდება 10-ჯერ (ხსნარის მოცულობის შეცვლა მხედველობაში არ მიიღება), წყალბადის ელემენტის პოტენციალი კი 0,058-ით შეიცვლება (იხილეთ 4 ფორმულა გვ. 40).

ხსნარის კონცენტრაციის კიდევ 10 ჯერ შემდგომი შემცირებისათვის, ე. ი. 0,01 N-დე, საჭიროა დაემატოთ მხოლოდ 9 მლ ტუტის ხსნარი.

წყალბადის იონების H^+ კონცენტრაციის ცვლილებისა და წყალბადის ელექტროდის პოტენციალის E შორის თანაფარდობა 0,1 N მარილის სიმჟავის გატიტრის შემთხვევაში 0,1 N ტუტის ხსნარით ნაჩვენებია შემდეგ ტაბულაში.

0,1 N HCl ხსნარის 0,1 N NaOH ხსნარით ნეიტრალიზაციის
დროს pH სიდიდის ცვლილება

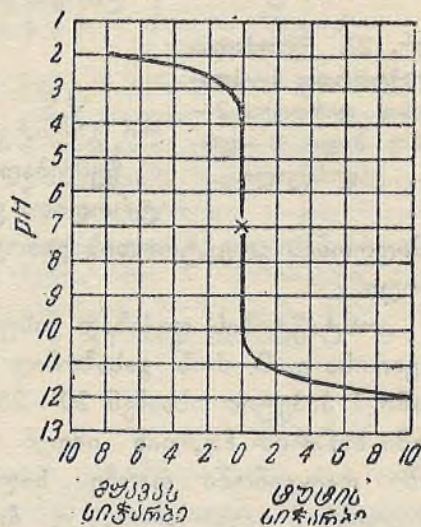
ნეიტრალი- ზებული მჟავა %-ით	მჟავას სი- ჭარბე %-ით	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	ტუტის სიჭარბე %-ით	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH
0	100	10^{-1}	10^{-13}	1	0,1	10^{-10}	10^{-4}	10
90	10	10^{-2}	10^{-12}	2	1,0	10^{-11}	10^{-3}	11
99	1	10^{-3}	10^{-11}	3	10	10^{-12}	10^{-2}	12
99,9	0,1	10^{-4}	10^{-10}	4				
100	0	10^{-7}	10^{-7}	7				

წყალბადის იონების მკვეთრად შეცვლას (10^{-4} და 10^{-10}) ვამჩნევთ ელექტროდების წერტილის მახლობლად, ამასთან დაკავშირებით აქ მკვეთრად ცვლება წყალბადის ელექტროდის პოტენციალიც.

გატიტერის შედეგები შეიძლება გამოვსახოთ გრაფიკულად. აბსცისთა ღერძზე გადმოვჩვენებთ მჟავას ან ტუტის სიჭარბეს, გატიტერის თანდათანობითი ჩატარების მომენტებში, ორდინატთა ღერძზე კი pH-ის შეცვლის სიდიდეებს. მჟავას ან ტუტის ნეიტრალიზაციის წერტილს უბასუხებს $pH=7$ წიშვნელობა*.

ამრიგად მიიღება გატიტერის მრუდი 0,1 N HCl 0,1 N NaOH ხსნარით (და პირიქით), რომელიც ნაჩვენებია სურ. 26-ზე.

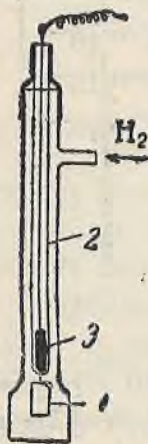
პოტენციომეტრული გატიტერის დროს პრაქტიკაში კომპენსაციური მეთოდით ზომევენ იმ გაღვანურს ელემენტის ელექტრომომძრაველ ძალას, რომლის ერთ ელექ-



სურ. 26. 0,1 N მარილის მჟავას 0,1 N NaOH-ის ხსნარით გატიტერის მრუდი.

* გატიტერის დროს ხსნარის მოცულობა თანდათან იზრდება. მოცულობის ეს ზრდა უწიშვნელოდ ცვლის pH სიდიდეს. მოცულობის ორჯერ გადიდების შემთხვევაში pH-ის გაანგარიშება დაკავშირებულია ცდომილებასთან, რომელიც ტოლია $\lg 2$, ე. ი. 0,3. ამიტომ ამ შემთხვევაში მას მხედველობაში არ ღებულობენ.

ტროდს წარმოადგენს კალომელის ელექტროდი, ხოლო მეორეს წყალბადის ქინჰიდრონის ელექტროდი, ამასთან კალომელის ელექტროდის სიფონი ჩაყურსულია გასატიტრავ ხსნარში. ამ შემთხვევაში გამოყენებული წყალბადის ელექტროდი მოცემულია სურ. 27-ზე. ის უშუალოდ ჩაყურსულია გასატიტრავ ხსნარში. გატიტრების მრუდის მისაღებად ორდინატთა ღერძზე გადაზომავენ ე. მ. ძ-ის სიღრდეს ან რეოქოროდის დანაყოფთა რიცხვს, ხოლო აბსცისთა ღერძზე ხსნარის ტუტის მილილიტრების რაოდენობას.



სურ. 27. წყალბადის ელექტროდი: 1—პლატინის ფირფიტა; 2—მინის მილი; 3—ვერცხლისწყალი.

ამ გზით მიღებული მრუდი საწყისში მიდის მცირე დახრილობით, მაგრამ მკვეთრად იცვლება არეებში, რომლებიც უახლოვდებიან ეკვივალენტობის წერტილს, და მის შემდეგ ისევ უახლოვდება პორიზონტალს.

ეკვივალენტობის წერტილი იმყოფება მრუდის ვერტიკალური მონაკვეთის შუა ადგილზე.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

დანადგარი ე. მ. ძ-ის გაზომვისათვის; 150—200 მლ მოცულობის ჭიქა; 50 მი-ანი ბიურეტი 0,1 მლ დანაყოფებით; პიპეტი 20—25 მლ; კალომელის ელექტროდი; წყალბადის ელექტროდი; ქინჰიდრონის ელექტროდი; კრისტალური ქინჰიდრონი. 1 ნ. მარილის სიმჟავისა და 1 ნ. ნატრიუმის ტუტის ხსნარები.

ც დ ა. ტუტის ხსნარით შეავას პოტენციომეტრული გატიტრვა შეიძლება ჩავატაროთ ორი მეთოდით: ა) წყალბადის ელექტროდით და ბ) ქინჰიდრონის ელექტროდით. გაცილებით მარტივი და სწრაფია გატიტრვა

ქინჰიდრონის ელექტროდის გამოყენებით, ამიტომაც აღწერილი იქნება ეს მეთოდი.

კონტაქტების ფაქიზად გასუფთავების შემდეგ აწარმოებენ აწყობას დანადგარისა ე. მ. ძ-ის გასაზომად სქემით, რომელიც მოცემულია სურ 28-ზე. ჭიქაში 1 პიპეტით ასხამენ 20—25 მლ. HCl უცნობი კონცენტრაციის ხსნარს; ჭიქაში ხსნარით ჩაყრიან იმდენ ქინჰიდრონს, რომ მორევის შემდეგ მისი ქარბი რაოდენობა დარჩეს ნალექის სახით. ოდნავ მოახდენენ პლატინის ფირფიტის 3 გავარვარებას და ჩაუშვებენ მას ხსნარში ისე, რომ პლატინის ფირფიტა შეხებაში მოდიოდეს ქინჰიდრონის ნალექთან. მასშივე ჩაუშვებენ კალომელის ელექტროდის სიფონს 4, რომელსაც წინასწარ არამჰიდროდ ფილტრის ქაღალდის საშუალებით დახურავენ. აწყობილი კალომელ-ქინჰიდრონის ელემენტს ჩართავენ წრედში ელექტრომამოძრავებელი ძალის გასაზომად მჟავე არეში ქინჰიდრონის ელექტროდი კალომელის ელექტროდთან შედარებით დადებითი იქნება.

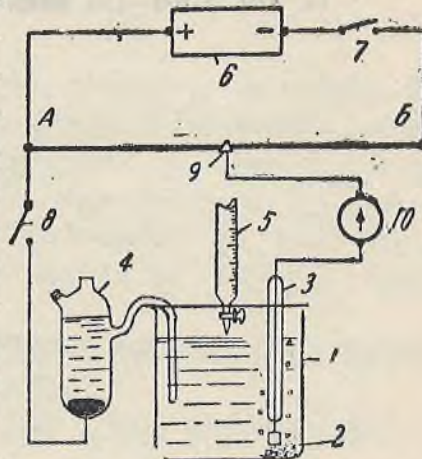
მე-5 ბიურეტს, რომელიც სავესა ცნობილი კონცენტრაციის ტუტითაა ხსნარით, აყენებენ გასატიტრავი მჟავას ხსნარის ზემოთ. შემდეგ გაზომავს აკუმულატორის ე. მ. ძ-ას, როგორც ეს აღწერილია მე-6 სამუშაოში.

ამორთავენ აკუმულატორს 6 ამომრთველის 7 საშუალებით და ჩართავენ წრედში საკვლევ ელემენტს; ამოწმებენ წრედის ჩართვის სისწორეს. ამისათვის შეისიერად დააჭერენ გასაღებს 8 და აკვირდებიან გალვანომეტრის 10 ისარს. თუ ის მოძრაობაში მოდის, მაშინ წრედში გაწყვეტას ადგილი არა აქვს. ჩართავენ აკუმულატორს (მცირე დროით) და AB რეოქორდზე კონტაქტის 9 გადანაცვლებით პოულობენ მის ისეთ მდებარეობას, რომლის დროს გალვანომეტრის ისარი ნულოვან წერტილიდან არ გადაიხრება. აღნიშავენ ამ ჩვენებას.

შემდეგ მეთვას ხსნარს ბიურეტიდან უმატებენ 2 მლ ტუტის ხსნარს, გასატიტრავ ხსნარს კარგად მოურევინ ელექტროდით 3 (ფრთხილად, არ მოამტვრიოთ პლატინა!) და ისევ მონახავენ რეოქორდზე მოძრავი კონტაქტის ისეთ მდებარეობას, რომელზედაც გალვანომეტრის ისარი ნულს ვეჩვენებს. ორ-ორი მლ ტუტის ხსნარის უმატებას აგრძელებენ, სანამ ელექტრომომძრავებელი ძალა მკვეთრად არ შეიცვლება.

ამის შემდეგ უმატებენ 0,1 მლ ტუტის ხსნარს. როდესაც რეოქორდზე მოძრავი კონტაქტი ნულამდე მივა (ტუტე ხსნარში ქინჭიდრონის ელექტროდი კალომელის ელექტროდთან შედარებით უარყოფითია), ელექტროდებს გადართავენ (შეუცვლიან პოლუსებს) და უმატებენ ჯერ 0,1 მლ ტუტეს, ზოლო შემდეგ, როდესაც ელემენტის ელექტრომომძრავებელი ძალა დაიწყებს მცირედ ცვლილებას, 3—4-ჯერ 2 მლ-ს. ყველა შემთხვევაში ტუტის დამატების შემდეგ კარგად მოურევინ ხსნარს და პოულობენ მოძრავი კონტაქტის მდებარეობას რეოქორდზე.

მუშაობის დამთავრების შემდეგ ამორთავენ აკუმულატორს და სითხიდან კალომელის ელექტროდის სიფონს ამოიღებენ. მიღებული შედეგებიდან აგებენ გრაფიკს, სადაც აბსცისთა ღერძზე გადაზომივენ ტუტის ხსნარის მლ-ბის რაოდენობას, ორდინატთა ღერძზე კი ე. მ. ძ-ის სიდიდეს ან კიდევ რეოქორდზე ანათვალს. გრაფიკზე პოულობენ ეკვივალენტობის წერტილს და ვაიანგარიშებენ მეთვას კონცენტრაციას.



სურ. 28. დანადგარის სქემა. პოტენციომეტრიული გატიტრისათვის: 1—ჭიქა გასატიტრავი ხსნარით; 2—ქინჭიდრონის ნალექი; 3—ქინჭიდრონის ელექტროდი; 4—კალომელის ელექტროდი; 5—ბიურეტი; 6—აკუმულატორი; 7—ამომრთველი; 8—გასაღები; 9—მოძრავი კონტაქტი; 10—გალვანომეტრი.

მუშაობის ანგარიში

1. ჩახაზეთ პოტენციომეტრიული გატიტრისათვის დანადგარის სრული სქემა.

2. ახსენით რატომ პოტენციომეტრული გატიტვრა უფრო მოსახერხებელია ქინჰიდრონის ელექტროდით.

3. დახაზეთ პოტენციომეტრული გატიტვის მრუდი და მონახეთ ნეიტრალიზაციის წერტილი.

ლიტერატურა

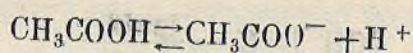
- А. И. Бродский, Физическая химия, т. II, гл. XXI, § 482, 1948.
П. Н. Митрофанов и С. Е. Северин, Учебник физической и коллоидной химии, гл. XIII, § 102—110, 1948.

9. გუფერული ნარევის მომზადება და მათი თვისებები

შეიძლება დავამზადოთ ისეთი ხსნარები, რომლებიც ინარჩუნებენ წყალბადის იონთა კონცენტრაციის მუდმივობას ყოველი ხსნარისათვის გარკვეულ ფარგლებში, მათში მცირე რაოდენობის ტუტეებისა და მჟავების დამატების დროს და აგრეთვე მათი განზავების დროს; ასეთ ხსნარებს გუფერული ნარევი ეწოდება. მათ ამზადებენ სუსტი მჟავებისა და მათი მძლავრი ფუძის მარილების ნარევის სახით ან სუსტი ფუძისა და მძლავრი მჟავების მარილის ნარევის სახით.

გავარჩიოთ გუფერული ნარევის მოქმედების მექანიზმი ძმრის მჟავასა და ნატრიუმის ძმრის მჟავას მარილის მაგალითზე.

ძმრის მჟავას წყალხსნარში ადგილი აქვს შემდეგ წონასწორობას:



მოქმედ მასათა კანონის გამოყენებით შეიძლება დაეწეროს:

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}, \dots \dots \dots (1)$$

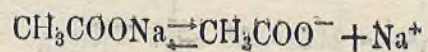
სადაც K —მჟავას ელექტროლიტური დისოციაციის კონსტანტაა.

აქედან ვპოულობთ წყალბადის იონთა კონცენტრაციის მნიშვნელობას:

$$[\text{H}^+] = K \cdot \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}, \dots \dots \dots (2)$$

ძმრის მჟავას ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხი მეტად მცირეა, ამიტომ ხსნარში კარბობს მისი არადისოცირებული მოლეკულები.

ძმრის მჟავას წყალხსნარში მიმატება ნატრიუმის მარილისა, რომელიც თითქმის მთლიანად იშლება შემადგენელ იონებად განტოლებით



იმდენად ამცირებს ძმრის მჟავას დისოციაციას, რომ არადისოცირებული მოლეკულების კონცენტრაცია თითქმის ტოლი იქნება მჟავას ანალიზურ კონცენტრაციისა. მაშინ ფორმულაში (2) მნიშვნელობა $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ შეიძლება უბრალოდ აღვნიშნოთ $[\text{მჟავა}]$; საგსებით ასევე, CH_3COO^- იონის კონცენტრაციის სიდიდე დაახლოებით ტოლი იქნება კონცენტრაციისა $[\text{მარილი}]$, რადგან CH_3COO^- იონები წარმოიქმნება მხოლოდ ძმარმჟავა ნატრიუმის მარილის დისოციაციის შედეგად. CH_3COO^- იონების რაოდენობა, რომელიც წარმოიქმნება CH_3COOH ელექტროლიტური დისოციაციის შედეგად CH_3COONa თანდასწრებით, იქნება იმდენად მცირე, რომ შეიძლება არ მივიღოთ ის მხედველობაში.

შევცვალოთ ფორმულაში (2) $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ და $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ შესაბამისი მნიშვნელობებით და გვექნება

$$[\text{H}^+] = K \frac{[\text{მჟავა}]}{[\text{მარილი}]} \dots \dots \dots (3)$$

სიდიდე K (მჟავას დისოციაციის კონსტანტი) მოცემულ პირობებში მუდმივია, ამიტომ წყალბადის იონების კონცენტრაციის მნიშვნელობა განისაზღვრება ფარდობით მჟავას კონცენტრაციისა და მარილის კონცენტრაციის, რომლებიც აღებულია ბუფერული ნარეგების მოსამზადებლად.

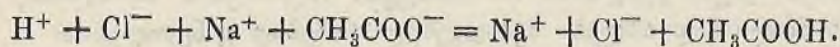
ასევე შეგვიძლია ვიმსჯელოთ სუსტი ფუძეებისა და მარილების ნარეგებისათვის და გამოვიყვანოთ ფორმულა

$$[\text{OH}^-] = K \frac{[\text{ფუძე}]}{[\text{მარილი}]}.$$

(3) განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ წყალბადის იონთა კონცენტრაცია ბუფერული ხსნარებისათვის არ არის დამოკიდებული მჟავასი და მარილის კონცენტრაციების აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე, არამედ დამოკიდებულია მხოლოდ მათ ფარდობაზე. ამრიგად, ბუფერული ხსნარის განზავებით წყალბადის იონთა კონცენტრაცია პრაქტიკულად არ იცვლება.

მჟავას (ან ტუტის) სუფთა ხსნარისაგან განსხვავებით ბუფერული ნარევი წყალბადის იონთა კონცენტრაციის შეცვლის შესაძლებლობას ამა თუ იმ მხარეზე მეტად ამცირებს.

მართლაც, თუ ძმრის მჟავასა და ძმრის მჟავას ნატრიუმის ნარევი დავუმატებთ მარილის მჟავას, მაშინ უკანასკნელი შედის ძმრის მჟავას ნატრიუმის მარილთან გაცვლა-გამოცვლის რეაქციაში, ქმნის ნეიტრალურ მარილს და ათავისუფლებს უფრო სუსტ ძმრის მჟავას:



მაშასადამე, ბუფერულ ხსნარებს აქვს შემდეგი თვისებები:

1. ბუფერული ნარეგების წყალბადის იონთა კონცენტრაცია არ არის დამოკიდებული განზავებაზე, რაც უშუალოდ გამომდინარეობს (3) განტოლებიდან, რომელშიაც შედის არა მჟავასი და მარილის აბსოლუტური კონცენტრაციები, არამედ მათი ფარდობა.

2. ზღვარს, რომელშიაც მჟავნდება ბუფერული მოქმედება—ბუფერული ტევადობა ეწოდება. ბუფერული ტევადობის რაოდენობრივი მნიშვნელობა განისაზღვრება ძლიერი მჟავასი ან ძლიერი ტუტის გრამ-ეკვივალენტთა რაოდენობით, რომელიც საჭიროა დაეუმატოთ ბუფერული ნარეგის 1 ლიტ ხსნარს რომ შეეცვალოთ pH ერთეულით; რაც მეტია, ბუფერული ნარეგის მჟავასი და მარილის კონცენტრაცია, მით მეტია მათი ბუფერული ტევადობა.

3. ბუფერულ ნარეგში მძლავრი მჟავას ან მძლავრი ტუტის დამატება ძალიან მცირედ ცვლის მათში წყალბადის იონის კონცენტრაციას (ხსნარის ბუფერული ტევადობის ფარგლებში).

ბუფერულ ნარეგებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, რადგან ის იცავს წყალბადის იონების კონცენტრაციის მუდმივობას სისხლსა და ორგანიზმის სხვა ქსოვილებში.

მუშაობის მიზანი

ბუფერული ნარეგების თვისებების შესწავლა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

შტატივი სინჯარებისათვის; 7 სინჯარა; დაგრადუირებული 2 პიპეტი, 2 მლ მოცულობით.

ხსნარები: 0,1 N ძმრის მჟავა; 0,1 N ძმარმჟავას ნატრაუმი; 0,1 N მარილმჟავა; 0,1 N ნატრიუმის ტუტე;

უნივერსალური ინდიკატორი; ფერადი ტაბულა უნივერსალური ინდიკატორისათვის.

ბუფერული ნარეგების მომზადება

შვიდ ერთნაირ სინჯარაში, დანაყოფებიანი პიპეტით ან ბიურეტით ასხამენ ხსნარებს: 0,1 N ძმრის მჟავას და 0,1 N ძმარმჟავას ნატრიუმის მარილის ხსნარს ტაბულაში ნაჩვენები რაოდენობით.

	ს ი ნ ჯ ა რ ე ბ ი ს №						
	1	2	3	4	5	6	7
მჟავას რაოდენობა მლ-ობით	9,8	9	8	5	3	1,5	0,2
მარილის რაოდენობა მლ-ობით	0,2	1,0	2	5	7	8,5	9,8
pH-ის ცდით ნაპოვნი მნიშვნელობა . . .							
pH-ის გაანგარიშებული მნიშვნელობა . .							

სინჯარებში ხსნარების შერევის შემდეგ თითოეულ მათგანში უმატებენ 3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს და ისევ ურევენ. ხსნარები შეიღებება სხვადასხვა ფერად. მათი ფერის შედარებით უნივერსალური ინდიკატორის ტაბულის ფერთან პოულობენ pH-ის მნიშვნელობას და ამ მნიშვნელობას წერენ ტაბულაში. ანგარიშობენ pH ყველა ხსნარისათვის და ადარებენ მას ცდით მიღებულ სიდიდესთან.

pH-ის მნიშვნელობას გაიანგარიშებენ ფორმულით.

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+],$$

სადაც $[\text{H}^+]$ გაიანგარიშება ფორმულით (3).

მეათეს (ტუტის) დისოციაციის მუდმივას პოულობენ 4 ტაბულის (იხ. დან.) საშუალებით.

ბუფერული ნარეგების განზავება

ამზადებენ სამ კოლბში 10 მლ ბუფერულ ხსნარს ისე, როგორც ეს აღწერილია ზემოთ ცდაში. მეათეს და მარილს ისეთი თანაფარდობით იღებენ, როგორც ეს მე-5 სინჯარაშია.

ხსნარს პირველ კოლბში აზაგებენ გამოსხივებული წყლით 2-ჯერ, მეორეში კი 3-ჯერ; მესამე კოლბში ხსნარს არ აზაგებენ. იღებენ ყოველი ხსნარის 10 მლ-ს და თითოეულ მათგანს უმატებენ 3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს. სამივე ხსნარის შეფერვა იქნება ერთნაირი, მაშასადამე, განზავებით ბუფერული ხსნარების pH არ იცვლება.

მეათესა და ტუტეების მოქმედება

სინჯარაში, რომელიც შეიცავს ხსნარს pH-ის ყველაზე დიდი მნიშვნელობით (ცდიდან „ბუფერული ნარეგების მომზადება“), უმატებენ წვეთწვეთობით 0,1 N NaOH ხსნარს. ხსნარის შეფერვა პრაქტიკულად არ იცვლება.

იმ სინჯარაში, რომელშიაც ხსნარს აქვს ყველაზე მცირე pH-ის მნიშვნელობა წვეთწვეთობით უმატებენ 0,1 N NaOH-ის ხსნარს. ხსნარის შეფერვა პრაქტიკულად არ იცვლება. მაშასადამე, pH-ის მნიშვნელობა როგორც პირველ, ისე მეორე შემთხვევაში არ იცვლება.

ბუფერული ტევადობა

1. კონიურ კოლბში ამზადებენ ბუფერულ ნარეგს 7 მლ 0,1 N CH_3COOH ხსნარისა და 3 მლ 0,1 N CH_3COONa ხსნარისაგან; უმატებენ 3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს და ფერადი ტაბულის საშუალებით საზღვრავენ მომზადებული ბუფერული ნარეგის pH-ის მნიშვნელობას, შემდეგ ბუფერულ ხსნარს ტიტრავენ 0,1 N NaOH ხსნარით ოდნავ ფერის შეცვლამდე და ჩაიწერენ გატიტრებაზე დახარჯული NaOH-ის მლ-ბის რაოდენობას.

2. ზუსტად იმავე წესით ამზადებენ სხვა ბუფერულ წარევს შემდეგი შემდგენილობით: 3 მლ 0,1 ნ CH_3COOH ხსნარი და 7 მლ 5 CH_3COONa ხსნარი; უმატებენ 3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს და, ისე როგორც პირველ შემთხვევაში, ტიტრავენ იმავე ნატრიუმის ტუტის ხსნარით ოდნავ ფერის შეცვლამდე; ჩაიწერენ გატიტრების დროს დახარჯული ტუტის მლ-ბის რაოდენობას.

ადარებენ ერთმანეთს პირველი და მეორე გატიტრების შედეგებს.

მუშაობის ანგარიში

გააკეთეთ დასკვნები ჩატარებული ცდებიდან.

მიღებული შედეგები შეიტანეთ ტაბულაში.

საკონტროლო კითხვები

როგორ ხსნარებს ეწოდება ბუფერული ხსნარები?

რომელი მარილი უნდა დავუმატოთ NH_4OH , რომ მივიღოთ ბუფერული წარევი?

როგორ შეიძლება გავადიდოთ ბუფერული ხსნარის ბუფერული ტევადობა?

შეიძლება თუ არა ბუფერულ ხსნარში წყალბადის იონთა კონცენტრაციის შეცვლა, როდესაც ერთნაირად ვზრდით მარილისა და მჟავას კონცენტრაციას?

იზრდება თუ არა ამ დროს ხსნარის ბუფერული ტევადობა?

ლიტერატურა

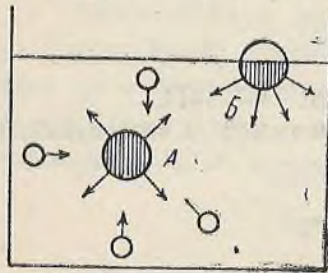
А. И. Бродский, Физическая химия, т. II, гл. XIX, § 431—437, 1943.

П. П. Митрофанов и С. Е. Северин, Учебник физической и коллоидной химии, гл VIII, § 63—71, 1948.

10. ზედაპირული დაჭიმულობა

სითხის წვეთს აქვს ისეთი ფორმა, რომლის დროს მისი ზედაპირი არის უმცირესი (სფერო). სითხის ზედაპირს თითქოს აკრავს აპკი, რომელიც ცდილობს შეკუმშოს იგი. ასეთი ფენის წარმოშობა სითხის ზედაპირზე შეიძლება ავხსნათ შემდეგნაირად.

დავუშვათ, რომ სითხის შიგნით გვაქვს მოლეკულა A (სურ. 29). შემოვხაზოთ მის გარშემო სფერო, რომლის რადიუსი ტოლია იმ მანძილის, რომელ ზედაც შესამჩნევია ამ მოლეკულის ურთიერთ მიზიდულობის ძალა მის ირგვლივ



სურ. 29. მოლეკულთა შორის მიზიდულობათა სქემა.

მყოფ სითხის მოლეკულებთან. რადგან ეს ძალები მოქმედებენ ყოველი მიმართულებით სიმეტრიულად, ამიტომ მათი ტოლქმედი ნულის ტოლი იქნება.

სულ სხვა მდგომარეობაში არის მოლეკულა B. მიზიდულობის ძალები, რომელნიც მოქმედებენ სითხის მოლეკულების მხრიდან, არ წონასწორდებიან ძალებით, რომლებიც მის გარეშე მოქმედებენ, რის შედეგად მიზიდულობის ტოლქმედი ამ მოლეკულისა მიმართულია ქვემოთ სითხისაკენ—მოლეკულა მიისწრაფვის შევიდეს სითხის სიღრმეში. ასეთ მდგომარეობაშია ზედაპირული ფენის შემქმნელი ყველა მოლეკული, რის შედეგად სითხეში შეიქმნება

შიგა წნევა, რომელიც მიმართულია სითხის ზედაპირული ფენის ნორმალთ.

რადგან სითხის ზედაპირზე მოიპოვება ისეთი მოლეკულები, რომლებიც არ არიან გაწონასწორებული მოლეკულთა შორის მიზიდულობის ძალებით, ზედაპირულ ფენაში იქმნება თავისუფალი ზედაპირული ენერგია, რომელიც მიისწრაფვის შემცირებისაკენ. სითხის ზედაპირზე თითქოს წარმოიქმნება ზედაპირული აპკი, რომელიც აღჭურვილია ზედაპირული დაჭიმულობით.

რომ გავადიდოთ სითხის ზედაპირი, ე. ი. რომ დავძლიოთ მისი ზედაპირული დაჭიმულობა, საჭიროა დავხარჯოთ გარკვეული რაოდენობის მუშაობა. მუშაობა, რომელიც საჭიროა სითხის ზედაპირის 1 სმ² გადიდებისათვის, წარმოადგენს ზედაპირული ენერგიის საზომს; მან ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტის სახელწოდება მიიღო.

ზედაპირული დაჭიმულობა შეიძლება განხილულ იქნეს არა მარტო როგორც მუშაობა, არამედ როგორც ძალა, რომელიც მოქმედებს ზედაპირის

შემომფარგველი ხაზის (1 სმ) სიგრძის ერთეულზე და რომელიც ცდილობს შეამციროს უკანასკნელი.

ამა თუ იმ განსაზღვრის მიხედვით, ზედაპირული დაჭიმულობა განიზომება ერგებში 1 სმ²-ზე ან დინებში 1 სმ-ზე. ორივე ზომა რიცხობრივად ეთანაბრება ერთმანეთს, რადგან $1 \text{ ერგ/სმ}^2 = 1 \text{ დინ. სმ/სმ}^2 = 1 \text{ დინ/სმ}$.

იმის გამო, რომ სითხეს აქვს ზედაპირული ფენა სითხე, რომელიც გამოედინება კაპილარული ხერცხილიდან ღებულობს წვეთის ფორმას. წვეთი წყდება მაშინ, როდესაც მისი წონა დაძლევეს ზედაპირულ დაჭიმულობას.

ზედაპირული დაჭიმულობით აიხსნება აგრეთვე სითხის აწევა კაპილარში, თუ იგი ასველებს კაპილარის კედლებს. ეს აწევა აიხსნება იმით, რომ სითხე კედლების დასველებით ზრდის ზედაპირს; მაგრამ ზედაპირის გადიდებას ხელს უშლის და ეწინააღმდეგება ზედაპირული დაჭიმულობა, რომელიც ცდილობს შეამციროს ზედაპირი. ზედაპირის შემცირება ხდება იმით, რომ სითხე აიწევა კაპილარში დამსველებელ ფენასთან ერთად. კაპილარში სითხის აწევის სიმაღლე განისაზღვრება იმ სითხის სვეტის წონით, რომელიც აწონასწორებს ზედაპირულ დაჭიმულობას. სიმაღლით, სვეტის დიამეტრით და სითხის ხვედრითი წონით შეიძლება გავიანგარიშოთ ზედაპირული დაჭიმულობა.

გახსნილი ნივთიერებანი ცვლიან სითხის ზედაპირულ დაჭიმულობას. ზოგიერთი მათგანი საგრძნობლად ამცირებს ზედაპირულ დაჭიმულობას — მათ ზედაპირულად აქტიური ან კაპილარულად აქტიური ნივთიერებანი ეწოდება, ზოგიერთი კი აღიბებს ზედაპირულ დაჭიმულობას მათ ზედაპირულად არააქტიური ან კაპილარულად არააქტიური ნივთიერებანი ეწოდება.

ზედაპირულ ფენაში და შიგ ხსნარში, ზედაპირულად აქტიურ და ზედაპირულად არააქტიურ ნივთიერებების კონცენტრაცია სხვადასხვა არის. პირველში კონცენტრაცია გახსნილი ნივთიერებისა ზედაპირულ ფენაში მეტია, ვიდრე შიგ ხსნარში, მეორეში კი პირიქით. ამ მოვლენას — ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლას ზედაპირულ ფენაში ხსნარის შიგნით კონცენტრაციასთან შედარებით — ადსორბცია ეწოდება. იმისდა მიხედვით, კონცენტრაციის გადიდებას აქვს ადგილი თუ შემცირებას, ადსორბციას ეწოდება დადებითი ან უარყოფითი ადსორბცია. ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს, რომლებიც საგრძნობლად ამცირებენ წყლის ზედაპირულ დაჭიმულობას ეკუთვნის მრავალი ორგანული ნაერთები, როგორიცაა სპირტები, ალდეჰიდები, კეტონები, მჟავები. ცხიმოვანი მჟავების ჰომოლოგიურ მწკრივში ზედაპირული აქტივობა სწრაფად იზრდება ნახშირბადის ჯაჭვის სიგრძის ზრდასთან ერთად, სახელდობრ, 3,2-ჯერ ყოველ მიმატებულ CH_2 ჯგუფზე. მაშასადამე, ასეთივე შეფარდებით ზედაპირული აქტივობის ზრდასთან ერთად მოხდება ხსნარის ზედაპირული დაჭიმულობის მნიშვნელობის შემცირება.

მუშაობის მიზანი

1. მოწყვეტილი წვეთის აწონის მეთოდითა და კაპილარში სითხის აწევის სიმაღლის დამიხედვით ზედაპირული დაჭიმულობის განსაზღვრის გაცნობა.

2. ზედაპირულ დაჭიმულობის სიდიდეზე ტემპერატურის გავლენის გამოკვლევა.

**ზედაპირული დაჭიმულობის გაზომვა მოწყვეტილი
წვეთის აწონვის მეთოდით**

სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა მიახლოებით შეიძლება გაიზომოს ხელსაწყოთი, რომელსაც სტალაგმომეტრი ეწოდება.

მეთოდის პრინციპი მდგომარეობს წვეთის წონის განსაზღვრაში წვეთის მოწყვეტის მომენტში კაპილარიდან გამოდინების დროს.

წვეთის მოწყვეტა ხდება მაშინ, როდესაც მისი წონა სიდიდით ოდნავ აღემატება ზედაპირული დაჭიმულობის ძალას. პრაქტიკულად წვეთის მოწყვეტის მომენტში წვეთის წონა გაწონასწორებულია ზედაპირული დაჭიმულობით. მაშინ ცდის ამოცანა მდგომარეობს წვეთის წონის განსაზღვრაში. თუ გამოდინარე სითხის მოცულობა ტოლია V -სი წვეთების რაოდენობა N მოცულობაში n -ის, სითხის ხვედრითი წონა d -სი და სიმძიმის ძალის აჩქარება g -სი, მაშინ ერთი წვეთის წონა დინებში გაიანგარიშება ფორმულით:

$$a = \frac{V \cdot d \cdot g}{n}.$$

ზედაპირული დაჭიმულობა ტოლია

$$2\pi r\sigma,$$

სადაც r —კაპილარის რადიუსია;

σ —ზედაპირული დაჭიმულობა;

მაშასადამე,

$$\frac{V \cdot d \cdot g}{n} = 2\pi r\sigma.$$

$2\pi r$ ხელსაწყოთვის მუდმივი სიდიდეა; აღვნიშნოთ ის K -თი, მაშინ

$$\frac{V \cdot d \cdot g}{n} = K\sigma,$$

საიდანაც

$$\sigma = \frac{V \cdot d \cdot g}{nK} \dots \dots \dots (1)$$

წყლისათვის, რომელიც გამოედინება იგივე კაპილარიდან და იმავე ნიშნულში

$$\sigma_0 = \frac{V \cdot d_0 \cdot g}{n_0 \cdot K}, \quad \dots \dots \dots (2)$$

სადაც d_0 —წყლის სიმკრივეა;

n_0 —წყვეთების რაოდენობა.

გავყოთ (1) ტოლობა (2)-ზე, მივიღებთ:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{d \cdot n_0}{d_0 \cdot n},$$

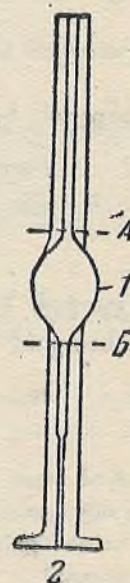
აქედან ზედაპირული დაჭიმულობა ტოლი იქნება

$$\sigma = \frac{\sigma_0 \cdot d \cdot n_0}{d_0 \cdot n}.$$

მუშაობის მეთოდის აღწერა

სტალაგმომეტრი (სურ. 30) წარმოადგენს მილს, რომელსაც აქვს გაფართოებული ნაწილი 1; გაფართოებული ნაწილის ზემოთ და ქვემოთ არის საწყისი და ბოლო დანაყოფები A და B. კაპილარული ხვრეტილით 2 ფართო ჰორიზონტალურ გახეხილ ზედაპირზე ჩამოედინება სითხე წვეთების სახით.

მუშაობის დროს სტალაგმომეტრს ამაგრებენ შტატივზე ვერტიკალურ მდგომარეობაში და შეისრუტავენ სითხეს ისე, რომ ის გაჩერდეს ზედა ნიშნის ზემოთ (კაპილარში ამ დროს არ უნდა იყოს ჰაერის ბუშტუ-ლაკები), და შემდეგ აძლევენ კაპილარიდან ჩამოდენის საშუალებას. როდესაც სითხე მივა იმ დონემდე, სადაც იგი ზუსტად დაემთხვევა ზედა ნიშანს, იწყებენ წვეთების დათვლას; წვეთების თვლას წყვეტენ მაშინ, როდესაც სითხის დონე მიაღწევს ქვედა ნიშანს. ცდას იმეორებენ რამდენიმეჯერ და იღებენ წვეთების საშუალო რიცხვს (განსხვავება ცალკეულ განსაზღვრათა შორის არ უნდა აღემატებოდეს 1—2 წვეთს).



სურ. 30. სტალაგ-მომეტრი. 1—გაფართოება; 2—კაპილარის ხვრეტილი.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

სტალაგმომეტრი; შტატივი თათით; 4 კიკა 100 მლ მრცულ-ლობით.

ხსნარები: 1—მოლური მეთილისა CH_3OH და ეთილის $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ სპირტი; 2—მოლური იზოამილის სპირტი (იზო— $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$).

ცდა. აღნიშნული მეთოდით საზღვრავენ წყლის წვეთების რიცხვს, რომელიც მიიღება V მოცულობაში მოთავსებული სითხის გამოდინების დროის, ხოლო შემდეგ იგივე მოცულობაში წვეთების რიცხვს გამოსაკვლევი სითხისათვის.

ზედაპირულ დაქიმულობას გაიანგარიშებენ შემოგამოყვანილი ფორმულის საშუალებით

$$\sigma = \frac{d \cdot n_0 \sigma_0}{d_0 \cdot n}$$

σ_0 —მნიშვნელობას იღებენ 5 ტაბულიდან (იხ. დან).

ზედაპირული აქტივობის ცვლილების სადემონსტრაციოდ ჰომოლოგიურ რიგში ნახშირბადის ჯაჭვის გაგრძელებასთან ერთად საზღვრავენ შემდეგი ხსნარების ზედაპირულ დაქიმულობას:

ნივთიერება	ხსნარის კონცენტრაცია	ზედაპირული დაქიმულობა ერგ/სმ ² -ით
მეთილის სპირტი CH_3OH . .	1—მოლური	
ეთილის სპირტი $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.	1—მოლური	
ამილის სპირტი $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{OH}$	0,2—მოლური	

მუშაობის ანგარიში

გაკეთდეს ზედაპირული დაქიმულობის ანგარიში ყველა გამოსაკვლევი ხსნარებისათვის; მონაცემები შეიტანეთ ცხრილში.

საკონტროლო კითხვები

რატომ არის რომ სითხის წვეთი მიისწრაფვის მიიღოს სფეროს ფორმა?

აუცილებელია თუ არა სტაღმომეტრული მეთოდით ზედაპირული დაქიმულობის განსაზღვრისას გვექნოდეს სტანდარტული სითხე, რომლის ზედაპირული დაქიმულობა უკვე განსაზღვრულია?

რა დამოკიდებულება არსებობს ზედაპირულ დაქიმულობასა და ნახშირბადის ჯაჭვის სიგრძის შორის?

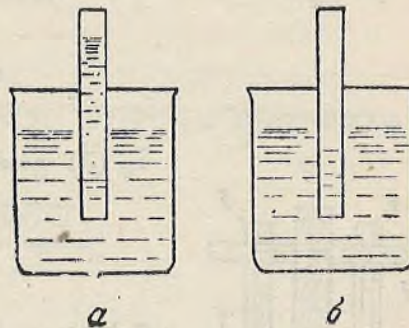
ზედაპირული დაქიმულობის განსაზღვრა კაპილარულ მილში სითხის აწევის მეთოდით

თუ სითხეში ვერტიკალურ მდგომარეობაში ჩაეუშვებთ კაპილარულ მილს. მაშინ სითხის ზედაპირს მილში ექნება ჩაზნექილი მენისკის სახე სითხისათვის,

რომელიც ასველებს მილის ზედაპირს, ხოლო ამოზნექილი—სითხისათვის, რომელიც არ ასველებს ზედაპირს (სურ. 31).

იმ შემთხვევაში, როდესაც სითხე კარგად ასველებს კაპილარის ზედაპირს, სითხე აღის კაპილარში. კაპილარული სითხის აწევის სიმაღლე h პირდაპირ პროპორციული სიდიდეს ზედაპირული დაჭიმულობისა σ და უკუპროპორციული კაპილარის რადიუსისა და სითხის სიმკვრივის. ეს დამოკიდებულება შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი ფორმულით

$$h = \frac{2\sigma}{r \cdot d \cdot g}, \dots \dots \dots (1)$$



სურ. 31. სითხის მენისკების ფორმა.
ა—სითხე ასველებს კაპილარის ზედაპირს; ბ—სითხე არ ასველებს კაპილარის ზედაპირს.

სადაც σ —ზედაპირული დაჭიმულობაა;

r —კაპილარის რადიუსი;

d —სითხის სიმკვრივე;

g —სიმძიმის ძალის აჩქარება.

თუ ვიცით r და d და ცდით მოვნახავთ h , მაშინ შეიძლება გავიანგარიშოთ σ ფორმულით:

$$\sigma = \frac{h \cdot r \cdot d \cdot g}{2} \dots \dots \dots (2)$$

მაშასადამე, იმისათვის რომ გავიანგარიშოთ ზედაპირული დაჭიმულობის სიდიდე, საჭიროა ექსპერიმენტულად გავარკვიოთ კაპილარში სითხის აწევის სიმაღლე, აგრეთვე ვიცოდეთ ხელსაწყოს მუდმივა (კაპილარის რადიუსი r).

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

სქელკედლიანი ჭურჭელი გამოსაკვლევი სითხისათვის; შტატივი თათით; რამდენიმე კაპილარული მილი; კატეტომეტრი; საათის მინა; გამოხდილი წყალი; ეთილის სპირტი; ვერცხლისწყალი.

მუშაობის მეთოდის აღწერა

ფართო ჭურჭელში, გამოსაკვლევი სითხით, ათავსებენ სხვადასხვა დიამეტრის ორ კაპილარულ მილს (სურ. 32).

აღვნიშნოთ h_1 -ით, სითხის სიმაღლე პირველ კაპილარულ მილში, ხოლო h_2 -ით მეორე კაპილარულ მილში. ზედაპირული დაჭიმულობის მნიშვნელობას ზომავენ ორივე კაპილარულ მილში. (1) ფორმულის თანახმად პირველი მილისათვის მივიღებთ:

$$\sigma = \frac{h_1 \cdot r_1 \cdot d \cdot g}{2} \dots \dots \dots (3)$$

მეორესათვის

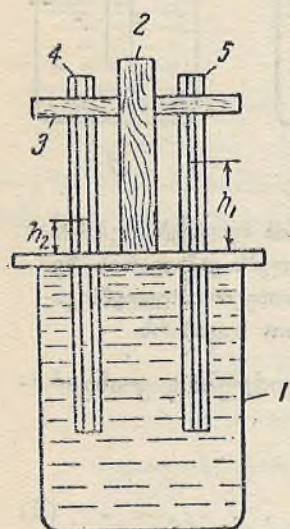
$$\sigma = \frac{h_2 \cdot r_2 \cdot d \cdot g}{2} \dots \dots \dots (4)$$

მე (3) ფორმულიდან გამომდინარეობს:

$$h_1 = \frac{2\sigma}{r_1 \cdot d \cdot g}.$$

მე (4) ფორმულიდან

$$h_2 = \frac{2\sigma}{r_2 \cdot d \cdot g}.$$



აქედან

$$h_1 - h_2 = \frac{2\sigma}{dg} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{2\sigma}{dg} \cdot \frac{r_2 - r_1}{r_2 \cdot r_1}$$

და

$$\sigma = \frac{r_1 \cdot r_2}{2(r_2 - r_1)} (h_1 - h_2) d \cdot g \dots \dots \dots (5)$$

სურ. 32. ხელსაწყო ზე-
დაპირული დაკიმულობის
განსახდერისათვის კაპილარულ
მილში სითხის აწევის
სიმაღლის მიხედვით: 1—კი-
ქა სითხით; 2—დამჭერი;
3—მიმჭერი; 4, 5—კაპი-
ლარული მილები.

ცდა. ორ კაპილარულ მილს გულდასმით გამო-
რეცხავენ ბიქრომატის $K_2Cr_2O_7$ და გოგირდის სიმუ-
ქა სითხით; 2—დამჭერი; ვის ხსნარის ნარევი, შემდეგ გამოხდილი წყლით და
3—მიმჭერი; 4, 5—კაპი- ბოლოს სპირტით. გამორეცხვის შემდეგ კაპილარულ
მილებს გამოაშრობენ საშრობ კარადაში.

გაზომავენ კაპილარული მილების რადიუსს. ამ მიზნისათვის კაპილარულ
მილში, რეზინის ბალონის საშუალებით, შეიყვანენ ვერცხლისწყალს 5—10 მმ
სიმაღლით. დადებენ კაპილარს ჰორიზონტალურად მილიმეტრიან სახაზავზე
და ზომავენ ვერცხლისწყლის სიმაღლეს კაპილარის სხვადასხვა ნაწილში
(კაპილარში ვერცხლისწყლის სხვადასხვა ადგილზე გადაადგილებით). ვერც-
ხლისწყლის სვეტის სიმაღლე კაპილარის სხვადასხვა ადგილზე კაპილარის სის-
წორის შემთხვევაში ერთი და იგივე უნდა იყოს.

სამი გაზომვიდან გაიანგარიშებენ ვერცხლისწყლის სვეტის საშუალო
სიგრძეს l . წონიან საათის მინას, მასზე კაპილარიდან ასხამენ ვერცხლისწყალს
და ისევ მოახდენენ აწონვას. სხვაობის მიხედვით მონახავენ ვერცხლისწყლის
მასას M .

ცდის დროს ზომავენ ტემპერატურას t° .

თუ ვერცხლისწყლის სიმკვრივეს ρ_0 -ზე აღვნიშნავთ d_0 , მივიღებთ

$$M = \pi \cdot r^2 l \frac{d_0}{1 + 0,00018 l}$$

სადაც $d = 13,596$ გ/სმ³;

0,00018—ვერცხლისწყლის ხაზობრივი გაფართოების კოეფიციენტი.
აქედან კაპილარული მილის რადიუსი:

$$r = \sqrt{\frac{M(1 + 0,00018 l)}{13,596 \cdot \pi l}}$$

ასე ზომავენ ორივე კაპილარული მილის რადიუსებს.

ჭურჭელში 1 (სურ. 32) ასხამენ გამოხდილ წყალს, ამაგრებენ შტატივზე ორ კაპილარულ მილს, რომლებსაც აყენებენ ვერტიკალურ მდგომარეობაში და უშვებენ წყალში. საწყისში საჭიროა მილების 2—3 სმ ქვემოთ ჩაშვება, ვიდრე ეს საჭიროა ცდისათვის, და დატოვებენ ამ მდგომარეობაში რამდენიმე წუთის განმავლობაში, რომ კაპილარის მილის კედლები კარგად შესველდეს სითხით.

შემდეგ მილებს ამოწმებენ და საბოლოოდ ამაგრებენ შტატივზე, რის შემდეგ აითვლიან სითხის აწევის სიმაღლეს კაპილარულ მილში.

დგამენ კატეტომეტრს და გადაადგილებენ მილს, სანამ ოკულარის ჰორიზონტალური ძაფი არ დაემთხვევა სითხის მენისკის ქვედა წერტილს. აღვნიშნავენ კატეტომეტრზე მენისკის მდებარეობას (h_1) პირველი მილში და (h_2) მეორე მილში. განსაზღვრავენ ტაბ. 7 (იხ. დან.) მეშვეობით წყლის სიმკვრივეს ცდის ტემპერატურაზე. გაიანგარიშებენ წყლის ზედაპირულ დაჭიმულობას მე-5 ფორმულით.

ასევე საზღვრავენ ზედაპირულ დაჭიმულობას ეთილის სპირტისათვის.

მუშაობის ანგარიში

შეადარეთ მიღებული მნიშვნელობები იმ მნიშვნელობებს, რომლებიც მოყვანილია მე-5 და-6 ტაბულაში (იხ. დან.).

სამონტროლო კითხვები

- რა დამოკიდებულება არსებობს სითხის სიმკვრივესა და σ სიდიდეს შორის?
- რატომ აიწევს სითხე კაპილარულ მილში?
- რატომ არის უკეთესი σ -ს განსაზღვრა ორ მილში აწევის h_1 და h_2 დონეთა სხვაობით, ვიდრე ერთ მილში აწევის h სიმაღლის მიხედვით?
- შეიძლება თუ არა კაპილარული მილების რადიუსის განსაზღვრა სხვა მეთოდით?

სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის სიდიდის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

ზედაპირული დაჭიმულობის სიდიდე დამოკიდებულია არა მარტო სითხის ბუნებაზე, არამედ ტემპერატურაზედაც. ტემპერატურის გადიდებით ზედაპირული დაჭიმულობა მცირდება. ამ დამოკიდებულებაზე დაკვირვების ჩატარება მოხერხებულია პ. რეზინდერის ხელსაწყოთი.

რეზინდერის ხელსაწყოთი ზედაპირული დაჭიმულობის განსაზღვრა დამყარებულია იმაზე, რომ საკვლევ სითხეში ჩაუშვებენ ვერტიკალურ მილს კაპილარული წვერით, რომელშიაც ჩაბერავენ ჰაერს. ზომავენ იმ წნევას P , რომლის დროსაც მილის ქვედა ბოლოს სცილდება ჰაერის ბუშტულა. რაც მეტია სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა, მით მეტი წნევაა საჭირო ჰაერის ბუშტულაკის მოსაცილებლად.

ამგვარად:

$$\sigma = kP, \dots \dots \dots (1)$$

სადაც σ — არის ზედაპირული დაჭიმულობა;

k — მოცემული ხელსაწყოსათვის მუდმივი პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე დამოკიდებულია მილის კაპილარული წვერის რადიუსზე.

წნევა ბუშტულაკის მოწყვეტის მომენტში მანომეტრით იზომება.

რომ განსაზღვრონ კაპილარის მუდმივა, პირველად საკვლევ სითხედ იღებენ ისეთს, რომლის ზედაპირული დაჭიმულობა ცნობილია, მაგ. გამოსდილ წყალს. თუ გავზომავთ ამ შემთხვევისათვის იმ მაქსიმალურ წნევას P , რომელიც გვექნება ბუშტულაკის მოწყვეტის მომენტში, მაშინ ჭურჭლის მუდმივა ტოლი იქნება

$$K = \frac{\sigma_0}{P_0} \dots \dots \dots (2)$$

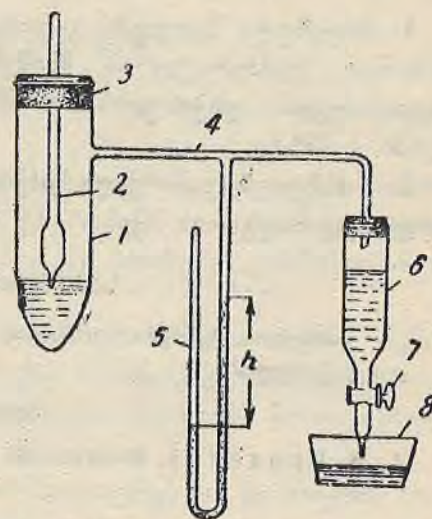
თუ ვიცით კონსტანტი, მაშინ (1) ფორმულიდან მონახვენ გამოსაკვლევი სითხის ზედაპირულ დაჭიმულობას სხვადასხვა ტემპერატურაზე.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები

ასპირატორი ვაკუუმის შესაქმნელად; ფართო სინჯარა გვერდითი მილითა და საცობით; ჯვრისებრი შემაერთებელი მილი ონკანით; სპირტის მანომეტრი სკალით; ჭიქა 800—1000 მლ-იანი; ჭიქა 400—500 მლ-იანი; თერმომეტრი 10—100° ტემპერატურისათვის, 0,5° დანაყოფებით; შტატივი ფართო რგოლით; ასბესტის ბადე; შტატივი ფართო დამჭერით ასპირატორის ჩამოსაკიდებლად.

**რეზინდერის მეთოდით ზედაპირული დაჭიმულობის გაზომვისათვის
გამოყენებული ხელსაწყო აღწერა**

ხელსაწყო (სურ. 39) შედგება მინის ჭურჭლისაგან 1, რომელსაც აქვს გვერდითი მილი 4, რომელზედაც მიკავშირებულია მანომეტრი 5. ჭურჭლის 1 ზედა ხვრეტის მჭიდროთ დახურავენ საცობით 3, რომელშიც გადის მინის მილი კაპილარული ბოლოთი. მილის მოხრილი ბოლო გატარებულია საცობში, რომლითაც მჭიდროდ არის დახურული ასპირატორი 6. ჭურჭელში 1 მოთავსებული სითხის გათბობისათვის სასურველ ტემპერატურამდე, მას ჩაყურსავენ დიდ ქიქაში წყლით (სურათზე არ არის ნაჩვენები), რომელშიც ინარჩუნებენ სასურველ ტემპერატურას.



სურ. 33. ხელსაწყო ზედაპირული დაჭიმულობის განსაზღვრისათვის რეზინდერის მეთოდით: 1 — ჭურჭელი; 2 — მილი კაპილარული დაბოლოებით; 3 — საცობი; 4 — გვერდითი მილი; 5 — მანომეტრი; 6 — ასპირატორი; 7 — ონკანი; 8 — ჯამი.

ცდა. ასპირატორს ავსებენ წყლით და მის ქვემოთ დგამენ ჯამს 8. ცდის დასაწყისში მანომეტრის ორივე მუხლში სითხე ერთი და იგივე დონეზე უნდა იდგეს. ჭურჭელში 1 მისი სამალის ერთიმეოთხედ სიმაღლეზე ასხამენ გამოხდილ წყალს, უკეთებენ საცობს 3 და დგამენ მილს 2 ისე, რომ მისი კაპილარული ბოლო უმნიშვნელოდ იყოს ჩაყურსული ჭურჭლის წყლის დონის ქვემოთ 1. შეუყენებენ ქიქას გასათბობი წყლით ისე, რომ ჭურჭელი 1 ჩაყურსული იყო მასში თავის სიმაღლის ნახევრამდე. მას შემდეგ, როდესაც დამყარდება სასურველი ტემპერატურა, გახსნიან ასპირატორის ონკანს 7 იმდენად, რომ კაპილარულ მილში 2 ჰაერის ბუშტულაკები გადიოდეს ისეთი სისწრაფით, რომ შესაძლებელი იყოს მოხერხებულად მათი დათვლა. ბუშტულაკების წარმოქმნის სიხშირის დადგენის შემდეგ, აწარმოებენ მანომეტრზე, არა ნაკლები სამისა, მაქსიმალურ დონეთა სხვაობის აღრიცხვას. გაიანგარიშებენ ამ ათვლების საშუალო მნიშვნელობას (P_0). კეტავენ ონკანს 7 და ამოწმებენ წყლის ტემპერატურას გარეთა ჭურჭელში. მონახავენ ტაბ. 5-ით (იხ. დან.) წყლის ზედაპირულ დაჭიმულობას ცდის შესატყვისი ტემპერატურისათვის.

(2) ფორმულით გაიანგარიშებენ მილის კაპილარის მუდმივას K მოცემული ხელსაწყოთათვის.

გადმოასხამენ წყალს ჭურჭელიდან 1, გამოაშრობენ მას და მილს 2; ჭურჭელში წყლის მაგიერ ასხამენ გამოსაკვლევ სითხეს, რომელითაც წინააღმდეგ გამოავლენ 1 ჭურჭელსა და მილს 2. ათბობენ წყალს ქიქაში 30° -დგ; ათი წუთის განმავლობაში აწარმოებენ წყლის მორევას, რომ 1 ჭურჭელში

მოთავსებულმა სითხემ მიიღოს იგივე ტემპერატურა. მოყავთ მოქმედებაში ასპირატორი, ზომავენ დონეთა სხვაობას (h) მანომეტრში, როგორც ეს ნაჩვენებია იყო ზემოთ და K-ს მნიშვნელობის ჩასმით ფორმულაში 1 გაიანგარიშებენ საკვლევი სითხის ზედაპირულ დაჭიმულობას 30° -ზე. იგივეს იმეორებენ 40 , 60 , 80° ტემპერატურაზე.

მუშაობის ანგარიში

1. მიღებული შედეგები გადაიტანეთ გრაფიკზე, სადაც აბსცისთა ღერძზე გადაზომეთ ტემპერატურის მნიშვნელობები, ხოლო ორდინატთა ღერძზე კი ზედაპირული დაჭიმულობის მნიშვნელობები, რომლებიც გამოსახულია ერგებში 1 სმ²-ზე.

2. ჩახაზეთ ზედაპირული დაჭიმულობის განსაზღვრისათვის რეზინდერის მეთოდით დანადგარის სქემა.

საკონტროლო კითხვები

ახსენით, ტემპერატურის გადიდებით, თუ რატომ მცირდება სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა.

ლიტერატურა

А. И. Бродский, Физическая химия, т. I, гл. V § 138—140, 1948.

11. ადსორბცია

ადსორბციის მოვლენა აღმოჩენილი იყო რუსი მეცნიერის ტ. ე. ლოვცის მიერ 1785 წელს.

ფორიანი სხეულებს, ე. ი. დიდი ზედაპირის მქონე სხეულებს, აიროვან ან თხევად ფაზასთან შეხების დროს აქვს უნარი ამ ფაზების გაყოფის ზედაპირზე შთანთქონ აიროვანი ნივთიერების ან სითხეში გახსნილი ნივთიერების ნაწილის.

ამ შთანთქმას არა აქვს ყოველთვის ერთნაირი ხასიათი. ერთ შემთხვევაში შთანთქმული ნივთიერება დიფუნდირებს მშთანთქმელის შიგნით, თითქოს იხსნება მასში, მეორე შემთხვევაში შთანთქმა შეიძლება მოხდეს მხოლოდ მშთანთქმელის ზედაპირზე.

მყარი სხეულის მიერ გარემო არედან ნივთიერების შთანთქმის მოვლენას სორბცია ეწოდება.

სორბციას, რომელიც ხასიათდება ნივთიერების შთანთქმით მხოლოდ ზედაპირზე—ადსორბცია ეწოდება; ხოლო თუ გახსნას ადგილი აქვს შიგ მშთანთქმელში, მაშინ შთანთქმის პროცესს აბსორბცია ეწოდება.

სორბცია ზოგჯერ დაკავშირებულია ისეთ აირის კონდენსაციასთან, რომლის ტემპერატურა კრიტიკულზე ნაკლებია და რომელიც მოთავსებულია ფორიანი მშთანთქმელების კაპილარში; ამ შემთხვევაში კაპილარულ კონდენსაციაზე ლაპარაკობენ.

ადსორბცია დამოკიდებულია მშთანთქმელისა და შთანთქმული ნივთიერების ბუნებაზე, ტემპერატურასა და აირის წნევაზე ან ხსნარის კონცენტრაციაზე.

ადსორბციის დამოკიდებულება წნევაზე (მის კონცენტრაციაზე) ან ხსნარში ადსორბირებელი ნივთიერების შემცველობაზე მოცემული ტემპერატურის დროს, შედარებით ფართო ფაგრლებში, საკმარისად კარგად გამოისახება ემპირიული განტოლებით, რომელსაც—ადსორბციის იზოთერმა ეწოდება:

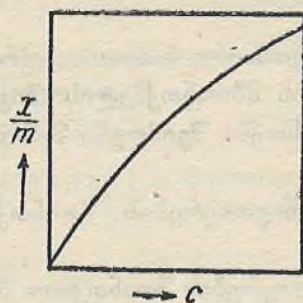
$$\frac{x}{m} = ac^n, \dots \dots \dots (1)$$

სადაც x —ადსორბირებული ნივთიერების საერთო რაოდენობაა, m —ადსორბენტის რაოდენობა გრამობით (ადსორბენტი), რომელიც c კონცენტრაციიან ხსნართან წონასწორობაში იმყოფება.

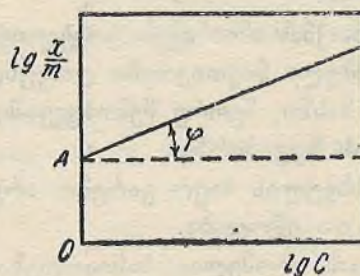
$\frac{x}{m}$ და n —კონსტანტებია, რომლებიც დამახასიათებელია შესაფერი ადსორბციის პროცესისათვის განსაზღვრულ ფარგლებში, ამასთან $n < 1$.

ადსორბირებული ნივთიერების რაოდენობა უნდა მიგვეკუთვნებია არა ერთეული მასისათვის, არამედ ზედაპირის ერთეულისათვის, მაგრამ მცირე დაქუცმაცებული ნივთიერებებისა ან ერთგვაროვანი სუსპენზიებისათვის (მაგ., ცხოველური ნახშირი) ზედაპირი იზრდება მთელი მასის პროპორციულად.

თუ კოორდინატთა სისტემაში ორდინატებად მივიღებთ $\frac{x}{m}$ სიდიდის შესაფერ მნიშვნელობებს, ხოლო აბსცისებად c -ს მნიშვნელობებს, მაშინ მიიღება მე-34 სურათზე გამოსახული მრუდი. თავდაპირველად მრუდი თითქმის სწორხაზოვანია, რადგან მეტად მცირე კონცენტრაციისათვის $\frac{x}{m}$ სიდიდე c სიდიდის პირდაპირ პროპორციულია, ე. ი. აქ $n=1$.



სურ. 34. ადსორბციის იზოთერმა.



სურ. 35. ადსორბციის ლოგარიტმული იზოთერმა.

დიდი კონცენტრაციების დროს მიღწეულია $\frac{x}{m}$ სიდიდის ზღვრული მნიშვნელობა, ე. ი. სრული გაჯერება. ამას მაშინ აქვს ადგილი, როდესაც საადასორბირებელი მთელი ზედაპირი დაფარულია მაადასორბირებელი ნივთიერებით; ამ შემთხვევაში $n=0$. ამ ორ ზღვრულ შემთხვევას შორის გვაქვს თანაბარი გადასვლა საშუალო კონცენტრაციის ფარგლებში, სადაც n სიდიდე შეიძლება ჩაითვალოს დაახლოებით მუდმივად.

თუ (1) განტოლებას გავალოგარიტმებთ, ის მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\lg \frac{x}{m} = \lg a + n \lg c. \quad (2)$$

მიღებული განტოლება არის სწორი ხაზის განტოლება (სურ. 35). ორდინატთა ღერძზე გადაზომავენ $\lg \frac{x}{m}$ სიდიდეებს, ხოლო აბსცისთა ღერძზე — $\lg c$. მონაკვეთი OA გვაძლევს $\lg a$ და $\lg \varphi = n$ სიდიდეების მნიშვნელობას.

მუშაობის მიზანი

1. ადსორბციის დაკვირვება თხევადი და მყარი ფაზების საზღვარზე.
2. ადსორბციის იზოთერმის აგება.
3. a და n მნიშვნელობების განსაზღვრა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

6 ცალი 250 მლ-იანი ტევადობის კოლბა ხის საცობით; 6 ცალი 150 მლ-იანი ტევადობის კონიური კოლბა; 50 მლ მოცულობის პიპეტი; 25 მლ მოცულობის პიპეტი; 10 მლ მოცულობის პიპეტი; 5 მლ მოცულობის პიპეტი; 50 მლ მოცულობის ბიურეტი, 0,1 მლ-იანი დანაყოფებით; 6 ცალი ძაბრი გასაფილტრად; ფილტრის ქაღალდი; ცხოველური ნახშირი.

ხსნარები: 2 ნ. ძმრის მჟავა; 0,1 ნ. მწვავე ნატრიუმის ტუტე; ფენოლფტალეინი (ინდიკატორი).

ძმრის მჟავას ადსორბციის გაზომვა ცხოველური ნახშირის ზედაპირზე

2 ნ ძმრის მჟავას განზავებით ექვს კოლბაში ამზადებენ დაახლოებით შემდეგი კონცენტრაციისა და რაოდენობის ხსნარებს:

№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
150 მლ	150 მლ	150 მლ	125 მლ	110 მლ	105 მლ
0,012 ნ	0,025 ნ	0,05 ნ	0,1 ნ	0,2 ნ	0,4 ნ

ძმრის მჟავას ზუსტ შემცველობას საზღვრავენ 0,1 ნ NaOH-ით გატიტვრით (ინდიკატორი—ფენოლფტალეინი). ამასთან კოლბიდან № 1, 2 და 3 პიპეტით იღებენ 50 მლ № 4 კოლბიდან — 25 მლ, № 5 კოლბიდან — 20 მლ და № 6 კოლბიდან — 5 მლ ხსნარს. ამრიგად, ყველა კოლბში დარჩება ას-ასი მილიმეტრი ხსნარი. თითოეული კოლბში შეაქვთ 3 გ ცხოველური ნახშირი, შემდეგ კარგად ანჯღრევენ კოლბების მთელ მწკრივს 10 წუთის განმავლობაში. თითოეული კოლბის შემცველობას ცალ-ცალკე ფილტრავენ ქაღალდის ფილტრით. ფილტრიდან იმავე რაოდენობით იღებენ ნიმუშებს პიპეტით, რა რაოდენობითაც პირველი გატიტვრის დროს იყო აღებული და ისევ გატიტვრით საზღვრავენ ძმრის მჟავას რაოდენობას. სხვაობა პირველ და საბოლოო გატიტვრის შედეგებს შორის (100 მლ-ზე გადაანგარიშების შემდეგ) იძლევა ძმრის მჟავას x რაოდენობას, რომელიც შთანთქმული იყო 3 გ ნახშირით 100 მლ ხსნარიდან.

ნახშირის დამატებამდე ძმრის მჟავას ხსნარის გატიტვრა იძლევა საწყისი c კონცენტრაციის მნიშვნელობას, რომელიც გამოისახება 0,1 ნ ნატრიუმის ტუტის დახარჯული მლ რაოდენობით. c₁ კონცენტრაციის მნიშვნელობა გაირკვევა ადსორბციის შემდეგ გატიტვრის საშუალებით.

$$x = c - c_1$$

შედგენები გადააქვთ გრაფიკზე, ამასთან აბსცისთა ღერძზე აღნიშნავენ c_1 მნიშვნელობას, ორდინატთა ღერძზე კი $\frac{x}{m}$, სადაც m — მშთანთქმელის წონაა. მიღებული მრუდი არის ადსორბციის იზოთერმია. a და n მნიშვნელობათა გრაფიკულად განსასაზღვრავად, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, $\lg c$ გადაზომავენ აბსცისთა ღერძზე, ხოლო $\lg \frac{x}{m}$ — ორდინატთა ღერძზე. მიღებული წერტილები დაახლოებით სწორ ხაზზე განლაგდება.

გაზომავენ სწორი ხაზის აბსცისთა ღერძთან დახრის კუთხის ტანგენსის მნიშვნელობას, რაც n სიდიდეს იძლევა; ორდინატთა ღერძთან სწორი ხაზის გადაკვეთის წერტილის მანძილი აბსცისთა ღერძიდან იძლევა $\lg a$ -ს მნიშვნელობას.

დაკვირვების და გაანგარიშების შედეგების ჩაწერის ფორმა

№ კოლბი	დაახლოებითი კონცენტრაცია	c	c_1	$c - c_1 = x$	$\frac{x}{m}$	$\lg c_1$	$\lg \frac{x}{m}$
1							
2							
3							
4							
5							
6							

მუშაობის ანგარიში

1. მიღებული შედეგების მიხედვით დაიხაზოს ადსორბციის იზოთერმის გრაფიკი.

2. დაიხაზოს ლოგარითმული გრაფიკი და ამის მიხედვით n და $\lg a$ სიდიდის მნიშვნელობა განისაზღვროს.

საკონტროლო კითხვები

- როგორ მოვლენებს ეწოდება სორბცია?
- რა განსხვავებაა ადსორბციასა და აბსორბციას შორის?
- რა ფაქტორებზეა დამოკიდებული ადსორბცია?
- სად პოულობს პრაქტიკულ გამოყენებას ადსორბცია და კაპილარული კონდენსაცია?

ლიტერატურა

- А. И. Бродский, Физическая химия, т. II, гл. XXIII, § 518, 519, 521, 1948.
- И. А. Каблуков, Е. Н. Гапон, М. А. Гриндель, Физическая и коллоидная химия, гл. XII, 1, 1949.

**ნახშირის აქტივობის განსაზღვრა დასველების
სითბოს მიხედვით**

ყველაზე მეტად გავრცელებულ მშთანთქმელს წარმოადგენს ნახშირი. მშთანთქმელის მომზადების პირობების მიხედვით მიღებული ნახშირის ადსორბციის ხარისხი სხვადასხვანაირია, ხისა და ზოგიერთი ქვანახშირის ადსორბციის უნარი შეიძლება გავადიდოთ თუ მას დავამუშავებთ ორთქლით და სხვადასხვა რეაქტივით მაღალი ტემპერატურის დროს. ასეთმა ნახშირმა მიიღო გააქტივებული ნახშირის სახელწოდება.

გააქტივებული ნახშირი კარგად აუფერულებს სითხეებს, რომლებიც შეფერილია არასასურველი მინარევებით, შთანთქავს მათგან არა საჭირო ნარევებს და სპობს არასასიამოვნო სუნს. ამიტომ ტექნიკაში მან ფართო გამოყენება მოიპოვა სპირტ-არაყის მრეწველობაში, შაქრის წარმოებასა და ამ უკანასკნელ ხანაში მედიცინაში, როგორც შხამების საწინააღმდეგო, სადეზინფექციო და სუნის მომსპობმა საშუალებამ. მთელ რიგ წარმოებებში გააქტივებული ნახშირი გამოიყენება აგრეთვე ჰაერიდან გამხსნელების ორთქლის, მაგ., ბენზოლის, ბენზინისა და სხვ. მშთანთქმელად. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გააქტივებულ ნახშირს ქიმიური თავდაცვის საქმეში. ის არის, აუცილებელი შემადგენელი ნაწილი ყოველი აირწინალისა ან აირთავშესაფარის ფილტრ-მშთანთქმელისა.

არც ერთი ტენიანი მშთანთქმელი, როგორცაა, მაგ., ტორფი ან მიწა, არ უზრუნველყოფს თავდაცვას ქიმიური თავდასხმის დროს მომწამვლელ ნივთიერებათაგან ისე, როგორც გააქტივებული ნახშირი.

გააქტივებული ნახშირის განსაკუთრებული თვისებები, რომლებიც მას ხდიან ქიმიწინააღმდეგო თავდაცვაში მეტად ძვირფასს და შეუწავლელად მასალად, მდგომარეობს იმაში, რომ გაქუჩყიანებული ან შხამიანი ნივთიერებით მოწამლული ჰაერი, გაივლის რა ნახშირის ფენაში, განთავისუფლდება მინარევებიდან თავისი პირვანდელი შედგენილობის შეუცვლელად. გააქტივებული ნახშირი წმინდა სახით ან მცირე რაოდენობის სხვა ქიმიურ ნივთიერებათა შემცველობის შემთხვევაში შთანთქავს თითქმის ყველა ცნობილ ქიმიურ შხამიან ნივთიერებას. ნახშირის ეს უნარი პირველად გამოყენებულ იქნა რუს აკადემიკოს ნ. დ. ზელინსკის მიერ პირველი მშრალი აირწინალის მოსაწყობად.

ნახშირის შთანთქმის უნარი (ადსორბცია) დაპირობებულია ნახშირის მეტისმეტად დიდი ზედაპირით. ნახშირის გადამუშავება (მისი გააქტივება) მდგომარეობს ნახშირის ფორიანობის გაზრდაში, იმისდა მიხედვით, თუ რა ხარისხისაა ნედლი ნახშირი და რა წესით ხდება მისი დამუშავება, გამოდის სხვადასხვა აქტივობის ნახშირი. ნახშირის გამოყენების დროს აირწინალებისა, აირთავშესაფარებისა ან სამრეწველო მიზნებისათვის საჭიროა მისი აქტივობის, ე. ი. ადსორბციის უნარიანობის ცოდნა.

სითხეში მშთანთქმელის ჩაშვების დროს ხდება სითბოს გამოყოფა, როგორც მშთანთქმელის (ადსორბენტის) ზედაპირის მიერ სითხის ადსორბციის შედეგი. ამ თბურ ეფექტს შეესველების სითბო ეწოდება.

შესველების სითბო წარმოადგენს სორბენტის ზედაპირსა და გამხსნელის მოლეკულებს შორის მოქმედების საზომს, ე. ი. მისი ადსორბირების საზომს. გამხსნელის ადსორბირება, თავის მხრივ, ახასიათებს მშთანთქმელს და არის მისი გააქტივების მაჩვენებელი.

ჩვეულებრივად დასველების სითბოთი ნახშირის აქტივობის განსაზღვრის დროს, დამსველებელ სითხედ (გამხსნელად) იყენებენ ბენზოლს, რომელიც ნახშირით კარგად სორბირდება. ადსორბცია მიმდინარეობს სითბოს მნიშვნელოვანი რაოდენობის გამოყოფით.

მუშაობის მიზანი

ბალეზინ-ფელდტის ხელსაწყოთა და თერმომეტრული ხერხის საშუალებით, ნახშირის ბენზოლით დასველების სითბოს მიხედვით, ნახშირის აქტივობის განსაზღვრის მეთოდთან გაცნობა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ბალეზინ-ფელდტის ხელსაწყო, მასთან ორი თერმომეტრი—10-დან +50°, 0,1° დანაყოფებით; 200 მლ-იანი კიკა; 300 მლ-იანი 2 კიკა; ფაიფურის როდინი, როდინის კეით; ხის ნახშირი (ნახშირი—ნედლეული), ბენზოლი; მეთილენის ლურჯის ხსნარი 1:1000; გააქტივებული ნახშირი: ტორფის, კურკის, AF (გააქტივებული გრანურილებული), ცხოველური, ყველა სხვა მარკის გააქტივებული ნახშირები.

ბალეზინ-ფელდტის ხელსაწყოთა აღწერა

ბალეზინ-ფელდტის ხელსაწყოთა აგებულება სქემატურად ნაჩვენებია სურ. 36-ზე. ის შემდეგი ნაწილებისაგან შედგება:

1. მოხრილი კაპილარული მილისაგან 1 (მანომეტრი), რომელსაც აქვს ონკანი 2 და რომელიც ნახევრადგაღებულია შეფერილი სითხით (მეთილენის ლურჯის ხსნარით 1:1000); მოხრილი მილი შეიძლება იყოს აგრეთვე შედგენილი — სამკაპიტო და ონკანით; ონკანის მაგივრად შეიძლება ზამბარიანი მომჭერის აღება;

2. 15×1,5 სმ სიდიდის სინჯარისაგან 3, რომელიც ჩასმულია რეზინის საცობში 4; სასურველია გვქონდეს რამდენიმე ერთი დაქიმავი ზომის საცობებში ჩასმული სინჯარები, რომლებიც მორგებული უნდა იყოს ჭურჭელზე 5.

3. ჭურჭლისაგან 5, გვერდითი გადამყვანი მილით 8;

4. ცილინდრული თერმოსი 6, რომელიც უზრუნველყოფს ჭურჭლის 5 თერმოიზოლაციას (შუაშრისად შეიძლება ბამბის აღება);

5. სარეველებისაგან 7; შეიძლება აღებულ იქნეს ლითონის ან მინის მოხრილი წკირი;

6. შტატივისაგან 9 სკალით;

ხელსაწყოთა ზომები დაახლოებით შემდეგია: საერთო სიმაღლე 40—45 სმ, მოხრილი კაპილარული მილის სიმაღლე 20—25 სმ, დიამეტრი გარეთა სინჯარისა (ჭურჭლისა) 33 მმ, შიგა სინჯარისა—15 მმ.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ცალ-ცალკე ნაწილების შეერთების ჰერმეტიულობას.

ცდა. 1. ნახშირის აქტივობის განსაზღვრა ბალეზინ-ფელდტის ხელსაწყოს საშუალებით. ხელსაწყოს ააწყობენ და ამოწმებენ მის ჰერმეტიულობას. გამოსაკვლევი ნახშირის ნიმუშს აქუცმაცებენ ფაიფურის როდინში. სინჯარაში 3 ასხამენ 5 მლ ბენზოლს, რომლის ტემპერატურა დაყვანილია ნახშირის ტემპერატურამდე. ხსნიან ონკანს (ან მომჭერს) და ამ დროს სინჯარას 3 ჭურჭელში 5 დგამენ. სინჯარაში 3 დგამენ სარეველას და კეტავენ ონკანს. ხელსაწყოს ჰერმეტიულობას ამოწმებენ საცობზე ფრთხილი დაჭერით. თუ ონკანი დახურულია, სითხე მანომეტრულ მილში 1 ოდნავ შეიცვლის მდგომარეობას. ონკანს აღებენ ნულოვანი დონის დასამყარებლად, შემდეგ ისევ კეტავენ და სტოვებენ ასე მთელი ცდის განმავლობაში. სინჯარაში 3, რომელშიაც ჩასხმული იყო 5 მლ. ბენზოლი, ფრთხილად ყრიან ისეთივე მოცულობის გამოსაკვლევ ნახშირს. ნახშირის რაოდენობას ზომავენ მცირე სინჯარით, რომელსაც ავსებენ წინასწარ აღნიშნულ ნიშნამდე. სინჯარის შემადგენლობას ფრთხილად ურევვენ სარეველას 7 ზემოთ და ქვემოთ მოძრაობით. მანომეტრულ მილში 1 აღნიშნავენ შეღებილი სითხის დონის მაქსიმალურ აწევას. განსაზღვრის დამთავრებისას აღებენ ონკანს 2 და მხოლოდ მაშინ იღებენ სინჯარას 3 ჭურჭლიდან 5.

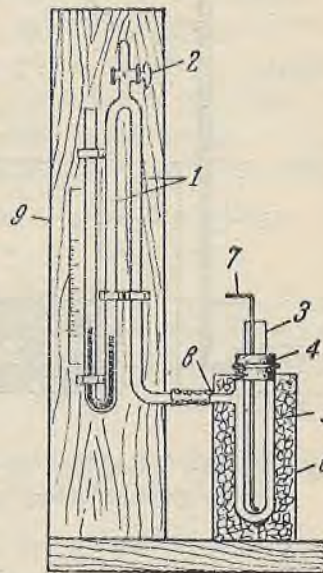
ყოველი ცდის შემდეგ სინჯარის შემადგენლობას ყრიან სპეციალურად მომზადებულ ჭურჭლებში ეტიკეტით, რომელზედაც წერენ ნახშირის მარკას, სინჯარას კი ავლებენ წყალს და აშრობენ. ასეთივე წესით საზღვრავენ სხვა მარკის ნახშირის აქტივობას.

ცდების შემდეგ მოგროვილ ნახშირს ავარგარებენ; შესაძლებელი ხდება მისი გამოყენება შემდეგი ცდებისათვის.

ნახშირი ითვლება კარგად მაშინ, როდესაც მისი აქტივობა ვერხვის ხის გააქტივებული ნახშირის აქტივობის ტოლია (კაბილარში აწევა 18—20 სმ).

ცდა. 2. ნახშირის დასველების სიბოხს განსაზღვრა თერმომეტრის საშუალებით. 200 მლ-იან ჭიქას ავსებენ ნახშირით—ნედლეულით; მთელ ნიმუშს ფაიფურის როდინში ყრიან და სრესენ ფხვნილის მიღებამდე.

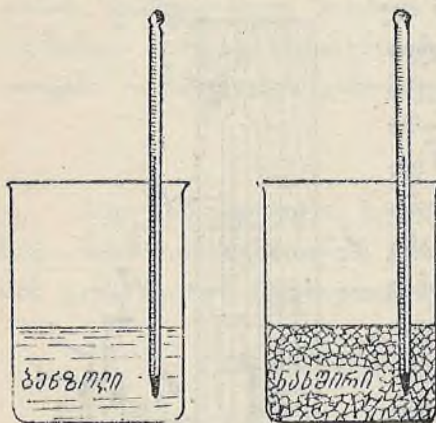
იღებენ 300 მლ-იანი ორ მინის ჭიქას (სურ. 37), ერთში ყრიან გამოსაკვლევი ნახშირის ნიმუშს, ისე რომ შეივსოს ჭიქის დაახლოებით ერთი მე-



სურ. 36. ნახშირის გააქტივების ხარისხის განსაზღვრისათვის ბალეზინ-ფელდტის ხელსაწყოს სქემა: 1-მოზრილი კაბილარული მილი; 2-ონკანი; 3-სინჯარა; 4-საცობი; 5-ჭურჭელი სარინი მილით; 6-თერპოსი; 7-სარეველა; 8-სარინი მილი; 9-შტატივი სკალით.

სამედი, ხოლო მეორეში კი ასხამენ იმავე რაოდენობის ბენზოლს. თერმომეტრების საშუალებით რწმუნდებიან იმაში, რომ ჭიქების შემცველობას აქვს ერთნაირი ტემპერატურა. დასაშვებია ტემპერატურათა შორის სხვაობა არა უმეტეს $0,3^{\circ}$ -ისა.

სწრაფად ასხამენ ბენზოლს ნახშირიან ჭიქაში და მთელ მასას თერმო-



სურ. 37. ნახშირის აქტივობის თერმომეტრული განსაზღვრა.

მეტრით კარგად ურევენ, რომლის დროსაც თვალყურს ადევნებენ ტემპერატურის აწევას. მისი მორევას წყვეტენ მაშინ, როდესაც შეწყდება ტემპერატურის აწევა.

მიღებული ნახშირის ხარისხზე მსჯელობენ საბოლოო და საწყის ტემპერატურათა შორის სხვაობით: თუ ტემპერატურის ზრდამ მიაღწია 7° ან მეტს, მაშინ გამოსაცდელი ნახშირი მაღალი ხარისხის ითვლება; თუ ტემპერატურა $4-7^{\circ}$ -ის საზღვრებში გაიზარდა, ნახშირი საშუალო ხარისხის ითვლება; და ბოლოს, თუ ტემპერატურის ზრდა $3,5^{\circ}$ -ზე ნაკლებია, მაშინ ნახშირი ცუდია.

ამგვარად, უნდა გამოიცადოს სხვა მარკის აქტიური ნახშირები.

დაკვირვების და გაანგარიშების შედეგების ჩაწერის ფორმა

№ რიგზე	მშთანთქმელის დასახელება	ხელსაწყოს მანომეტრის ჩვენება	ტემპერატურის ცვლილება	მშთანთქმელის დახასიათება

მუშაობის ანგარიში

1. პირველი და მეორე ცდის შედეგების შედარება.
2. დასველების სითბოსი და კაპილარში ღონის აწევის მიხედვით გამოცდილ ნახშირთა აქტივობის დიაგრამის შედგენა.

საპონტროლო კითხვები

რა უნდა გაკეთდეს იმისათვის, რომ ჩვეულებრივი ნახშირი გააქტივდეს?

რა მოთხოვნილებანია წაყენებული იმ გააქტივებული ნახშირებისადმი, რომლებიც იხმარება ბენზოლის ორთქლის დასაჭერად, ხსნარიდან საღებავების შთანთქმისა და საწამლავ ნივთიერებათა შთანთქმისათვის?

რატომ შეიძლება დასველების სითბოს მიხედვით ნახშირის აქტივობაზე მსჯელობა?

მშთანთქმელის ზედაპირიდან ერთი ნივთიერების მეორეთი განდევნა

ადსორბცია დამოკიდებულია არა მარტო მშთანთქმელის ბუნებაზე, არამედ მშთანთქმელი ნივთიერების ბუნებაზედაც.

როდესაც ხსნარში არა ერთი არამედ რამდენიმე ნივთიერება გვაქვს, მაშინ ისინი მშთანთქმელით ადსორბირდებიან მათი ადსორბციული უნარიანობის მიხედვით. მაგრამ, თუ ჯერ ადსორბირდება ერთი, უფრო ნაკლებად ადსორბციულ—აქტიური ნივთიერება, ხოლო შემდეგ კი ხსნარში უმატებენ უფრო მეტად ადსორბციულ-აქტიურ მეორე ნივთიერებას, მაშინ ხდება პირველი ნივთიერების მეორეთი განდევნა. ამ დროს მშთანთქმელის მიერ ადსორბირებული ნივთიერებათა რაოდენობის შეფარდება მათი ადსორბცირებული აქტივობის შესაბამისი იქნება.

ასეთივე მოვლენას ვამჩნევთ ხსნარებიდან ელექტროლიტთა ადსორბციის დროს. ყველა იონი არ ადსორბირდება ერთნაირად: ზოგი მათგანი უკეთესად, ზოგი უფრო ცუდად. მაგალითად, მძიმე ლითონების კათიონები ადსორბირდებიან უკეთ, ვიდრე იმავე ვალენტოვნების მსუბუქი ლითონების კათიონები.

მძლავრი ელექტროლიტების ხსნარებიდან ადსორბციაზე გავლენას ახდენს თავისუფალი იონების რაოდენობა და ნიშანი.

ადსორბციას ეწოდება ეკვივალენტური, თუ ადსორბირდება დადებითად დამუხტული და უარყოფითად დამუხტული იონთა ერთნაირი რაოდენობა. მაგრამ ადსორბცია შეიძლება იყოს გაცვლითი: მას ვამჩნევთ იმ შემთხვევებში, როდესაც ერთი ნიშნის იონი ადსორბირდება უკეთესად, ვიდრე საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტიანი იონი. ამ შემთხვევაში ელექტრონეიტრალობის შენარჩუნება უზრუნველყოფილია იმით, რომ მშთანთქმელიდან ელექტროლიტის ხსნარში განიდევნება იმავე ნიშნის მუხტიანი იონთა ეკვივალენტური რაოდენობა, როგორიც აქვს საადსორბირო იონებს.

გაცვლითი ადსორბციის საუკეთესო ადსორბენტთა ტიპობრივ მაგალითად შეიძლება გამოგვადგეს ბუნებრივი ცეოლიტები (ნატრიუმის ან კალციუმის წყლიანი ალუმოსილაკატები) ან იმავე შედგენილობის ხელოვნური „პერმუტიტები“. ისინი კარგად შთანთქავენ კალციუმისა და მაგნიუმის იონებს, გამოყოფენ რა ხსნარში ნატრიუმის იონთა ეკვივალენტურ რაოდენობას.

ცეოლიტებისა და პერმუტიტების ეს თვისება ფართოდ გამოიყენება ეგრეთწოდებულ წყლის სიხისტის შესამცირებლად. გაცვლითი ადსორბცია გამოიყენება საქვებზე მეურნეობაში, სადაც ორთქლის ქვაბებში ნადულის წარმოშვების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია წყლის სიხისტის გამომწვევი კალციუმის მარილების მოცილება, სამღებრო ტექნოლოგიაში და ა. შ.

მუშაობის მიზანი

1. ნივთიერებების ნარევის ხსნარებიდან ადსორბციაზე დაკვირვება.
2. მძიმე და მსუბუქი ლითონების კათიონთა სხვადასხვა ადსორბირების უნარის შედარება.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

შტატივი რგოლებითა და თათებით; შტატივი სიზღარებისათვის; 6 სინჯარა, მათგან 2 ხის საცობით; აფთიაქის სასწორი 20 გრ-იანი აბრებით; 200—300 მლ-იანი 3 კონუსური კოლბა; სარეცხელა გამოხდილი წყლით; 25 მლ მოცულობის 0,1 მლ დანაყოფებიანი ბიურეტი; 2ა, 10 და 2 მლ-იანი პიპეტები; 3 ძაბრი 5—7 სმ დიამეტრით.

ცხოველური ნახშირი; აცეტონი.

ხსნარები: 0,1 ნ. ძმრის მჟავა; 0,1 ნ. მწვავე ნატრიუმი; 0,1 ნ. კალიუმის ბიქრომატი; 0,02 ნ. კალიუმის ქლორიდი; 0,1 ნ მჟაუნმჟავას ამონიუმი; 0,1 ნ 2%-იანი ფენოლფტალეინის სპირტიანი ხსნარი.

ფილტრის ქაღალდი; მინაზე საწერი ფანქარი.

ცდა 1. ადსორბენტის ზედაპირიდან ერთი ნივთიერების მეორეთი განდევნა. 200—300 მლ-იანი სამ კონუსურ კოლბაში, რომლებიც დანომრილია (მინაზე საწერი) ფანქრით, ასხამენ პიპეტით 20—20 მლ 0,1 ნ ძმრის მჟავას ხსნარს. № 1 და 2 კოლბებში უმატებენ 20—20 მლ გამოხდილ წყალს, ხოლო № 3 კოლბში—20 მლ აცეტონს. № 1 კოლბა—საკონტროლოა. დანარჩენ ორ კოლბში შეაქვთ ზუსტად 1,00 გ ცხოველური ნახშირი და თითოეულ კოლბში სითხეს ანჯღრევენ 5 წუთის განმავლობაში.

პირველი სამი კოლბის შემდეგ დგამენ წინასწარ დანომრილ ასეთივე სამ კოლბს, ძაბრებითა და მშრალი ფილტრებით და მათში ფილტრავენ პირველი რიგის კოლბების შემცველობას (პირველიდან პირველში, მეორიდან მეორეში და მესამედან მესამეში). პირველ სამ კოლბს გვერდზე გადადგამენ და მათ ადგილზე დგამენ სამ მცირე კოლბს (№ 1, 2, 3), ხოლო პიპეტით გადააქვთ მათში 10—10 მლ ფილტრატი იმავე წესით—პირველიდან პირველში და ა. შ. ბიურეტში ასხამენ 0,1 ნ მწვავე ნატრიუმის ხსნარს. თითოეულ სამ კოლბში შეაქვთ 2—2 წვეთი ფენოლფტალეინი და ძმრის მჟავას ტიტრავენ. ინიშნავენ მწვავე ნატრიუმის ხსნარის ხარჯს თითოეულ შემთხვევაში.

დაკვირვებებისა და გაზომვების შედეგების ჩაწერის ფორმა

კოლბის შემცველობა	კოლბის №		
	1	2	3
აღებული 0,1 ნ ძმრის მჟავას ხსნარი, მლ.	20	20	20
დამატებული წყალი, მლ.	20	20	—
„ აცეტონი, მლ.	—	—	20
შეტანილია ხსნარში ნახშირი, გ.	—	1	1
გატიტრებზე დახარჯულია 0,1 ნ მწვავე ნატრიუმის ხსნარი, მლ.			
0,1 ნ. მწვავე ნატრიუმის ხსნარის მლ. რიცხვი, რომელიც შეესაბამება ნახშირის მიერ ადსორბირებულ მჟავას (პირველ და დანარჩენ კოლბებს შორის სხვაობით)			
ადსორბირებული ძმრის მჟავას პროცენტი № 2 და 3 კოლბებში (100%-ტად მიიღება NaOH-ის მილილიტრების რიცხვი, რომელიც დაიხარჯა № 1 კოლბში მჟავას გატიტრებაზე			

ცდა 2. ადსორბცია კალციუმისა და Pb-ის იონების შემცველი ხსნარიდან. ორ სინჯარაში ნახევრამდე ასხამენ 0,05%-იან აზოტმჟავას, ერთ მათგანში K_2CrO_4 -ის ხსნარით ლექავენ ყვითელ $PbCrO_4$ -ს.

მეორე სინჯარაში უმატებენ 1 გრ-მდე აქტივირებულ ნახშირს, უკეთებენ საცობს და 3 წუთიანი შენჯღრევის შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ სუფთა სინჯარაში და K_2CrO_4 -ის ნიმუშით რწმუნდებიან იმაში, რომ ხსნარში Pb^{++} -ის იონები არა გვაქვს.

ორ სხვა სინჯარაში ნახევრამდე ასხამენ 0,02 ნ აზოტმჟავა კალციუმის ხსნარს. იმ შემთხვევაში, როდესაც აქტივირებული ნახშირი არა გვაქვს კალციუმის იონებს აღმოაჩენენ მჟაუნმჟავა ამონიუმთან რეაქციით; აქტივირებული ნახშირით დამუშავების შემდეგ ხსნარში არ აღმოჩნდება კალციუმის იონები.

მუშაობის ანგარიში

1. ცდის შედეგები ჩაიწეროს მოცემული ფორმის მიხედვით.
2. ახსენით, რატომ ცდაში 1 ძმრის მჟავას ერთნაირი კონცენტრაციის დროს ადსორბირებული მჟავას პროცენტი № 2 და 3 კოლბებში სხვადასხვაა.

ლიტერატურა

- А. И. Бродский, Физическая химия, т. II, гл. XXIII, § 518—527, 1948.
Н. П. Митрофанов и С. Е. Северин, Учебник физической и коллоидной химии, гл. XVI, § 126—131, 1948.

12. ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ცვლა კატალიზატორების მოქმედების დროს

პირობების მიხედვით ქიმიური რეაქციები მიმდინარეობს სხვადასხვა სიჩქარით. ქიმიური რეაქციის სიჩქარის დამოკიდებულება კონცენტრაციაზე განისაზღვრება მოქმედ მასათა კანონით, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ ყოველ მოცემულ მომენტში რეაქციის სიჩქარე მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ნამრავლის პროპორციულია. რადგან რეაქციის მიმდინარეობის პერიოდში ქიმიური რეაქციის სიჩქარე არ რჩება მუდმივი, ამიტომ მას საზღვრავენ როგორც უსასრულო მცირე დროის შუალედებში მორეაგირე ნივთიერების კონცენტრაციის ცვლილებისა და ამ დროის შუალედის სიდიდის ფარდობას. ქიმიური რეაქციის სიჩქარე განისაზღვრება დროის ერთეულში რეაქციაში შესული ან რეაქციის შედეგად მიღებული ნივთიერებათა რაოდენობით.

ამასთან მიღებულია, რომ კონცენტრაცია გამოსახულია მოლებში, ხოლო დრო წუთებში.

ამნაირად რეაქციის სიჩქარე

$$A + B \rightleftharpoons AB,$$

სადაც A და B—მორეაგირე ნივთიერებებია, ხოლო AB—რეაქციის პროდუქტი, შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი განტოლებით

$$-\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = K[A][B],$$

ე. ი. აღებულ A და B ნივთიერებათა კონცენტრაციის ცვლილება დროის ერთეულში ამ დროის შუალედში რეაქციაში მონაწილე ორივე ნივთიერების კონცენტრაციების ნამრავლის პროპორციულია.

აქ [A] და [B]—A და B ნივთიერებათა კონცენტრაციაა. ბერძნული ასოთი Δ (დელტა) მიღებულია მეტად მცირე ცვლილების აღნიშვნა. K—პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელსაც რეაქციის სიჩქარის კონსტანტი ეწოდება: მისი სიდიდე დამოკიდებულია მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნებაზე, ტემპერატურასა და კატალიზატორის თანდასწრებაზე.

რეაქციის სიჩქარის კონსტანტის რიცხობრივი მნიშვნელობა ტოლია რეაგირებული ნივთიერების რაოდენობისა დროის ერთეულში იმ შემთხვევისათვის, როდესაც მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაცია ერთის ტოლია.

ქიმიური რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციაზე, ტემპერატურასა და აგრეთვე იმაზე, არის თუ არა მორეაგირე ნარევი სხვადასხვა ნივთიერება, რომელთა რეაქციაში მონაწილეობა რეაქციის სიჩქარის შეცვლით გამოისახება; ამასთან ისინი არ შედიან საბოლოოდ მიღებული რეაქციის პროდუქტში, არ იცვლებიან რაოდენობრივად და რჩებიან ქიმიურად უცვლელი. ასეთ ნივთიერებებს კატალიზატორები ეწოდება. კატალიზატორებს შეუძლია გაადიდოს ან შეამციროს ქიმიური რეაქციის სიჩქარე, ეს კი დამოკიდებულია მათ ბუნებასა და მორეაგირე ნივთიერებათა ბუნებაზე; ამის გამო არჩევენ დადებით კატალიზს (კატალიზატორი აღიძვებს რეაქციის სიჩქარეს) და უარყოფით კატალიზს (კატალიზატორი ამცირებს რეაქციის სიჩქარეს).

იმ შემთხვევაში, როდესაც კატალიზატორი წარმოადგენს ისეთ ნივთიერებას, რომელიც იმყოფება იმავე ფაზაში, რომელშიაც მორეაგირე ნივთიერებანი მაშინ საქმე გვაქვს ჰომოგენურ კატალიზთან. იმ შემთხვევაში კი, როცა კატალიზატორი იმყოფება სხვა ფაზაში, ვიდრე მორეაგირე ნივთიერებანი, მაგალითად, მყარ ფაზაში, მორეაგირე ნივთიერებანი კი—აირივან ან თხევადში, მაშინ საქმე გვექნება ჰეტეროგენურ კატალიზთან.

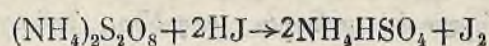
ზოგიერთი რეაქციისათვის შეიძლება შევარჩიოთ ორი ან მეტი ნივთიერების ნარევი, რომელნიც შეიძლება უფრო აქტიური აღმოჩნდნენ, ვიდრე თითოეული მათგანი ცალ-ცალკე. იმ ნივთიერებებს, რომლებიც თავისთავად არააქტიურია, მაგრამ მათი მცირე რაოდენობით კატალიზატორში დამატება მნიშვნელოვნად აღიძვებს კატალიზატორის აქტივობას, პრომოტორები ეწოდება.

მუშაობის მიზანი

კატალიზატორების გავლენის შესწავლა ქიმიური რეაქციების სიჩქარეზე.

სპილენძისა და რკინის იონების კატალიზური გავლენა ამონიუმის პერსულფატით იოდწყალბადის მჟავას დაჟანგვის სიჩქარეზე

ამონიუმის პერსულფატით იოდწყალბადის მჟავას დაჟანგვის რეაქცია



მეტად ნელა მიმდინარეობს.

ამ რეაქციის სიჩქარეს საზღვრავენ იმ იოდის რაოდენობით, რომელიც გამოიყოფა დროის ერთეულში, ან იმ დროის მონაკვეთით, რომელსაც მივიღებთ რეაქტივების შერევის მომენტიდან იოდის გამოყოფის დაწყებამდე. ვინაიდან იოდი თვითონ სუსტად აფერადებს განზავებულ ხსნარებს, ამიტომ

ამ შემთხვევაში მორეაგირე ნარევს წინასწარ უმატებენ სახამებლის ხსნარს, რომელიც იოდთან ინტენსიურ ლურჯ შეფერვას იძლევა.

იოდწყალბადმეცხვას დაჟანგვა ამონიუმის პერსულფატით მეტად ნელა მიმდინარეობს.

ამ რეაქციის მნიშვნელოვანი დაჩქარება შეიძლება, თუ სარეაქციო არეში სპილენძისა და რკინის იონებს შევიტანთ.

გამოყოფილი იოდის რაოდენობის განსაზღვრა

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

თერმოსტატი 25° ტემპერატურისათვის; 300 მლ-იანი 10 ბრტყელძირიანი კოლბი; 250 მლ-იანი 5 კონიური კოლბები; 20 მლ-იანი პიპეტი; საათი
ხსნარები: 0,1 ნ ამონიუმის პერსულფატი; 0,12 ნ იოდკალიუმის ხსნარი; 0,025 ნ გოგირდის მეცხვა; 0,0005 ნ სპილენძის შაბიამანი (0,06 გ/ლიტ. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); 0,00067 ნ რკინის შაბიამანი (0,09 გ/ლიტ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); 0,01 ნ ნატრიუმის ჰიპოსულფიტი (1,69 გ/ლიტ. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); სახამებელი (ახლად დამზადებული).

ცდა. 1. 25° ტემპერატურაზე თერმოსტატში დგამენ 6 ცალ ბრტყელძირიან კოლბს (300 მლ-იანს), რომლებშიაც ჩასხმულია: პირველში—250 მლ წყალი, მეორეში—250 მლ ამონიუმის პერსულფატის ხსნარი; მესამეში—250 მლ იოდკალიუმის ხსნარი, მეოთხეში—250 მლ სპილენძის შაბიამანის ხსნარი, მეხუთეში—250 მლ გოგირდის მეცხვას ხსნარი და მეექვსეში—250 მლ რკინის შაბიამანის ხსნარი, ზემომოყვანილი კონცენტრაციებით. ერთდროულად თოვლში ან დამტვრეულ ყინულში დგამენ 250 მლ-იან 3 კონიურ კოლბს, რომლებშიაც ასხამენ წყალს 100 მლ-ის რაოდენობით.

იმის შემდეგ, როდესაც თერმოსტატში დაყენებულ კოლბებში მოთავსებული ხსნარები მიიღებენ მის ტემპერატურას (40—50 წუთის შემდეგ), თერმოსტატიდან გამოუღებელივ, კოლბებიდან მშრალ სუფთა 300 მლ-იანი კოლბში ასხამენ რიგრიგობით ჯერ 100 მლ წყალს, შემდეგ კი 50 მლ ამონიუმის პერსულფატის ხსნარს, 50 მლ გოგირდის სიმეცხვას და 50 მლ. იოდკალიუმის ხსნარს. იოდკალიუმის ხსნარის ჩასხმის მომენტი ითვლება ცდის დასაწყისად და ინიშნავენ საათით დროს $t_0 = 0$. კოლბში მოთავსებულ ნარევს აურევენ და დგამენ მას თერმოსტატში. ყველა ეს ოპერაცია უნდა სწრაფად წარმოებდეს.

ცდის დასაწყისიდან ყოველ 5, 10, 20, 30, 50 და 60 წუთის შემდეგ, თერმოსტატიდან გამოუღებელივ, კოლბებიდან 20 მლ ნარევს ამოიღებენ და ასხნენ გაცივებულ წყლიან კონიურ კოლბში, შემდეგ ტიტრავენ ნატრიუმის ჰიპოსულფიტის ხსნარით, სახამებლის ხსნარის თანადასწრებით (ინდიკატორი). პიპეტით სინჯის ამოღების მომენტს საათით ინიშნავენ.

გატიტვრა უნდა სწრაფად წარმოებდეს. ჩაწერავენ თითოეულ გატიტვრაზე ნატრიუმის ჰიპოსულფიტის ხსნარის დახარჯულ რაოდენობას.

ცდა 2. რეაქციული ნარევის მისაღებად იღებენ 50 მლ წყალს, სპილენძის შაბიამანის ხსნარს, გოგირდმეცხვა ხსნარს, ამონიუმის პერსულფატის

ხსნარს და იოდკალიუმის ხსნარს. ამ ნაერთზე აწარმოებენ იმავეს, რაც პირველი ცდის დროს. გატიტვრას ახდენენ ყოველ 3, 5, 10, 15, 20, 40 და 60 წუთის შემდეგ იოდკალიუმის ხსნარის დამატების მომენტიდან.

ცდა 3. ცდა წარმოებს ისევე, როგორც მეორე შემთხვევაში, მხოლოდ 50 მლ სპილენძის შაბიამანის ხსნარის მაგივრად იღებენ 50 მლ რკინის შაბიამანს.

ცდა 4. ცდა ტარდება ისევე, როგორც პირველ შემთხვევაში, მხოლოდ წყლის მაგივრად იღებენ 50 მლ სპილენძის შაბიამანისა და რკინის შაბიამანის ხსნარს. გატიტვრას აწარმოებენ ყოველ 1, 2, 3, 5, 15 და 30 წუთის შემდეგ იოდკალიუმის ხსნარის დამატების მომენტიდან.

გატიტვრის შედეგების ჩაწერის ფორმა

№ ცდის	გატიტვრის დროს დახარ- ჯული $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ხსნარის რაოდენობა მლ-ით	დრო, წუთებით										
		1	2	3	5	10	15	20	30	40	50	60

მუშაობის ანგარიში

აღნიშნულ ფორმაში გატიტვრის ჩაწერილ შედეგებს გრაფიკულად გამოსახვენ შემდეგნაირად: აბსცისთა ღერძზე აღნიშნავენ დროს, ორდინატთა ღერძზე კი ნატრიუმის ჰიპოსულფიტის ხსნარის დახარჯულ რაოდენობას.

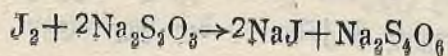
დროის მონაკვეთის გაზომვა რეაქციის დასაწყისიდან ხსნარის შეფერადების გამოჩენამდე

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

თერმოსტატი 25° ტემპერატურისათვის; 100 მლ-იანი 15 კიკა; 30 მლ-იანი 5 პიპეტი, 0,1 მლ დანაყოფებით; მინის წკირები მოსარეგად.

ხსნარები: 0,1 ნ ამონიუმის პერსულფატი; 0,5 ნ იოდკალიუმი; 0,5 ნ გოგირდის მჟავა; 0,005 ნ სპილენძის შაბიამანი (0,6 გ/ლიტ. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); 0,0067 ნ რკინის შაბიამანი (0,9 გ/ლიტ. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); 0,005 ნ ნატრიუმის ჰიპოსულფიტი (0,85 გ/ლიტ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) სახამებელი (ახლად მომზადებული).

ცდა. ანალიზურ ქიმიაში გატიტვრის იოდომეტრული მეთოდის ძირითად რეაქციად მიღებულია შემდეგი რეაქცია:



მისი დაბოლოებას ადგენენ სახამებლის ხსნარის თანდასწრებით ლურჯი შეფერვის გაქრობით, რაც გამოწვეულია იოდისა და სახამებლის ურთიერთ მოქმედებით.

თუ მეტად განზავებულ იოდის ხსნარს მივუმატებთ ნატრიუმ ჰიპოსუფიტის კარბ რაოდენობას, მაშინ სახამებლის თანდასწრებით სიოხე რამდენიმე ხანი რჩება უფერული ან სუსტად შეფერადებული ლურჯ ფერად, მაგრამ შემდეგ მუქ ლურჯ ფერს ღებულობს. ეს აიხსნება იმით, რომ ჯერ წარმოიქმნება შუალედი ნაერთი NaJS_2O_3 , რომელიც შემდეგში იშლება თავისუფალი იოდის გამოყოფით.

100 მლ-იან 12 კიქას წყვილ-წყვილად დგამენ ერთ რიგში ქალაღლის თეთრ ფურცელზე.

პირველი რიგის კიქებში ათავსებენ მინის წკირებს მოსარევად. ამ კიქებში ასხამენ ათ-ათი მლ 0,1 ნამონიუმის პეროსულფატს და 0,5 ნ გოგირდმეფას ხსნარს.

მეორე რიგის კიქებში ასხამენ გამოსაკლევ ხსნარებს, რომლების შედგენილობაც ნაჩვენებია ტაბულაში.

№ კიქების	ხსნარები მლ-ით				V წყალი მლ	VI სახამებლის ხსნარი მლ
	I	II	III	IV		
	FeSO_4 0,0067 გ	CuSO_4 0,005 გ	KJ 0,02 გ	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,005 გ		
1	5	5	5	2,5	27,5	1
2	5	5	5	5	25,0	1
3	5	5	5	6	24,0	1
4	5	5	5	7	23,0	1
5	5	5	5	8	22,0	1
6	5	5	5	9	21,0	1

პირველი ცდა ტარდება I, III, IV, VI ხსნარების ნარევებით და (V) წყლით. იმის შემდეგ, რაც მეორე რიგის კიქებში ჩასხმული იქნება ხსნარები, ამ კიქებიდან ხსნარს პირველი რიგის კიქებში ასხამენ ერთდროულად და სწრაფად ურევენ მიღებულ ნარევს მინის წკირით. საათით, (მეტრონომით ან წუთმზომით) ინიშნავენ ხსნარის გაღურჯების მომენტს თითოეულ კიქაში ცალ-ცალკე.

მეორე ცდას ატარებენ ასევე, მხოლოდ რკინის შაბიამანის ნაცვლად (I) იღებენ სპილენძის შაბიამანის ხსნარს (II).

მესამე ცდას ატარებენ ორივე კატალიზატორის ერთდროული თანდასწრებით ($\text{FeSO}_4 + \text{CuSO}_4$).

მეოთხე ცდას ატარებენ უკატალიზატოროდ.

მესამე და მეოთხე ცდების დროს წყალს იღებენ იმდენს, რომ საერთო მოცულობა ნარევის ყოველ კიქაში 40 მლ უდრიდეს.

მუშაობის ანგარიში

მიღებულ ექსპერიმენტულ მონაცემებს ჩაწერენ ხოლმე ქვემოთყვანილ ფორმის მიხედვით და გადაიტანენ გრაფიკზე; აბსცისთა ღერძზე აღნიშნავენ დროის მნიშვნელობას ცდის დასაწყისიდან ხსნარის ლურჯად შეფერვამდე, ორდინატთა ღერძზე კი აღებულ ქიქაში $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -ის ხსნარის რაოდენობას მილილიტრობით.

დაკვირვებისა და გაზომვის შედეგების ჩაწერის ფორმა

ცდის პირობები	№ № ტექების					
	1	2	3	4	5	6
FeSO_4 -ით						
CuSO_4 -ით						
$\text{FeSO}_4 + \text{CuSO}_4$ -ით						
უკატალიზატორად						

სამონიტროლო კითხვები

რას ეწოდება ქიმიური რეაქციის სიჩქარე?
რომელ ფაქტორებზეა დამოკიდებული ქიმიური რეაქციების სიჩქარე?
როგორ გავლენას ახდენს ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე ორი კატალიზატორის ერთდროულად თანდასწრება?

ლიტერატურა

- А. И. Бродский, Физическая химия, т. I, гл. XXIV, § 542—546. гл. XXV, § 556 гл. XXVI, § 583—591, 1948.
И. А. Каблуков, Е. Н. Гапон, М. А. Гриндель, Физическая и коллоидная химия, гл. VI, § 138, 144, 1949.

13. ზოლების მიღება

ყველა დისპერსიული სისტემა, მათი დისპერსიული ფაზის წილაკების სიდიდის მიხედვით, პირობით შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

1) სუსტენზიები და ემულსიები—რომელთა წილაკების სიდიდე მეტია 0,1 μ -ზე.

2) კოლოიდური სისტემები—რომელთა წილაკების სიდიდე 0,1 μ -დან 1 $m\mu$ -მდეა.

3) ქეშმარიტი ხსნარები, (მოლეკულური და იონური დისპერსიული სისტემები)—რომელთა წილაკების სიდიდე 1 $m\mu$ -ზე ნაკლებია.

კოლოიდური ხსნარები შეიძლება მიღებულ იქნეს ერთიმეორის საწინააღმდეგო ორი მეთოდით: ა) მსხვილი წილაკების უფრო წვრილ წილაკებად დამსხვრევით ან დისპერგირებით (ლათინური სიტყვიდან *dispergere*—გაფანტვა); ბ) უფრო მსხვილ წილაკებად მოლეკულების ან იონების აგრეგაციით (ლათინური სიტყვიდან *aggregare*—მიერთება).

კოლოიდების მიღების მეთოდს, რომელიც დამყარებულია დამსხვრევაზე დისპერგირება ეწოდება. მეთოდს, რომელიც დაკავშირებულია მოლეკულების (იონების) უფრო მსხვილ ნაწილაკებად აგრეგაციასთან კონდენსაციური მეთოდი ეწოდება.

მდგრადი კოლოიდური სისტემის მიღებისათვის მთავარ პირობას წარმოადგენს ისეთი ნივთიერებათა თანდასწრება, რომლებიც ადსორბირდებიან რა კოლოიდური წილაკების ზედაპირზე, ჰქმნიან საკმარისად ინტენსიურ ურთიერთმოქმედებას წილაკის ზედაპირსა და მის გარემომცველ არის შორის.

იმ ნივთიერებებს, რომლებიც კოლოიდური ხსნარების მდგრადობას აპირობებენ სტაბილიზატორები ეწოდება.

დისპერგირების გზით კოლოიდური ხსნარების (ზოლების) მიღება ხორციელდება მყარი სხეულის მექანიკური დაქუცმაცებით როდინში ანდა კოლოიდური წისქვილის საშუალებით, სტაბილიზატორის თანდასწრებით, და აგრეთვე პეპტიზაციით. ლაბებიდან ან ფაშარი ნალექებიდან ზოლების მიღების პროცესს ზოგიერთი იმ ნივთიერების მათზე მოქმედებით, რომლებიც კარგად ადსორბირდებიან კოლოიდური წილაკის ზედაპირზე და ამგვარად ანიჭებენ მათ ზოლში გადასვლის უნარს, პეპტიზაციას ეწოდებენ. პეპტიზაციის დროს არ იცვლება ლაბის ან ნალექის შემადგენელი წილაკების დისპერსიულობის ხარისხი, არამედ ხდება მხოლოდ მათი განცალკევება.

პეპტიზაცია შეიძლება იყოს უშუალო და არაუშუალო იმისდა მიხედვით, თუ რა ადსორბირდება წილაკის ზედაპირზე მათ გაყოფამდე: დამატებული ნივთიერება (სტაბილიზატორი) როგორც ასეთი, თუ წილაკის ნივთიერებასთან მისი ურთიერთმოქმედების ნაწარმი.

უშუალო პეპტიზაციის მაგალითად შეიძლება გამოვიყენოთ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ნალექის დისპერგირება მასზე FeCl_3 ხსნარის მოქმედებით. აქ Fe^{+++} იონები, ადსორბირდება რა წილაკის ზედაპირზე, ანიჭებს მას დადებითი ნიშნის მუხტს, რაც იწვევს წილაკების ურთიერთ განზიდვას და ნალექის გადასვლას ხსნარში.

არაუშუალო პეპტიზაციის მაგალითად იმ შემთხვევაში, როდესაც წილაკის ზედაპირზე ადსორბირებული იონები წარმოიქმნება ქიმიური რეაქციის დროს, რაც წინ უძღვის თვით პეპტიზაციას, გამოდგება იმავე ზოლის მიღება $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ლაბისებრ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ნალექზე განზავებული HCl ის მოქმედებით. ამ შემთხვევაში ზედაპირზე მოთავსებული $\text{Fe}(\text{OH})_3$ მოლეკულები ურთიერთმოქმედებაშია HCl -თან და ჰქმნიან FeOCl მოლეკულებს, რომლებიც ნალექის პეპტიზაციას იწვევენ.

კონდენსაციის მეთოდით კოლოიდური სისტემების მიღება წარმოებს შემდეგი გზით:

ა) აორთქლებადი ნივთიერების მოლეკულების კონდენსაციით, რომლებიც ერთდება წვრილ წილაკებად.

ბ) არის შეცვლით იმნაირად, რომ ხსნადი ნივთიერება გახდეს უხსნადი ან მცირე ხსნადი (მაგ. გამხსნელის შეცვლით).

გ) ქიმიური რეაქციების ჩატარებით ხსნარში, რის შედეგად ძნელად ხსნად ნივთიერებანი მიიღება.

კონდენსაციის დროს აუცილებელ პირობას წარმოადგენს იმ ნივთიერების უმცირესი ხსნადობა, რომელიც ჰქმნის დისპერსიულ ფაზას მის გარემომცველ სითხეში. თუ ეს პირობა დაცული არ არის, მაშინ არ ხდება კოლოიდური დისპერსიულობის ხარისხით წილაკების წარმოქმნა.

ამის გარდა საჭიროა, რომ არისა და წილაკებს შორის იყოს ისეთი ურთიერთმოქმედება, რომელიც დააყოვნებს წილაკების ერთმანეთთან შეერთებას.

მუშაობის მიზანი

კოლოიდური ხსნარების (ზოლების) მიღება კონდენსაციისა და დისპერგირების მეთოდით.

კონდენსაციის მეთოდი

გოგირდის და კოლოფონის ჰიდროზოლების მიღება

- მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

100 მლ-იანი სახოპი ცილინდრი; 2 ცალი ბრტყელძირიანი კოლბები საცობებით.

2%-იანი კოლოფონის ხსნარი ეთილის სპირტში; გოგირდის ნაჯერი ხსნარი ეთილის სპირტში.

გამოხდილი წყალი.

გოგირდი ან კოლოფონი იხსნება ეთილის სპირტში და წარმოშობს ჭეშმარიტ ხსნარს. გოგირდი და კოლოფონი წყალში პრაქტიკულად უხსნადია, ამიტომ მათ სპირტიან ხსნარში წყლის დამატებით მოლეკულები კონდენსირდება უფრო მსხვილ აგრეგატებად.

ც და. აბსოლუტურ სპირტში გოგირდის ნაჯერ ხსნარს წვეთ-წვეთობით ასხამენ გამოხდილ წყალში და ანჯღრევენ; რძისფერი ოპალესცირებული ზოლი წამოიქმნება. 2%-იანი კოლოფონის სპირტის 5—10 მლ ხსნარს ინტენსიური შენჯღრევით წვეთ-წვეთობით უმატებენ 100 მლ გამოხდილ წყალს. საკმარისად მდგრადი რძისფერი ზოლი წარმოიქმნება.

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ ზოლის მიღება ჰიდროლიზის საშუალებით

მუშაობისათვის საჭირო მასალები და ხელსაწყოები

სამუშეა; აზტესტის ბადე; აირსანთურა; 150 მლ-იანი კონიური კოლბი; საწვეთი პიპეტი.

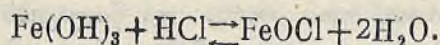
2%-იანი FeCl_3 -ის ხსნარი.

გამოხდილი წყალი.

რკინის ჰიდროჟანგის მიღების რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგი სქემით:

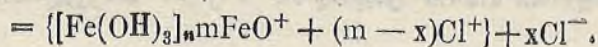
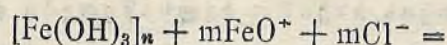
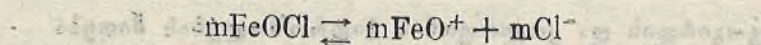


$\text{Fe}(\text{OH})_3$ აგრეგატის ზედაპირული მოლეკულები შედიან ქიმიურ რეაქციაში HCl -თან:



მიღებული მოლეკულები FeOCl დისოციაციის შედეგად FeO^+ და Cl^- იონებს ჰქმნის.

თუ ვიხელმძღვანელებთ ს. ლიბატოვის წესით, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ ხსნარიდან კოლოიდური წილაკის ზედაპირზე ადსორბირდება იონები, რომლებიც თავისი ბუნებით ახლოს არიან ბირთვის შედგენილობასთან, მაშინ რკინის ჟანგის ჰიდრატის წილაკის აგებულება სქემატურად შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ



ცდა. 100 მლ გამოხდილ წყალს აცხელებენ ადულებამდე. შემდეგ ადუ-
ლებულ წყალში წვეთ-წვეთობით 5—10 მლ 2%-იან FeCl_3 ხსნარს უმატებენ.
მიიღება რკინის ქანგის ჰიდრატის კოლოიდური ხსნარი, რომელსაც ინტენ-
სიური მოწითალო—მიხაკისფერი აქვს.

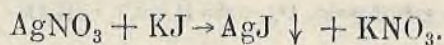
ვერცხლის იოდიდის ზოლის მიღება

(ორმაგი გაცვლითი რეაქცია)

მუშაობისათვის საჭირო მასალები და ხელსაწყოები

100 მლ-იანი 6 კონიური კოლბი; 20 მლ-იანი 2 პიპეტი; 25 მლ-იანი 2 ბი-
ურეტი, 0,1 მლ დანაყოფებით.
ხსნარები; 0,05 ნ იოდკალიუმი; 0,05 ნ აზოტმჟავა ვერცხლი.

ვერცხლის იოდიდის მიღების რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგი განტო-
ლების მიხედვით:



AgJ თითქმის არ იხსნება წყალში.

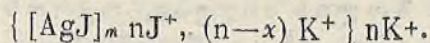
კოლოიდის მუხტი განისაზღვრება იმ იონით, რომელიც კოლოიდის მი-
ლების დასაწყისში ქარბობდა.

ვიხელმძღვანელებთ რა ამ მოსაზრებით, შეიძლება სხვადასხვა ნიშნის
მუხტიანი AgJ ზოლის წილაკები მივიღოთ. AgNO_3 -ს სიჭარბის დროს AgJ -ის
მიღებული წილაკი დამუხტული იქნება დადებითად, რადგან ამ შემთხვევაში
უფრო მეტად აღსორბირდება Ag^+ იონი; იმავე გზით შეიძლება უარყო-
ფითად დამუხტული წილაკების მიღება KJ -ის სიჭარბის დროს.

AgNO_3 სიჭარბის დროს, წილაკის ბირთვი, რომელიც შედგება AgJ
მოლეკულების დიდი რაოდენობისაგან, აღსორბირებს Ag^+ იონებს.

$$\frac{\text{წილაკი}}{[\text{AgJ}]_m \quad n\text{Ag}^+ (n-x) \text{NO}_3^- \quad x\text{NO}_3^-} \quad \text{მიცემა.}$$

KJ -ის სიჭარბის დროს მიცელას ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს:



ცდა 1. სამ კონიურ კოლბში პიპეტით ასხამენ 20 მლ 0,05 ნ
 KJ ხსნარს და შემდეგ ინტენსიური შენჯღრევით თანდათან უმატებენ ბიურე-
ტიდან პირველ კოლბში 16 მლ., მეორეში—18 მლ და მესამეში 20 მლ
0,05 ნ აზოტმჟავა ვერცხლის მარილის ხსნარს.

ცდა 2. იმეორებენ პირველ ცდას; იმ განსხვავებით, რომ კოლბში ჯერ
ასხამენ 20 მლ AgNO_3 ხსნარს, შემდეგ კი ბიურეტიდან უმატებენ KJ
ხსნარს, აგრეთვე 16, 18 და 20 მლ რაოდენობით.

შეიძლება შევა-
საქონო, რომელ შემთხვევაში მივიღებთ დადებითად დამუხტულ და რომელ
შემთხვევაში — უარყოფითად დამუხტულ წილაკებს.

ოქროსა და ვერცხლის ჰიდროზოლების მიღება

(აღდგენის რეაქცია)

მუშაობისათვის საჭირო მასალები და ხელსაწყოები

250 მლ-იანი 5 კონიური კოლბი და 10 მლ-იანი 5 კიკა აწონისათვის; 15 მლ-იანი პიპეტი, დანაყოფებით; 100 მლ-იანი საზოპი ცილინდრი, 0,5 მლ-იანი დანაყოფებით.

კრისტალური ჰიპოსულფიტი $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; ეთილის სპირტი; მჟავა (ბე. წონ. 1,84).

ხსნარები: ნავჯერი ნატრიუმ ქლორის: 1%-იანი ტანინის; 1%-იანი ნახშირმჟავა ნატრიუმის; 1 ნ აზოტმჟავა ვერცხლისა, 1%-იანი $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

კოლოიდური ხსნარები შეიძლება მივიღოთ ლითონის აღდგენით მისი შენაერთებიდან. როგორც აღმდგენელი, ყველაზე უფრო ხშირად იხმარება ფორმალდეჰიდი, ეთილის სპირტი, წყალბადის ზეჟანგი, ტანინი, ჰიდროქი-ნონი და სხვ.

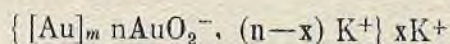
ცდა 1. ოქროს ზოლის მიღება ეთილის სპირტით ოქროს აღდგენით. 50 მლ კოლბში შეუყვებენ 3 მლ 0,1%-იან წყალბადმჟავას ოქროს ქლორიდს, 12 მლ გამოხდილ წყალს და 20 მლ ეთილის სპირტს. ამ ხსნარს თანდათან წვეთ-წვეთობით ასხამენ ადუღებულ გამოხდილ წყლიან 150 მლ კოლბში. იღებენ ოქროს კოლოიდურ ხსნარს, რომლის ფერი შეიძლება მერყეობდეს ვარდისფერიდან დაწყებული ალუბლის ფერამდე. თუ ადუღებულ კოლოიდურ ხსნარში კიდევ ჩაუშვამატებთ ფრთხილად რამდენიმე მლ. 1%-იან წყალბადმჟავას ოქროს ქლორიდის ხსნარს, მაგრამ უკვე უსპირტოს, ხსნარი შეიცვლის თავის შეფერვას, რადგან წილაკის სიდიდის შეცვლა იწვევს მისი შეფერვის შეცვლას წითლიდან — იისფრამდე და ლურჯამდე. მეტი რაოდენობის წყალბადმჟავა ოქროს ქლორიდის ხსნარის დამატებით (20—30 მლ) ხსნარი მოყვითალო-მწვანე ფერს მიიღებს.

ცდა 2. ოქროს ზოლის მიღება, ოქროს მჟავას მარილები ტანინით აღდგენის გზით. წყალბადმჟავა ოქროს ქლორიდის მარილების აღსადგენად, ოქროს კოლოიდური ხსნარის მიღების დროს, იხმარება ტანინი, რომელიც რთულ ორგანულ ნივთიერებას წარმოადგენს. ტანინის ემპირიული ფორმულაა $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{46}$. დაქანგვის დროს ის გადადის ფლობაფენში $\text{C}_{76}\text{H}_{52}\text{O}_{48}$.

მუშაობისათვის საჭიროა ახლად მომზადებული 1%-იანი ტანინის ხსნარი, რისთვისაც 0,1 გ ტანინს 10 მლ გამოხდილ წყალში ვხსნით ოდნავი გათბობით.

ამჟამად წყალბადმჟავა ოქროს ქლორიდის ხსნარს იმ ანგარიშით, რომ 6 გრამი მჟავა 1 ლიტ. წყალში იყოს. იღებენ ამ ხსნარის 5 მლ და ანეიტრალებენ 0,2 ნ. ნახშირმჟავა კალიუმის ხსნარით (რეაქცია ლაკმუსზე). ამ დროს ხსნარში წარმოიშობა კალიუმის აურატი KAuO_2 . ხსნარს აზავებენ 100 მლ-მდე და ათბობენ ადუღებამდე. სანთურას გადადგამენ და თანდათან მცირე ულუფებით 0,1%-იანი ტანინის წყლიან ხსნარს უმატებენ, ხსნარის ინტენსიურ წითელ შეფერვამდე.

ოქროს მიცელას ფორმულაა

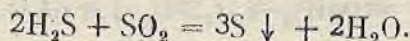


ტანინის მცირეოდენი სიჭარბე ხელს უწყობს უფრო მდგრადი ზოლის მიღებას, რადგან აქ ტანინი სტაბილიზატორის როლს თამაშობს. ამ მეთოდით შეიძლება მივიღოთ, განსაკუთრებით ტანინის ქარბი რაოდენობის დროს, მდგრადი მაღალი დისპერსიული ოქროს ზოლი, რომელიც ნაკლებად მგრძნობიარეა გაჭუჭყიანებისადმი.

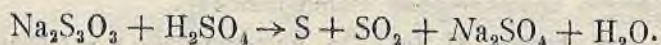
ცდა 3. ვერცხლის ზოლის მიღება. კოლბში, რომელშიაც 100 მლ გამოხდილი წყალია, უმატებენ 1 მლ 0,1 ნ აზოტმჟავა ვერცხლის ხსნარს, 1—2 წვეთს 1%-იან ნახშირმჟავა კალიუმის ხსნარს და 2—3 წვეთს ახლადმოშადებულ ტანინის ხსნარს. ხსნარი ღებულობს მოყვითალო-მიხაკისფერს, რომელიც ოდნავი გათბობით უფრო ინტენსიური ხდება.

გოგირდის ჰიდროლიზის მიღება დაჟანგვის მეთოდით

ჰაერის ჟანგბადით ან გოგირდოკანი ანჰიდრიდით გოგირდწყალბადის დაჟანგვის დროს გოგირდი გამოიყოფა კოლოიდურ მდგომარეობაში:



პრაქტიკულად უფრო მოხერხებულაა ნატრიუმ ჰიპოსულფიტის ხსნარიდან გოგირდის ზოლის მიღება, მასზე გოგირდმჟავას მოქმედებით:



ცდა. 50 გ კრისტალური ნატრიუმის ჰიპოსულფიტს $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ეხსნით 30 მლ წყალში. 300 მლ-იან ჭიქაში უმატებენ 38 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას (ხვედ. წ. 1,84). ჭიქას ათავსებენ წვრილად დამსხვრეულ ყინულში, გულდასმით ურევინებენ მჟავას და საწვეთი ძაბრიდან თანდათან უმატებენ წინასწარ მოშადებულ ნატრიუმ ჰიპოსულფიტის ხსნარს (მუშაობა უნდა ვაწარმოვოთ წვეთით). რეაქციის შედეგად ვღებულობთ ბაცი ყვითელი ფერის სქელ მასას. მას ეუმატებთ 100 მლ წყალს და ვაცხელებთ ადუღებული წყლის აბაზანზე, იშვიათად ვურევთ 30—60 წუთის განმავლობაში. მიღებული რძის ფერის გოგირდის ზოლს, გაცივების შემდეგ გაფილტრავენ მინის ბამბაში. გოგირდის ზოლი შეიცავს ელექტროლიტების ქარბ რაოდენობას, უმთავრე-

სად გოგირდმჟავასა და ნატრიუმის ჰიპოსულფიტს. უკანასკნელის მოსაშორებლად, მაშინათვე ახდენენ სრულ კოაგულაციას (დალექვას) სუფთა ნატრიუმ ქლორის ნაჯერი ხსნარის მცირე რაოდენობის დამატებით. სრული დაწდომის შემდეგ მიღებულ ნალექს გამოყოფენ სითხისაგან, გამოწურავენ ფილტრის ქაღალდის ფურცლებს შორის და ახდენენ პეპტიზაციის გამოხდელ წყალში. წყალში უხსნად ნაწილს მოაშორებენ მეორე კიქაში ზოლის გადატანით. ასეთი გზით მიღებული გოგირდის კოლოიდურ ხსნარს დისპერსიულობის მაღალი ხარისხი აქვს.

დისპერგირების მეთოდი

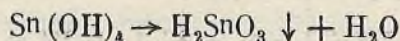
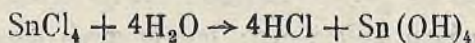
კალის მჟავასა და ალუმინის ჰიდრატის ზოლის მიღება მწვავე ტუტით ან მჟავით პეპტიზაციის საშუალებით

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

300 მლ-იანი 2 კიქა; სამფეხი; ასბესტის ბადე; 6 სინჯარა ზედადგარზე; 2 წვთის პიპეტი მწვავე ნატრიუმის ტუტისა და ოთხქლორიან კალისათვის; მინის წკრია; აირსანთურა.

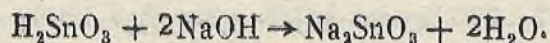
ხსნარები; 1 ნ ოთხქლორიანი კალა; 1 ნ მწვავე ნატრიუმი. 0,1 ნ მარილის მჟავა 0,1 ნ აზოტმჟავა ვერცხლი; 1%-იანი ქლორ-ალუმინის; ამონიაკის წყალხსნარი.

წყალხსნარებში კალის ქლორიდი განიცდის ჰიდროლიზს შემდეგი განტოლებით:



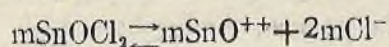
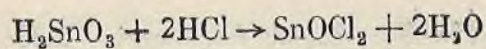
H_2SnO_3 ნალექი ტუტის ან მჟავას (პეპტიზატორების) გავლენით შეიძლება გადავიდეს კოლოიდურ ხსნარში. პეპტიზაციის დამახასიათებელია ის, რომ პეპტიზატორის რაოდენობა რამდენიმეჯერ (ხშირად 1000 ჯერ) ნაკლებია პეპტიზირებული ნივთიერების რაოდენობაზე.

NaOH -ის დამატებით H_2SnO_3 -ზე წარმოიქმნება M -კალამჟავას ნატრიუმის განტოლებით

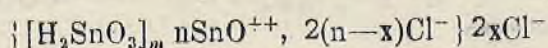


Na_2SnO_3 ხსნარში დისოციაციის შედეგად იძლევა უარყოფით იონს SnO_3^{--} , რომელიც ადსორბირების შედეგად ანიჭებს $(\text{H}_2\text{SnO}_3)_n$ აგრეგატს უარყოფით მუხტს; წარმოიქმნება მიცელები, და ნალექი გადადის ზოლში.

კალის მჟავის პეპტიზაცია შეიძლება მიმდინარეობდეს მჟავების მოქმედების ზეგავლენით. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება დადებითად დამუხტული ზოლი, სქემით:



მიცელას საერთო ფორმულას ექნება ასეთი სახე:



ცდა 1. 200 მლ ადულებულ წყალში წვეთწვეთობით უმატებენ SnCl_4 . წარმოიქმნება ნალექი. ნალექი გამოირეცხება დეკანტაციით ცხელი გამოხდილი წყლით Cl^- იონზე რეაქციის შეწყვეტამდე, რაც აზოტმჟავა ვერცხლის მარილის ხსნართან რეაქციით მოწმდება.

ჩარეცხილ ნალექს უმატებენ რამდენიმე წვეთს NaOH ან HCl , მეტად აზავებენ წყლით და ანჯღრევენ: წარმოიქმნება კალის მჟავას ზოლი.

ცდა 2. ალუმინის ჰიდრატ ქანგის ზოლის მიღებისათვის 1%-იან AlCl_3 ხსნარს უმატებენ NH_4OH ხსნარს. მიღებული ალუმინის ჰიდრატის ქანგის ნალექს გამორეცხავენ გამოხდილი წყლით ჯერ დეკანტაციით და შემდეგ ფილტრზე. გამორეცხვის დასასრულს, როდესაც ნალექი მეტად ბლანტი ხდება და გაფილტვრა ძალიან ნელა მიმდინარეობს, მას გადაიტანენ დიდ სუფთა კიბაში, უმატებენ 400—500 მლ გამოხდილ წყალს და აცხელებენ ადულებამდე. მდულარე სითხეში დროგამოშვებით უმატებენ 0,16 HCl -ს ხსნარის რამდენიმე წვეთს. 2—3 საათის შემდეგ ნალექი თითქმის მთლიანად პეპტიზირდება და კოლოიდურ ხსნარში გადადის.

ემულსიის მომზადება

(ბენზოლი წყალში და მზესუმზირას ზეთი წყალში)

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

100 მლ-იანი კოლბი; 100 მლ მოცულობის სახოში ცილინდრი მიღესილი საცობით; 5 მლ-იანი პიპეტი დანაყოფებით.

ბენზოლი; მზესუმზირას ზეთი; 2%-იანი საპნის სპირტიანი ხსნარი; კრისტალური ბორაკი.

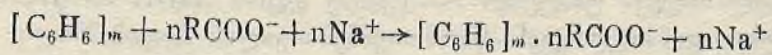
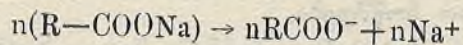
წყალთან ბენზოლის ნჯღრევით წარმოიქმნება ემულსია, რომელიც სწრაფად დაიყოფა ცალკე შრეებად. მდგრადი ემულსიის მისაღებად ნჯღრევა უნდა ვაწარმოოთ ემულგატორის თანდასწრებით, ამ შემთხვევაში—საპონთან.

ემულსიის წარმოშობის დროს საპნის, როგორც სტაბილიზატორის მოქმედება გამოწვეულია ორ ფაზათა საზღვარზე ადსორბციული შრეების აღნაგობით. ელექტროპოლარული ნაერთების (როგორიც არის საპონი) მოლეკულები განლაგდება მოსაზღვრე ფენაში, ზუსტად განსაზღვრული წესით. ელექტროპოლარული (მუხტის მზიდი) მოლეკულის ნაწილი ყოველთვის მიმართულია წყლისაკენ. საპნის მოლეკულებს აქვს ყოველთვის ნათლად გამოსახული პოლარული ხასიათი, მათი აღნაგობა შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით $\text{R}-\text{COONa}$,

სადაც R აღნიშნავს ნახშირწყალბადის რადიკალს. საპნის მოლეკულებს პოლარობას ანიჭებს—COONa ჯგუფი, რომელსაც აქვს ელექტროლიტური დისოციაციის უნარი; შედეგად მიიღება R—COO⁻ და Na⁺ იონები.

წყალთან ბენზოლის ნჯღრევის დროს საპნის მოლეკულები ადსორბირდება წვეთის ზედაპირზე და განლაგდება ისე, რომ—COONa ჯგუფები წყლისაკენ იქნება მიმართული.

— COONa ჯგუფს შორდება Na⁺ იონი და წვეთი იმუხტება, რაც აპირობებს ემულსიის მდგრადობას. ბენზოლის ემულსიის წილაკის აღნაგობა წყალში შეიძლება სქემატურად გამოვსახოთ შემდეგნაირად:



ანალოგიური სქემით შეიძლება აიხსნას ზეთის მდგრადი ემულსიის შექმნა წყალში ბორაკის თანდასწრებით.

ცდა 1. საცობიან ცილინდრში ასხამენ დაახლოებით 50 მლ წყალს და უმატებენ 10 მლ ბენზოლს. ანჯღრევენ ინტენსიურად. სტოვებენ წყნარ მდგომარეობაში. ემულსია არ წარმოიქმნება—სწრაფად ხდება სითხის დაყოფა ფენებად. ამის შემდეგ უმატებენ 10 მლ 2%-იან საპნის ხსნარს და ენერგიულად ანჯღრევენ. წარმოიქმნება ბენზოლის ემულსია.

ცდა 2. წონიან 4—5 გ ბორაკს და ხსნიან მას გაცხელებით 95 მლ. გამოხდილ წყალში. მიღებულ ხსნარს ასხამენ საზომ ცილინდრში, უმატებენ 2—3 მლ მზესუმზირას ზეთს და მაგრად ანჯღრევენ. წარმოიქმნება მდგრადი ემულსია.

მუშაობის ანგარიში

კოლოიდური სისტემათა წარმოქმნის სქემის ჩაწერა.

საკონტროლო კითხვები

- რა ადგილი უჭირავს კოლოიდებს სხვა დისპერსიულ სისტემებს შორის?
- კოლოიდურ ხსნარების მიღების რა მეთოდებია ცნობილი?
- რაში მდგომარეობს მათი არსი?
- საგმარისია თუ არა მართო დისპერსიულობის გაზრდა კოლოიდური სისტემის მისაღებად?
- რა ნიშნებით ხასიათდება პეპტიზაციის პროცესი?
- რა არის პეპტიზატორი?
- რა არის სტაბილიზატორი?
- როგორ მზადდება მდგრადი ემულსია?

ლიტერატურა

П. П. Митрофанов и С. Е. Северин, Учебник физической и коллоидной химии, гл. XIV, § 112—116, 1918.

14. კო ა გ უ ლ ა ც ი ა

კოლოიდური სისტემების განმასხვავებელ თვისებას წარმოადგენს მათი არამდგრადობა, რომელსაც ხშირ შემთხვევებში მცირე რაოდენობით ელექტროლიტის დამატებით ნალექის გამოყოფამდე მივყევართ. ამ დროს ნალექები დისპერსიული ფაზის ქიმიურ შედგენილობას ინარჩუნებენ.

ზოლის უმდგრადობის მიზეზი დისპერსიულობის ხარისხის არამუდმივობაა.

პროფ. ი. პესკოვმა შეიტანა მეცნიერებაში ცნება კოლოიდური სისტემების აგრეგატულ და მოლეკულურ-კინეტიკურ მდგრადობაზე. აგრეგატული მდგრადობა დამოკიდებულია სისტემის უნარიანობაზე შეინარჩუნოს ბევრად თუ ნაკლებად მისი წარმომქმნელი მიცელის დისპერსიულობის ხარისხი; კინეტიკური მდგრადობა კი დამოკიდებულია დისპერგირებული წილაკების უნარზე, რომლითაც ინარჩუნებენ თავის დისპერსიულობის ხარისხს და ეწინააღმდეგებიან სიმძიმის ძალის მოქმედებას ან ცენტრიდანულ ძალას, რომელიც ცდილობს გამოიწვიოს მიცელის გამოყოფა ზოლიდან. აგრეგატული მდგრადობა ერთი მხრით აიხსნება კოლოიდურ წილაკებში ერთნიშნა მუხტების არსებობით, რაც ხელს უშლის მათ შეერთებას უფრო მსხვილ აგრეგატებად. მეორე მხრივ აგრეგატული მდგრადობა კოლოიდური სისტემისა შეიძლება აიხსნას იმით, რომ კოლოიდური წილაკის გარშემო შეიძლება გამხსნელის მოლეკულებიდან წარმოიშვას მათთან მჭიდროდ დაკავშირებული სოლვატირებული გარსი.

კოლოიდებს, რომელთა წილაკები მჭიდროდ აკავშირებენ დისპერსიის არის მოლეკულებს, ლიოფილური კოლოიდები ეწოდება (იმ შემთხვევაში თუ დისპერსიის არედ წყალი გვაქვს, მაშინ მათ ჰიდროფილური ეწოდება). ლიოფილური კოლოიდები ადვილად გადადის ლაბის მდგომარეობაში. მათ აგრეთვე შექცევად კოლოიდებს უწოდებენ, რადგან შესაძლებელია მათი უშუალოდ გადასვლა გელიდან ზოლის მდგომარეობაში.

კოლოიდებს, რომლებიც დისპერსიის არის მოლეკულებთან არ შედიან კავშირში და არ წარმოქმნიან მკერძ შრეს ლიოფობური (ჰიდროფობური) კოლოიდები ეწოდება. დალექილი ლიოფობური ზოლები, ლიოფილებიდან განირჩევა იმით, რომ ისინი შეუქცევადი არიან და მათგან წარმოქმნილი ნალექი არ გადადის ხელახლად ზოლის მდგომარეობაში.

კოლოიდური წილაკების (მიცელის) აგრეგაციის (შეწებების) პროცესს, რაც იწვევს კოლოიდური წილაკების სიდიდის ზრდას, კო ა გ უ ლ ა ც ი ა ეწო-

დება. კოლოიდური წილაკების დისპერგაციის ხარისხის ზრდა იწვევს კოლოიდური ხსნარის ქეშმარიტ ხსნარში გადასვლას.

კოაგულაციის საწყის მომენტში წილაკები ჯერ მიკროსკოპით დასანახი ხდება, შემდეგ ზრდასთან ერთად იმდენად მსხვილდება, რომ გამოიყოფა ნალექის სახით. გარეგნულად კოაგულაციას თან ახლავს კოლოიდური ხსნარების შეფერვის შეცვლა, სიმღვრივე და ბოლოს ნალექის შექმნა.

დისპერსიული ფაზის ნალექის სახით გამოყოფის მოვლენას სედიმენტაცია (გამოლექვა) ეწოდება. კოაგულაცია შეიძლება დაიწყოს სისტემაზე ისეთი სხვადასხვა ბუნების აგენტის მოქმედებით, როგორც არის მაგალითად, ხანგრძლივი დიალიზი, ელექტროლიტების ხსნარის დამატება, არაელექტროლიტების დამატება, მექანიკური მოქმედება (მორევა ან შენჯღრევა), ძლიერი გაცივება ან გაცხელება, ელექტროდენის გატარება და დასასრულ სხივოსნური, ენერგიის მოქმედება.

ზოგჯერ კოაგულაცია შეიძლება დაიწყოს „სიბერის“ ან იმ ქიმიური ცვლილებების შედეგად, რომელიც თვით ზოლში ხდება.

ლიოფობური ზოლების კოაგულაცია შეიძლება გამოვიწვიოთ ყველა ელექტროლიტის ხსნარებით. ელექტროლიტის მაკოაგულირებელ ნაწილს წარმოადგენს მისი ერთ-ერთი იონი. ცხადი კოაგულაცია იწყება მაშინ, როდესაც ელექტროლიტის კონცენტრაცია აღემატება იმ მინიმალურ სიდიდეს, რომელსაც კოაგულაციის ზღვარი ეწოდება.

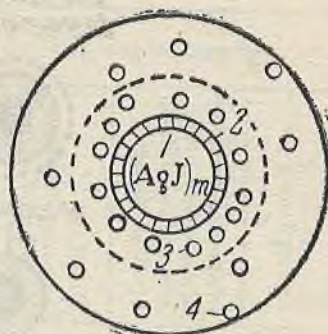
მაკოაგულირებელი მოქმედება განისაზღვრება იმ იონის ვალენტურობით, რომელსაც კოლოიდური წილაკის მოპირდაპირე ნიშნის მუხტი აქვს. მაკოაგულირებელი იონის მუხტის გადიდებით, მატულობს ელექტროლიტის კოაგულაციის მოქმედების უნარი. ეს მდგომარეობა ცნობილია, როგორც ნიშანდების წესი.

კოაგულაციის მიზეზს ყველა შემთხვევაში მათი დისპერსიის არესთან მიცელების კავშირის შემცირება წარმოადგენს.

ტიპობრივ ლიოფობურ კოლოიდურ სისტემებში ზოლის აგრეგატული მდგრადობა დამოკიდებულია იმ იონებზე, რომელნიც ადსორბირდებიან წილაკის ზედაპირზე.

ჩვეულებრივად მიცელის გულის ზედაპირით ადსორბირდება იონები, რომლებიც გულის შემადგენელი მოლეკულების შედგენილობაში შემავალი რომელიმე შემადგენელი ნაწილის მსგავსი ან ერთნაირი არიან. იონებს, რომლებიც დამუხტული არიან ადსორბირებული იონების მოპირდაპირე ნიშნის მუხტით „ანტი-იონები“ ეწოდება. ნაწილი მათგანი ელექტროსტატიკური ძალებით დაკავშირებულია ადსორბირებულ იონებთან და მათთან ერთად ქმნის ადსორბციულ შრეს გულის გარშემო. ანტიიონების დანარჩენი ნაწილი დიფუნდირდება გარემო არეში და შექმნის დაიფუზიურ შრეს, რომელიც სუსტად არის დაკავშირებული მიცელის დანარჩენ ნაწილებთან. რადგან ადსორბციული შრის ანტიიონები ატარებენ უფრო ნაკლებ ელექტრულ მუხტებს, ვიდრე ადსორბირებული იონები, ამიტომ გული იძენს ამ უკანასკნელების მუხტის ნიშანს.

ელექტრულ არეში ბირთვი ადსორბციულ შრესთან ერთად მოძრაობს ერთი მიმართულებით, ხოლო დიფუზიური შრის იონები კი მოპირდაპირე მიმართულებით. კოლოიდური სისტემის მდგრადობა დამოკიდებულია გულის ირგვლივ მყოფი შრის მდგომარეობაზე და ის მცირდება მათი სისქის შემცირებასთან ერთად. ლიოფილურ ზოლებში მიცელები დაფარული არიან გარემო არის შემადგენელი მოლეკულების სოლვატირებული გარსით.



ლიოფილურ კოლოიდებში მდგრადობა უფრო ნაკლებად არის დამოკიდებული ნაწილაკის მუხტზე, ვიდრე ლიოფობურ კოლოიდებში; ლიოფილური კოლოიდები მდგრადია მაშინაც კი, როდესაც კოლოიდური წილაკის მუხტი ნულის ტოლია. ეს აიხსნება იმით, რომ ლიოფილური ზოლის კოლოიდური წილაკი მჭიდროდ არის დაკავშირებული გამხსნელის მოლეკულებთან.

სურ. 38. ვერცხლის იოდიდის მიცელის აღნაგობის სქემა. საერთო ფორმულა $[(AgJ+nJ^{n-x})K^+xK^+]$

ლიოფილური კოლოიდების კოაგულაცია (წყალხსნარებისათვის—ჰიდროფილური) ისე, როგორც მთელი რიგი სხვა თვისება, ხასიათდება მრავალი განსაკუთრებული თავისებურობით. ასე, მაგალითად, ჰიდროფილური კოლოიდები უფრო მდგრადია ელექტროლიტების მიმართ.

1— $mAgJ$ ბირთვი
2— nJ^{n-x} ადსორბ-ციული შრე
3— $(n-x)K^+$
4—დიფუზიური შრე

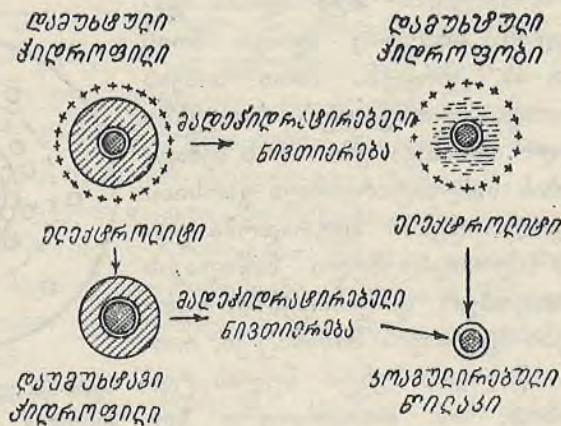
იმის გამო რომ ჰიდროფილური კოლოიდების მდგრადობა დაპირობებულია ორი ფაქტორით—ელექტროლიტის მუხტის არსებობით და კოლოიდური წილაკის სოლვატაციით, ჰიდროფილური კოლოიდის კოაგულაციისათვის საჭიროა კოლოიდური წილაკის მუხტის არა მარტო განეიტრალება, არამედ აგრეთვე დაშლა წყლის გარსისა, რომელიც გარს აკრავს შექცევადი კოლოიდის წილაკს. ამის შესრულებისათვის შესაძლებელია ასეთი გზა. ჯერ თავიდან მოქმედებენ ელექტროლიტით, გაანეიტრალევენ მუხტს, ამ დროს კოაგულაცია არ წარმოებს და შემდეგ უმატებენ მადეჰიდრატირებელ ნივთიერებას, მაგალითად, სპირტს, აცეტონს, ტანინსა და სხვა. მადეჰიდრატირებელი ნივთიერებანი შლის ჰიდროფილური კოლოიდის წყლის გარს, გადაიყვანს მას ჰიდროფობურში და ამის შემდეგ იწყება კოაგულაციის პროცესი. თანამიმდევრობა შეიძლება იყოს სხვანაირი: ჯერ დასაწყისში დეჰიდრატაცია, შემდეგ კი მუხტის განეიტრალება.

ორივე გზით ჰიდროფილური კოლოიდის კოაგულაციის შესაძლებლობის სქემა წარმოდგენილია სურ. 39-ზე.

მუშაობის მიზანი

1. ლიოფობური ზოლების კოაგულაციის მეთოდების გაცნობა და ნიშანდების წესზე დაკვირვება.

2. ლიოფილური კოლოიდების კოაგულაციის გაცნობა.
3. დაცვითი მოქმედების და ზოლების გადამუხტვის მოვლენის შესწავლა



სურ. 39. ლიოფილური ზოლის კოაგულაციის სქემა.

დარიშხანის სულფიდის (ელექტროუარყოფითი) ზოლისა და რკინის ჰიდროქსიდის (ელექტროდადებითი) ზოლის კოაგულაცია ელექტროლიტებით

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

100 მლ-იანი კონურ კოლბი; 25 მლ-იანი 2 ცალი პიპეტი; 50 მლ-იანი ბიუ-რეტი, 0,1 მლ-იანი დანაყოფებით; 2 ცალი მინაზე საწერი ფანქარი.

ზოლი: რკინის ჰიდროქსიდის, დარიშხანის სულფიდის ან ანთიმონის სულფიდის; ხსნარები: 2 ნატრიუმის ქლორიდი; 0,01 ნ კალციუმის ქლორიდი; 0,001 ნ ალუმინის ქლორიდი; 0,01 ნ გოგირდმჟავა ნატრიუმი; 0,001 ნ. კალიუმის სისხლის ყვეთელი მარილი.

ც და. ჰიდროფობური ზოლების კოაგულაცია. სამ ცალ სუფთა და მშრალ 100 მლ-იან კონურ კოლბში პიპეტით ასხამენ 25 მლ დიალიზებულ As_2S_3 (ან Sb_2S_3) ჰიდროზოლს, ხოლო შემდეგ მეორე პიპეტით მეორე სამ კოლბში 25 მლ აგრეთვე დიალიზებულ $Fe(OH)_3$ ჰიდროზოლს. ამის შემდეგ ყოველ კოლბში კოლოიდური ხსნარით, უმატებენ წვეთ-წვეთო-ბით ფრთხილად ბიურეტიდან სხვადასხვა ელექტროლიტის ხსნარს, სანამ არ მიიღებენ კოაგულაციის პირველ ნიშნებს.

შედგენებს წერენ ტაბულაში.

ზოლებისათვის კოაგულაციის დასაწყისი, ე. ი. წილაკის რაოდენობის შეცვლა, შეიძლება შევამჩნიოთ მხოლოდ ულტრამიკროსკოპის საშუალებით. შეუიარაღებელი თვალით შეიძლება შევამჩნიოთ მხოლოდ ცხადი კოაგულაციის დასაწყისი, მაგალითად, სიმღვრივის გაჩენა. ყოველი ელექტროლიტის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა გაარკვეული რაოდენობის ზოლის * კოაგულაციის

* ზოლში ელექტროლიტების ნელა დამატების დროს შემჩნეულია „შერევის“ მოვლენა. ამ პირობებში კოაგულაციისათვის უფრო მეტი რაოდენობის ელექტროლიტის ხსნარებია საჭირო, ვიდრე მისი სწრაფად მიმატების დროს.

გამოსაწვევად განისაზღვრება ერთი წვეთის სიზუსტით (ერთი წვეთის მოცულობა უდრის 0,05 მლ.).

ცდა As_2S_3 ჰიდროზოლზე				ცდა $Fe(OH)_3$ ჰიდროზოლზე			
დამატებული ელექტროლი- ტის ხსნარი	ელექტროლიტის ხსნარის კონცენ- ტრაცია	კოაგულაციისა- თვის საჭირო ელექ- ტროლიტის რა- ოდენობა (მლ-ებით)	გადაწვრიშეუ- ლი 0,001 ნორ- მალზე (მლ-ებით)	დამატებული ელექტროლი- ტის ხსნარი	ელექტროლიტის ხსნარის კონცენ- ტრაცია	კოაგულაციისა- თვის საჭირო ელექ- ტროლიტის რა- ოდენობა (მლ-ებით)	გადაწვრიშეუ- ლი 0,001 ნორ- მალზე (მლ-ებით)
NaCl . . .	25			NaCl . . .	25		
$CaCl_2$. . .	0,015			Na_2SO_4 . .	0,015		
$AlCl_3$. . .	0,0015			$K_3[Fe(CN)_6]$	0,0015		

მიღებული შედეგები გამოისახება გრაფიკულად, აბსცისთა ღერძზე აღი-
ნიშნება 0,001 ნ ხსნარის მილილიტრების რაოდენობის ლოგარიტმი, ხოლო
ორდინატთა ღერძზე მაკოაგულირებელი იონების ვალენტურობის მნიშვნე-
ლობის შეზღუდვით სიდიდეები.

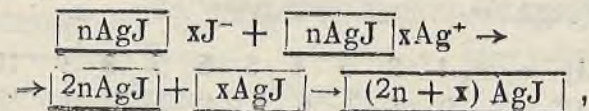
ამგვარად, ნათელი წარმოდგენა იქნება იმაზე თუ როგორ იზრდება კო-
აგულაციისათვის საჭირო ელექტროლიტის რაოდენობა, მაკოაგულირებელი
იონის მუხტის რაოდენობის შემცირების შედეგად.

ორი კოლოიდის ურთიერთ კოაგულაცია

ორი მოპირდაპირე ნიშნით დამუხტული ზოლის ერთმანეთში შერევით
იწყება კოაგულაცია იმ კონცენტრაციისა და პირობების დროს, როდესაც
ერთი კოლოიდის მუხტების საერთო რაოდენობა ანეიტრალებს მეორე
კოლოიდის მოპირდაპირე ნიშნის მუხტების მთლიან რაოდენობას.

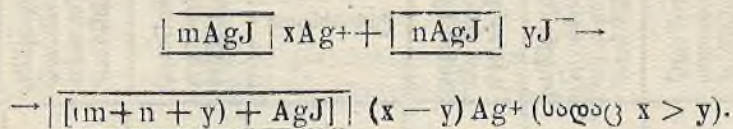
კოაგულაციის ოპტიმუმი იწყება მხოლოდ მაშინ, როდესაც მუხტების
საერთო რაოდენობა ორივე კოლოიდის წილაკებზე ერთნაირი იქნება. სხვა
თანაფარდობით კოაგულაცია შეიძლება არ მოხდეს, დისპერსიულ ფაზას ამ
შემთხვევაში ექნება იმ კოლოიდის ნიშანი, რომელიც ჭარბობს.

ურთიერთმოქმედება დადებითი და უარყოფითი იოდ-ვერცხლის ზოლე-
ბისა, რომელთა წილაკების აგებულობაზე ზემოთ ვილაპარაკეთ შეიძლება
ჩაიწეროს შემდეგი სქემით:



ე. ი. ეკვივალენტური რაოდენობის ორი მოპირდაპირე ნიშნით დამუხტული კოლოიდების ურთიერთმოქმედების შედეგად, გამოიყოფა უმუხტო AgJ ნალექის სახით. მოხდება დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ზოლების ურთიერთ კოაგულაცია.

ერთი რომელიმე ზოლის სიქარბის დროს წარმოიქმნება ზოლის ახალი მიცელები, მაგრამ იონოგენური კომპლექსის რაოდენობისა და AgJ მოლეკულების რაოდენობის სხვა თანაფარდობით, რომლის წარმოდგენაც თვალსაჩინოდ შეიძლება შემდეგი სქემით:



ასეთ პირობებში ზოლი დადებითად იქნება დამუხტული და ნაკლებად მდგრადი, რადგან მუხტი xAg^{+} ცხადია მეტია $(x-y) Ag^{+}$ მუხტზე. სულ სხვანაირი სურათია, როდესაც $x < y$ -ზე: კოლოიდი დამუხტულია უარყოფითი მუხტით.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ზის შტატივი 11 სინჯარით; 25 მლ-იანი ორი ბიურეტი დანაყოფებით 0,1 მლ; მინახე საწერი ფანქარი.

უარყოფითად დამუხტული AgJ ზოლი; დადებითად დამუხტული AgJ ზოლი; დადებითად დამუხტული $Fe(OH)_3$ ჰიდროზოლი; უარყოფითად დამუხტული As_2S_3 ჰიდროზოლი.

ც და. 1. იოდოვანი ვერცხლის დადებითი და უარყოფითი ზოლების ურთიერთ კოაგულაცია. ამზადებენ თერთმეტ მშრალ სინჯარას და ყოველ მათგანში ასხამენ ვერცხლის იოდიდის კოლოიდურ ხსნარს, უარყოფითად დამუხტული წილაკებით; პირველ სინჯარაში ასხამენ 1 მლ-ს, მეორეში 2 მლ-ს და ასე შემდეგ, ე. ი. ყოველ შემდეგ სინჯარაში ერთი მილილიტრით მეტია. მეათე სინჯარაში ასხამენ 10 მლ-ს, მეთერთმეტეს კი ტოვებენ ცარიელს. შემდეგ ყოველ სინჯარაში უმატებენ ვერცხლის იოდიდის დადებითად დამუხტული წილაკების მქონე კოლოიდურ ხსნარს იმ რაოდენობით, რომ სითხის საერთო მოცულობა თითოეულ სინჯარაში უდრიდეს 10 მლ-ს, ე. ი. პირველ სინჯარაში უმატებენ 9 მლ-ს, მეორეში 8 მლ-ს და ასე შემდეგ. მეათეში არაფერს არ უმატებენ, მეთერთმეტეში კი ასხამენ 10 მლ-ს. ამგვარად, მეათე და მეთერთმეტე სინჯარა საკონტროლოა, დანარჩენებში კი აწარმოებენ დაკვირვებას კოაგულაციის პროცესზე. მოპირდაპირედ დამუხტული ზოლის დამატების შემდეგ ყოველ სინჯარას ენერგიულად ანჯღრევენ. მიღებულ შედეგებს წერენ შემდეგნაირად:

ზოლი $[AgJ]^{-}$	. . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0
ზოლი $[AgJ]^{+}$	. . .	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	10

(ვერტიკალურად მდებარე ციფრები აღნიშნავს ამა თუ იმ ხსნარის შემცველობას ყოველ სინჯარაში, ე. ი. დადებითად ან უარყოფითად დამუხტულ კოლოიდებს მლ-ებით). შემდეგ შედგენილ ტაბულაში აღნიშნავენ იმ სინჯარებს, რომლებშიაც სწრაფად დაილექება დისპერსიული ფაზა და გამოყოფენ ჩარჩოთი. პლუს ნიშნით (+) და მინუს ნიშნით (—) აღნიშნავენ იმ კოლოიდურ ხსნარებს, რომელთაც დადებითად და უარყოფითად დამუხტული წილაკები აქვთ.

ცდა 2. დარიშხანის სულფიდის ზოლისა და რკინის ჰიდროზოლის ურთიერთ კოაგულაცია. ამზადებენ 6 მშრალ სინჯარას და თითოეულ მათგანში ასხამენ დარიშხანის სულფიდის ზოლსა და რკინის ჰიდრატს ქვემოაღნიშნული რაოდენობით:

	№ № სინჯარების					
	1	2	3	4	5	6
ჰიდროზოლი რკინის ჰიდროჟანგისა მლ.	0,1	0,5	1	3	5	5,5
ჰიდროზოლი დარიშხანის სულფიდისა მლ.	5,9	5,5	5	3	1	0,5
ხსნარის შეფერვა ნალექის ზემოთ . .						

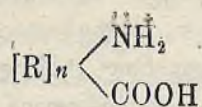
ანჯღრევენ თითოეულ სინჯარას და სტოვებენ ორი საათის განმავლობაში, რის შემდეგ ნიშნავენ თითოეული სინჯარის კოაგულაციის ხარისხს და ჩაიწერენ თუ რა შეფერვა მიიღო ხსნარმა ნალექის ზემოთ.

ჟელატინის კოაგულაცია იზოელექტრულ წერტილში მისი სპირტით დეჰიდრატაციის საშუალებით

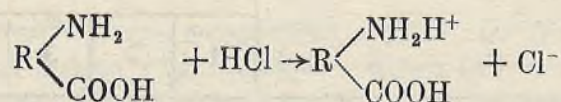
დისპერსიული ფაზის მდგომარეობას, როდესაც მას არა აქვს მზხტი, იზოელექტრული მდგომარეობა ეწოდება. იზოელექტრულ მდგომარეობაში ცილებს ახასიათებს ყველაზე მცირე მდგრადობა, უმცირესი სიბლანტე, მინიმალური ოსმოსური წნევა და გაჯირჯევის უმნიშვნელო უნარი. ჟელატინის იზოელექტრული მდგომარეობა შეესაბამება $pH = 4,7$.

ცილის მოლეკულები და მათ რიცხვში ჟელატინის მოლეკულები ისე, როგორც მათი იონები იმდენად დიდია, რომ ხსნარში კოლოიდების თვისებები აქვს. ცილოვან ნივთიერებებს აქვს უნარი წარმოქმნას იონები ხსნარში, მაგრამ ეს იონები, ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, შედგება მოლეკულების არა ცალკეულ ნაწილებისაგან არამედ მათი აგრეგატებისაგან.

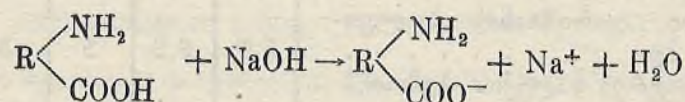
ცილის კოლოიდური წილაკის აღნაგობა ამ მკვლევარების აზრით შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი ფორმულით:



ცილოვანი სხეულების სხვადასხვაობისა და მათი შედგენილობის სირთულის შედეგად, მოყვანილ ფორმულაში მითითებულია მხოლოდ ამინო და კარბოქსილური ჯგუფების არსებობა, მაგრამ არ არის აღნიშნული არც ამ ჯგუფების რაოდენობა, არც რადიკალის R შედგენილობა და არც მისი სიდიდე. —NH₂ და —COOH ჯგუფების არსებობა მოლეკულაში ანიჭებს ცილებს ამფოტერულ ხასიათს — მჟავებსა და ტუტეებთან შეერთების უნარს ორნაირი შენაერთის წარმოქმნით, მაგალითად:



ან



ამგვარად, წყალბადიონების სიჭარბის დროს მეტი გვაქვს ცილის კათიონები, ტუტე არეში კი — ანიონები.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ხის შტატივი 25 მლ მოცულობის 9 სინჯარით; 25 მლ-იანი 4 ბიურეტი, 0,1 მლ დანაყოფებით; 2 მლ-იანი 2 პიპეტი; მინაზე საწერი სანთლის ფანქარი.

უწყლო ეთილის სპირტი.

ხსნარები: 0,1 ნ ძმარმჟავა ნატრიუმი; 1 ნ და 0,1 ნ ძმრის მჟავა; 1%-იანი ჟელატინი.

ცდ.ა. ჟელატინის ხსნარების კოაგულაცია. ჟელატინის ხსნარების მისაღებად ზუსტად განსაზღვრული pH-ით, ამზადებენ 25 მლ მოცულობის 9 სუფთა და მშრალ სინჯარას, რომლებიც მწყრივად არიან ჩადგმული ხის შტატივში. სინჯარები უნდა იყოს დანომრილი. საჭირო ნარეგების მისაღებად, ძმრის მჟავას ხსნარებსა და გამოხდილ წყალს ასხამენ, ყოველი სითხისათვის ცალკე ბიურეტიდან.

ისეთი შედგენილობის ნარეგებს ამზადებენ, როგორც ტაბულაშია აღნიშნული.

ძმრის მჟავას ნატრიუმისა და ჟელატინის ხსნარებს ზომავენ პიპეტებით. ტაბულის მიხედვით მომზადებული ნარეგები ერთნაირი მოცულობისაა (8 მლ), მაშასადამე, ჟელატინის კონცენტრაცია ყველა სინჯარაში ერთნაირია.

ნარევის შედგენილობა	№ № სინჯარების								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,1 5 CH ₃ COONa, მლ.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0,1 5 CH ₃ COOH, მლ.	0,12	0,25	0,5	1	2	4	—	—	—
1 5 CH ₃ COOH, მლ.	—	—	—	—	—	—	0,8	1,6	3,2
წყალი, მლ.	3,88	3,75	3,5	3	2	—	3,2	2,4	0,8
10% ქელატინის ხსნარი, მლ.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
pH ნარევის	6	5,6	5,3	5	4,7	4,1	4,1	3,8	3,5

მორევის დროს ბიურეტიდან ასხამენ ეთილის სპირტს (შეძლებისდაგვარად უნდა იყოს უწყლო) ჯერ სინჯარაში № 5 (რომელშიაც ქელატინი იზოელექტრულ მდგომარეობაშია (pH=4,7 დროს), სანამ არ დაიწყება ოდნავი შემღვრევა. შემდეგ ზუსტად ასეთივე რაოდენობის ეთილის სპირტს უმატებენ სხვა სინჯარებშიაც (აუცილებლად მორევის ან ჯღრევის დროს).

შედგენების დაკვირვება შესაძლებელია ნახევარ—ერთი საათის შემდეგ, როდესაც № 5 სინჯარაში ემატება სიმღვრივე და იგივე დაიწყება მის მეზობელ სინჯარაში. მცირე ხნის შემდეგ სიმღვრივიდან წარმოიშობა ფიფქები.

ეს ცდა ჰიდროფილური კოლოიდების მდგრადობის თეორიის ილუსტრირებას წარმოადგენს. უკანასკნელთა მდგრადობა დამოკიდებულია ორ ფაქტორზე—ძუხტსა და ჰიდრატაციაზე. მოცემულ ცდაში იზოელექტრულ წერტილში უძუხტო კოლოიდია, მაშასადამე, მისი მდგრადობა მხოლოდ წილაკების ჰიდრატაციით აიხსნება. თუ განმუხტულ კოლოიდს წყალწამრთმევი ნივთიერება დაემატება, მაგალითად, ეთილის სპირტი, ხდება დეჰიდრატაცია და კოლოიდი მდგრადობის ფაქტორს მოკლებული გამოიყოფა ნალექის სახით (სინჯარა № 5).

კოლოიდს, რომელიც თავისი მდგომარეობით ახლოა იზოელექტრულ წერტილთან, ჰიდრატაციის შემდეგ კიდევ ახასიათებს მცირეოდენი მდგრადობა, მაგრამ მცირე ხნის შემდეგ ხსნარში მყოფი ელექტროლიტების გავლენით ნალექის სახით (სინჯარები № 3, 4, 6 და 7) გამოიყოფა. იქ კი, სადაც კოლოიდს საკმარისად დიდი მუხტი აქვს, სპირტს არ შეუძლია გამოიწვიოს კოაგულაცია, თუმცა მას აქვს დეჰიდრატაციის მოქმედების უნარი (სინჯარა № 1 და 9).

ქელატინის დაცვითი მოქმედება ჰიდროფობური ზოლის ელექტროლიტებით კოაგულაციის დროს

ზოგჯერ ლიოფილური ზოლის უმნიშვნელო რაოდენობით (მაგ., ქელატინისა) დამატება ლიოფობურზე (მაგ., As₂S₃) მნიშვნელოვნად ადიდებს

ლიოფობური კოლოიდის მდგრადობას ელექტროლიტების მოქმედების მიმართ. კოლოიდების ამგვარი სტაბილიზაციას დაცვა ეწოდება. ლიოფილური კოლოიდების დაცვის მოქმედება აიხსნება მათი ადსორბირების უნარით ლიოფობური წილაკის ზედაპირზე (სურ. 40). ეს შეხედულება მტკიცდება მთელი რიგი ექსპერიმენტული ფაქტებით.

დაცვითი მოქმედებისათვის საჭიროა მეტად მცირე და ზუსტად განსაზღვრული რაოდენობა ლიოფილური კოლოიდისა, რომელიც საკმარისია ლიოფობური წილაკების ზედაპირის დასაფარავად. ლიოფილური კოლოიდის შემდგომი დამატება სისტემის მდგრადობაზე არავითარ გავლენას არ ახდენს.

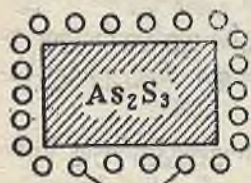
კოლოიდი, რომელიც თავის თავზე ადსორბირებს ლიოფილური კოლოიდის წილაკებს (ე. ი. მათ მიერაა დატული) ყველა მის თვისებას ღებულობს. ლიოფილური კოლოიდების დაცვითი მოქმედება დამოკიდებულია მათ ინდივიდუალურ თვისებებზე და ერთნაირი არ არის ამ კლასის სხვადასხვა წარმომადგენლისათვის.

მაგალითისათვის განვიხილოთ ელათინის დაცვითი მოქმედება As_2S_3 -ის კოლოიდურ სისტემაზე.

ამ მოქმედების მექანიზმის წარმოდგენა შეიძლება შემდეგნაირად. სითხით შემოფარგლული ელათინის კოლოიდური წილაკი ადსორბირდება ჰიდროფობური წილაკის ზედაპირზე.

თუ კოლოიდური წილაკის As_2S_3 ზედაპირზე ადსორბირებული იქნება ელათინის წილაკების საკმარისი რაოდენობა, მაშინ უკანასკნელთა თხევადი გარსები ერმანეთთან შერწყმით ჰიდროფობური კოლოიდის წილაკის ზედაპირზე ქმნის თხევად გარსს, და ამით ანიჭებს მას ჰიდროფილური კოლოიდის ყველა თვისებას.

ჰიდროფილური და ჰიდროფობური ზოლის წილაკის სიდიდის მიხედვით და აგრეთვე ხსნარის მოცულობის ერთეულში ერთისა და მეორის რაოდენობითი თანაფარდობით, შეიძლება იყოს წილაკების განლაგების სულ სხვადასხვანაირი შეხამება. განლაგების ხასიათზეა დამოკიდებული ჰიდროფილის დაცვითი მოქმედების ძალა.



ჟელატინის
წილაკები

სურ. 40. ელათინის
დაცვითი მოქმედების
სქემა.

ყველაზე მეტი დაცვითი მოქმედება შელავნდება მაშინ, როდესაც ორივე კოლოიდი ერთი და იმავე მუხტით არის დამუხტული. მკავე არეში, როცა $pH = 4,7$ ელათანი დამუხტულია დადებითად, ამიტომ მისი ადსორბციის დროს უარყოფითად დამუხტული As_2S_3 წილაკების ზედაპირზე დისპერსიული ფაზის საერთო მუხტი კოლოიდურ ხსნარში დაკლებას დაიწყებს.

პირიქით, ტუტე არეში ელათინი უარყოფით მუხტს ღებულობს. ამ შემთხვევაში ადსორბცია უარყოფითად დამუხტული ელათინის As_2S_3 წილაკებით აამალლებს ზოლის სტაბილიზაციას არა მარტო ელათინის დაცვითი მოქმედების შედეგად, არამედ დისპერსიული ფაზის უარყოფითი მუხტის ამაღლების გამო. გასაგებია, რომ ელათინის რაოდენობა, როგორც დამცველი კოლოიდისა, სხვა ერთნაირი პირობების

დროს, უანასკნელ შემთხვევაში უფრო მცირე უნდა იყოს, ვიდრე პირველში.

სხვადასხვა ჰიდროფილური კოლოიდის დაცვითი მოქმედების საზომ ერთეულად, ოქროს ზოლების მიმართ, ითვლება ე. წ. ოქროს რიცხვი.

ოქროს რიცხვს უწოდებენ დამცველი კოლოიდის იმ რაოდენობას (გამოსახული მშრალი წონის მილიგრამებით), რომელიც საკმარისია იმისათვის, რომ შეაჩეროს 10 მლ 0,006%-იან ოქროს ზოლის (მიღებულს ფორმალდეჰიდის აღდგენით) ფერის შეცვლა, 1 მლ 10% NaCl ხსნარის დამატების დროს. ოქროს ზოლი უნდა იყოს მკვეთრი-წითელი ფერის, რაც ეთანადება ოქროს მიცელის 20—35 μ ფარგლებში სიდიდეს.

ლიოფილური კოლოიდის დაცვითი მოქმედება დამოკიდებულია, „დამცველ“ და „დასაცველ“ ნივთიერებათა ბუნებაზე, კოლოიდის დისოციაციის ხარისხზე, მინარევების არსებობაზე, გარემოს pH-ზე როგორც ერთი, ისე მეორე კოლოიდის მუხტის ნიშანსა და სხვ.

ოქროს რიცხვის ანალოგიურად შეიძლება განისაზღვროს ქელატინის „დაცვითი მოქმედება“ As_2S_3 ზოლისათვის. ამ ტერმინში იგულისხმება ქელატინის ის რაოდენობა, რომელიც აარიდებს ამ ცდის დროს მომზადებულ As_2S_3 -ს 10 მლ ზოლის კოაგულაციას 10% NaCl-ის ხსნარის 1 მლ-ის დამატების დროს.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ხის შტატივი 9 სინჯარით; მიკრობიურეტი; მინაზე საწერი სანთლის ფანქარი.
დარიშხანის სულფიდის ზოლი ან ანთიმონის სულფიდის ხსნარი.
ხსნარები: 0,5%-იანი ქელატინი; 10%-იანი ნატრიუმ-ქლორიდის ხსნარი.

ცდა. 0,01, 0,1 და 1 მლ ქელატინის ხსნარს, რომლის დაცვითი მოქმედება უნდა განისაზღვროს, ასხამენ სამ სინჯარაში. სითხის მოცულობას პირველ ორ სინჯარაში წყლით 1 მლ-მდე მიიყვანენ, თითოეულ სინჯარაში უმატებენ 10 მლ As_2S_3 და ინტენსიურად ანჯღრევენ.

სამი წუთის შემდეგ თითოეულ სინჯარაში უმატებენ 1 მლ 10% ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარს და მაგრად ანჯღრევენ. რადგან ქელატინის დამატება As_2S_3 -ზე ოდნავ ცელის კოლოიდის შეფერვას, ამიტომ მთავარ სინჯარებთან ერთად ამაზადებენ საკონტროლო სინჯარებს იმავე რაოდენობის ქელატინის, წყლისა და As_2S_3 -ით და ყოველ მათგანში 1 მლ წყალს უმატებენ.

დაეუშვათ, რომ ფერის შეცვლა ემჩნევა პირველ ორ სინჯარაში, მესამეში კი არა; მაშინ დაცვითი მოქმედება უნდა გამოისახებოდეს ციფრებით, რომლებიც საკვლევი ხსნარის 0,1 და 1 მლ-ებს შორის არიან მოთავსებული. უფრო ზუსტი განსაზღვრისათვის საჭიროა ცდის განმეორება 0,2, 0,5 და 6,7 მლ ქელატინის ხსნარით.

დაეუშვათ, რომ ფერის ცვლა ხდება სამივე სინჯარაში, მაშასადამე, დაცვითი მოქმედება გამოისახება 0,7—1 მლ-ს შორის მდებარე ციფრებით. მაშინ

შეცვლიან რა ქელატიანის კონცენტრაციას ამ ფარგლებში, იმეორებენ განსაზღვრას ზემოაღნიშნულის მიხედვით, სანამ ზუსტად არ განსაზღვრავენ დაცვით მოქმედებას.

ჰიდროფილური ზოლების კოაგულაცია

ჰიდროფილური ზოლები უფრო მდგრადია ელექტროლიტების მოქმედების მიმართ, ვიდრე ჰიდროფობური. თუ ჰიდროფობური ზოლის კოაგულაციისათვის საჭიროა ელექტროლიტის უმნიშვნელო რაოდენობა (მილიმოლების რიგის სიდიდე 1 ლ-ზე), მაშინ იმისათვის, რომ გამოვიწვიოთ ჰიდროფილური ზოლის კოაგულაცია, უკვე საჭირო იქნება ერთ ლიტრზე რამდენიმე გრამი ელექტროლიტის დამატება. ამ დროს კოაგულაციის ზღვარზე მოქმედებს არა მარტო ერთი რომელიმე იონი, როგორც ჰიდროფობური ზოლების კოაგულაციის დროს, არამედ ორივე იონი. ასე, მაგალითად, კვერცხის ცილის კოაგულაციისათვის საჭიროა ლიმონმჟავა კალიუმი 0,56 მოლ/ლ, გოგირდმჟავა კალიუმი 0,78 მოლ/ლ აზოტმჟავა კალიუმი კი 5,42 მოლ/ლ განსაკუთრებულ დამახასიათებელ თვისებას ჰქონდა წარმოადგენს კოაგულაციის შექცევადობა. ნალექად გამოყოფილ ჰიდროფილურ ზოლს გამხსნელის დამატებისთანავე თავისთავად შეუძლია გადასვლა ხსნარში (კოაგულაციის შექცევადობა).

ცილოვანი წარმოშობის ზოგიერთი ჰიდროფილური ზოლი გაცხელების დროს გამოიყოფა ნალექში. ნალექში გამოყოფილი ჰიდროფილური ზოლები გაცხელებისას უკვე არ იხსნება, ამიტომ მათ მიმართ კოაგულაციას შეუქცევადი ეწოდება.

მუშაობისათვის საჭირო მასალები და ხელსაწყოები

კოლბი და ძაბრი განწოვისათვის; წყლის ტუმბო; კოლბი გამოხდილი წყლით თერმომეტრი სკალით 100°-მდე; ფილტრის ქაღალდი.

კვერცხის ცილა; კრისტალური გოგირდმჟავა ამონიუმი.

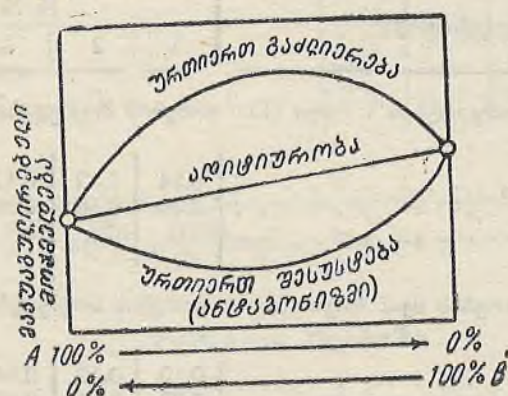
ცდა 1. კვერცხის ცილის შექცევადი კოაგულაცია. ერთი ან ორი კვერცხისაგან აღებულ ცილას ხსნიან 100 მლ გამოხდილ წყალში. ძაბრში განწოვისათვის სდებენ ქაღალდის ფილტრს, ასველებენ გამოხდილი წყლით, ჩართავენ წყლის ტუმბოს და გადატუმბავენ ცილის ხსნარს. 40—50 მლ მიღებულ ხსნარს უმატებენ მცირე ულუფებით გოგირდმჟავა ამონიუმის ფხვილს და ანჯღრევენ გახსნის დაჩქარებისათვის. გაჯერებისას ხსნარიდან გამოიყოფა ალბუმინი ფიფქის ან ნაფლეთების სახით. ალბუმინის ნალექს აშრობენ ფილტრის ქაღალდით და გადაიტანენ სუფთა წყალში, ამ დროს ალბუმინი ისევ იხსნება.

ცდა 2. კვერცხის ცილის შეუქცევადი კოაგულაცია. კვერცხის ცილის ალბუმინის ხსნარის ნაწილს, რომელიც წინა მუშაობის შემდეგ რჩება, თანდათან ვაცხელებთ ადუღებამდე. დაახლოებით $50-60^{\circ}$ ტემპერატურის დროს ხსნარში ჩნდება თეთრი სიმღვრივე და შემდეგი გაცხელებით იქმნება ფიფქები. ნალექს და მის ზემოთ მყოფ ხსნარს ქოვებენ გასაცივებლად, მიღებული ნალექი წყალში არ იხსნება, რადგან გაცხელების შედეგად ცილაში არაშექცევადი ცვლილებები მოხდა ეგრეთ წოდებული ცილის დენატურაციის.

კოაგულაცია ელექტროლიტის ნარევით

იმ ელექტროლიტების ნარევის მოქმედებით, რომლებთანაც თითოეული მათგანი განსაზღვრული კონცენტრაციის დროს იწვევს ზოლის კოაგულაციას, გამოირკვა, რომ მათი კოაგულაციის უნარი არ არის ყოველთვის ადიტიური. შედარებით იშვიათად თითოეული ელექტროლიტი მოქმედებს თანახმად თავის კოაგულაციის უნარიანობისა და მათი მოქმედება შეჯამდება, ე. ი. შემჩნეული იქნება კოაგულირებელი მოქმედების ადიტიურობა. ასე, მაგალითად, ადიტიურობას ვამჩნევთ KCl და NaCl ელექტროლიტებში, რაც პრაქტიკულად ნიშნავს შემდეგს: თუ მოცემული ზოლისათვის კოაგულაციის KCl-რით კოაგულირების დროს უდრის c_1 ; ხოლო NaCl-ის დროს კი უდრის c_2 და თუ პირველი აღებულია $\frac{1}{3} c_1$, მაშინ მეორეს აღება საჭიროა $\frac{2}{3} c_2$ რაოდენობით.

უფრო ხშირად ვაკვირდებით მაკოაგულირებელი აქტივობის დაცემას, ერთი ელექტროლიტის მეორეზე მოქმედებით. ასეთ ურთიერთ მოქმედებას ეწოდება იონების ანტაგონიზმი. დამტკიცებულია, რომ ანტაგონისტური მოქმედება მქონედება მაშინ, როდესაც ვიღებთ ერთმუხტიან და ორმუხტიან, ორმუხტიან და სამუხტიან და ასე შემდეგ იონთა ნარევებს, ამასთან კოაგულირებელი მოქმედების ურთიერთ შესუსტება მით მეტია, რაც მეტია იონთა ვალენტოვნობის სხვაობა.



სურ 41. ელექტროლიტების ნარევის მაკოაგულირებელი მოქმედების სქემა.

და, ბოლოს, ვხვდებით მოვლენას, როდესაც მაკოაგულირებელ იონთა ურთიერთმოქმედება ნარევეში იზრდება. აქ თითქოს ერთი კოაგულატორი—იონი აღიღებს ზოლის მგრძნობიარობას მეორე იონით კოაგულაციისადმი. ამ მოვლენას ურთიერთ გაძლიერების მოვლენას უწოდებენ. ელექტროლიტთა ნარევეთ აღნიშნული კოაგულაციის ყველა სამი შემთხვევა სქემატურად გამოსახულია სურ. 41-ზე.

ელექტროლიტთა ნარევის მოქმედებით გამოწვეული კოაგულაციის მექანიზმი ჯერ არ არის საკმარისად გამოვლენილი.

მუშაობის მიზანი

ელექტროლიტთა ნარევეთ კოაგულაციის მოვლენასთან გაცნობა

მუშაობისათვის საჭირო მასალები და ხელსაწყოები

3 შტატივი, თითოში 6 სინჯარით; 250 მლ-იანი ჭიქა; კოლბი; 10 მლ-იანი და 1—2 მლ-იანი პიპეტები; მინაზე საწერი სანაღის ფანქარი.

ხსნარები: 10 ნ ლითიუმის ქლორიდი; 0.1 ნ მაგნიუმის ქლორიდი; 5 ნ კალიუმის ქლორიდი; 5 ნ ნატრიუმის ქლორიდი.

ქვემოაღწერილ პირველ და მეორე ცდების შესრულებისათვის საჭიროა გოგირდის კოლოიდური ხსნარის მომზადება. მისი მომზადებისათვის 100 მლ გამოხდილ წყალში, ოთახის ტემპერატურის დროს გაატარებენ დაახლოებით 30 წუთის განმავლობაში გოგირდოვან აირს SO_2 -ს. მიღებული გოგირდოვანი მჟავას ხსნარში გაატარებენ გოგირდწყალბადს H_2S , სანამ არ გაქრება გოგირდოვანი აირის სუნის (დაახლოებით 1 საათი). ხსნარს სტოვებენ 24 საათით, რომ მისცენ საშუალება დაილექოს მსხვილი წილაკები, რის შემდეგ მას გადმოსხამენ ნალექიდან. ხმარების წინ აზავენ წყლით 1:100.

ცდა 1. დგამენ სამ შტატივს თითოეულში ექვსი დანომრილი სინჯარით და ავსებენ მათ რეაქტივებით, როგორც მითითებულია ტაბულაში.

ნარევის შედგენილობა	№ № სინჯარის					
	1	2	3	4	5	6

სინჯარების 1 რიგი (Li^+ იონების მოქმედება)

10 ნ LiCl , მლ	0,24	0,32	0,42	0,56	0,75	1,00
წყალი, მლ	0,76	0,68	0,58	0,46	0,25	0,00
გოგირდის ზოლი, მლ	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

სინჯარების მე-2 რიგი (Mg^{++} იონების მოქმედება)

0,1 ნ MgCl_2 , მლ	0,10	0,12	0,14	0,17	0,20	0,24
წყალი, მლ	0,90	0,88	0,86	0,83	0,80	0,76
გოგირდის ზოლი მლ	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

ნარევის შედგენილობა	№ № სინჯარის					
	1	2	3	4	5	6

სინჯარების მე-3 რიგი (Li^+ და Mg^{++} იონების საერთო მოქმედება)

0,1 ნ MgCl_2 მლ	0,40	0,48	0,58	0,70	0,84	1,00
წყალი, მლ	0,60	0,52	0,42	0,30	0,16	0,00
Li^+ -გოგირდის ზოლი, მლ	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

მე-3 რიგის სინჯარებში ასხამენ 0,1 ნ მაგნიუმის ქლორიდის ხსნარს და გოგირდის ზოლს; ამ უკანასკნელს უმატებენ 10 ნ ლითიუმის ქლორიდის ხსნარს იმ რაოდენობით, რომელიც გოგირდის ზოლის კოაგულაციისათვის საჭირო რაოდენობის ერთ მეოთხედს შეადგენს. მაგალითად, თუ პირველ რიგში კოაგულაცია დაიწყო № 4 სინჯარაში, ე. ი. 0,56 მლ 10 ნ LiCl ხსნარის დამატებით, მაშინ იღებენ 0,14 მლ ამ მარილის ხსნარს, უმატებენ 10,0 მლ-ს კოლოიდური გოგირდის ხსნარს და აღნიშნავენ Li^+ -ზოლი (ისე როგორც ნაჩვენებია ტაბულაში).

აღნიშნავენ, რა კონცენტრაციის დროს იწყება ზოლის კოაგულაცია ლითიუმის იონის მოქმედების დროს, მაგნიუმის იონის და მათი ერთად მოქმედების დროს.

ცდა 2. სამ რიგ სინჯარებში, რომელნიც მოთავსებულია შტატივში ისე, როგორც № 1 ცდის დროს, ასხამენ გოგირდის ზოლსა და მარილის ხსნარებს შემდეგი წესით: პირველ რიგში ზოლის ხსნარსა და წყალს უმატებენ NaCl ხსნარს ისეთი რაოდენობით, როგორიც იყო აღებული LiCl -სათვის (იხ წინა ცდა). მეორე რიგ სინჯარებს ავსებენ ისე, როგორც პირველს, მხოლოდ NaCl ხსნარის მაგივრად იღებენ KCl ხსნარს, მესამე რიგს ავსებენ ისე, როგორც ნაჩვენებია ქვემოთ.

ნარევის შედგენილობა	№ № სინჯარების					
	1	2	3	4	5	6
5 ნ NaCl მლ	0,12	0,16	0,21	0,28	0,37	0,5
5 ნ KCl მლ	0,12	0,16	0,21	0,28	0,37	0,5
გოგირდის ზოლი, მლ.	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
წყალი, მლ.	0,76	0,68	0,58	0,44	0,26	0,00

აღნიშნავენ, თუ რა კონცენტრაციის დროს იწყება ზოლის კოაგულაცია K^+ და Na^+ იონების ცალ-ცალკე მოქმედებით და კოლოიდურ ხსნარში მათი ერთდროულად შეტანით.

მუშაობის ანგარიში

მიღებული შედეგების ჩაწერა და სათანადო დასკვნების გამოტანა.

საკონტროლო კითხვები

როგორ შეიძლება გამოვიწვიოთ ზოლის კოაგულაცია?
ლიოფილურ და ლიოფობურ ზოლებზე როგორ მოქმედებს ელექტროლიტები?
რაში მდგომარეობს ლიოფობური კოლოიდების კოაგულაციის დროს, ლიოფილური კოლოიდების დაცვითი მოქმედების არსი?
რას ეწოდება ოქროს რიცხვი?
რა შემთხვევებში აქვს ადგილი შექცევად კოაგულაციას?
როგორ მოქმედებს ელექტროლიტების ნარევები კოლოიდურ ხსნარებზე?

ლიტერატურა

Митрофанов П. П. и Северин С. Е., Учебник физической и коллоидной химии, т. XVII, § 183—192, 1948.
Песков Н. П. и Александрова-Прейс Е. М., Курс коллоидной химии, т. VI, 1948, стр. 210—233.

15. ზოლების გაწმენდა

კოლოიდური ხსნარის გაწმენდისათვის კრისტალოიდურ მინარევებისაგან გამოიყენება მეთოდი, რომელსაც დიალიზი ეწოდება. დიალიზის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ კოლოიდური ხსნარი და მასში მყოფი კრისტალოიდები, სუფთა გამხსნელისაგან (წყლისაგან) განცალკევდება ნახევრადშედწევადი ტიხრით (მემბრანით). მოლეკულები და იონები, რომელთაც ტიხრში გასვლის უნარი აქვთ, გადადიან გამხსნელში, სანამ არ დამყარდება მოლეკულებისა და იონების კონცენტრაციათა შორის წონასწორობა ტიხრის ორივე მხარეზე. გამხსნელის განუწყვეტლივი შეცვლით შეიძლება მინარევებისაგან ამა თუ იმ ხარისხით ზოლის გასუფთავებას მივაღწიოთ.

დიალიზისათვის ჩვეულებრივად ხმარობენ ნახევრადშედწევად ტიხრს, რომელსაც ანჰიდებენ კოლოდიუმის აპკისაგან. აცეტილცელულოზისა, ცელოფანისა და სხვა მასალის აპკებისაგან. ამასთან იხმარება ბუნებრივი ნახევრად შედწევადი აპკი, როგორცაა, მაგალითად, ხარის ან ღორის ბუშტი. მაგრამ ხელოვნურად მიღებულ აპკებს ბუნებრივის წინაშე აქვს ის უპირატესობა, რომ შესაძლებელია მათი მომზადება ყოველნაირი მოცემული შედწევადობით. აპკისათვის უფრო მეტი სიმტკიცის მისანიჭებლად, მას ამზადებენ, ზემოჩამოთვლილ მასალებისაგან, რომელიმე ფორიან ფუძეზე. ასეთ ფუძედ შეიძლება გამოვიყენოთ ფილტრის ქაღალდი, თიხის ან მინის ფორიანი ჭურჭელი.

აპკების მოსამზადებლად მინის ჭურჭელს ავსებენ კოლოდიუმის ხსნარით (დაახლოებით 11% აზოტის შემცველი ნიტროუჯრედინას სპირტისა და ეთერის ხსნარს). შემდეგ ხსნარს უკან გადმოასხამენ, ნელა აბრუნებენ ჭურჭელს, რომ კოლოდიუმის ნარჩენი რაც შეიძლება თანაბრად განაწილდეს კედლებზე; ჭურჭელს დაფარულს კოლოდიუმით გადმოაბრუნებენ და აძლევენ საშუალებას სპირტსა და ეთერს ჰაერზე აორთქლებას. როდესაც მოიპოება ეთერის სუნი, ჭურჭელს რამდენიმეჯერ გამორეცხავენ გამოხდილი წყლით, არააორთქლებადი გამხსნელის მოსაცილებლად. ჭიქის კედლებზე მიღებულ თხელ აპკს, ნაპირთან ოდნავ შეჭრიან და მინასა და აპკს შორის წყალს ჩაასხამენ. აპკი თანდათან მოშორდება კედელს და წარმოქმნილ აპკს ამოიღებენ. აპკის მომზადება კოლოდიუმიდან აგრეთვე შეიძლება კოლოდიუმიდის დასხმით ვერცხლისწყლის ზედაპირზე.

მუშაობის მიზანი

ჰიდროფობური და ჰიდროფილური კოლოიდური ხსნარების დიალიზისა და ზოლების გაწმენდის მეთოდის გაცნობა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

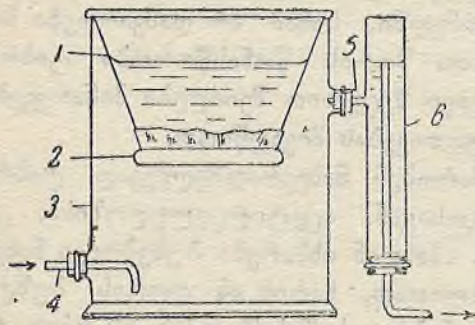
დიალიზატორი.

ხსნარები: 2%-იანი რკინის ქლორიდი; 1 ნ აზოტმევა ვერცხლი; 1 ნ გოგირდმევა კალიუმი; 1 ნ ბარიუმის ქლორიდი; 2%-იანი ტანინი; 1%-იანი ჟელატინი; იოდის ხსნარი იოდკალიუმში.

სახამებელი ფხვნილის სახით.

დიალიზატორის აღწერა

კოლოიდების გაწმენდისათვის იყენებენ ხელსაწყოს, რომელსაც დიალიზატორი ეწოდება. ნახევრადშელწევადი აბკით 2 ქვემოდან მკიდროდ დახუ-



სურ. 42. დიალიზატორი: 1—ძაბრი; 2—ნახევრადშელწევადი აბკი; 3—მინის ჭურჭელი; 4—წყლის მიმწოდებელი; 5—წყლის გამომშვები მილი; 6—ავტომატური სიფონი.

რულ ძაბრში 1 ასხამენ კოლოიდურ ხსნარს; ძაბრს ათავსებენ გამოხდილ წყლიან ჭურჭელში 3. ჭურჭელში 3 წყალი წარმდინარეა. ჭურჭელში 3 სითხის მუდმივი დონის ავტომატურად შენარჩუნებისათვის იყენებენ ავტომატურ სიფონს 6.

დროგამოშვებით გარეთა ხსნარიდან ნიშუშის ადებით და მასში ანალიზური ხერხით იმ ნივთიერებათა არსებობის შემოწმებით, რომლებიც არიან ზოლში და გადიან გამტარში, შეიძლება თვალყურით ვადევნოთ დიალიზის მსვლელობას. მაგალითად, რკინის ჟანგის ჰიდრატის ზოლის იმ დიალიზის დროს, რომელიც მიღებულია სამკლო-

რიანი რკინის ჰიდროლიზით, შესაძლებელია თვალყურით ვადევნოთ მინარეგებისაგან გაწმენდის სიჩქარე, ქლორის იონებზე თვისებითი რეაქციის ჩატარებით. დიალიზი ითვლება დამთავრებულად, როდესაც გამოსაყოფ ნივთიერებებზე თვისებითი რეაქცია უარყოფით შედეგს გვაძლევს.

(3 და 1. ჟელატინის ზოლის დიალიზი. კოლოიდუმის პარკში ასხამენ 1%-იანი ჟელატინის ხსნარს, რომელსაც მცირე რაოდენობით უმატებენ NaCl და ჩაუშვებენ გამოხდილ წყალში. 2 საათის შემდეგ ამოიღებენ გარეთა ჭურჭლიდან წყალს და აწარმოებენ შემოწმებას ქლორის იონზე, აზოტმევა ვერცხლის ხსნარით, ხოლო ჟელატინაზე 10%-იანი ტანინის ხსნარით. უკანასკნელ შემთხვევაში, თუ ხსნარში არის ჟელატინი, მაშინ ჟელატინისა და ტანინის ნარევი იძლევა დამახასიათებელ შეფერვას. შემდეგ შემოწმებას ახდენენ ყოველ ნახევარ საათში და ჩაწერავენ ცდების შედეგებს.

ცდა 2. სახამებლის ზოლის დიალიზი. ტექნიკურ სასწორზე წონიან 2 გ სახამებელს, გადაიტანენ ფაიფურის ჯამში, დაასხამენ 5—10 მლ წყალს და გულდასმით ურევენ მინის წკირით.

წყალში ამღვრეულ სახამებელს უცბად ჩაასხამენ 100 მლ მდუღარე გამოხდილ წყალში და თან ურევენ, მივიღებთ სახამებლის გამჟღავნებელ ზოლს. მიღებულ ზოლში უმატებენ, მცირე რაოდენობით გოგირდმჟავა კალიუმის 1 ნ ხსნარს და ამას მთლიანად ასხამენ კოლოდიუმის პარკში, რომელიც ჩაშვებულია წყალში ან დიალიზატორში.

ნახევარი ან ერთი საათის შემდეგ ამოიღებენ დიალიზატორიდან წყლის ნიმუშს და სინჯავენ SO_4 -იონებსა და სახამებელზე.

ცდა 3. რკინის ქანგის ჰიდრატის ზოლის დიალიზი. დიალიზატორში ან კოლოდიუმის პარკში ასხამენ რკინის ჰიდროქანგის ხსნარს და ათავსებენ გამოხდილ წყალში. ყოველ ნახევარ საათში ამოწმებენ ქლორის იონების არსებობას პარკის გარშემო სითხეში. აკვირდებიან ქლორის იონის რაოდენობის შემცირებას ხსნარში და და პარკში მოთავსებული კოლოიდური ხსნარის შეცვლას.

მუშაობის ანგარიში

გამოიტანეთ დასკვნები ყოველ მუშაობიდან და ჩაწერეთ.

საკონტროლო კითხვები

ნახევარ შედგევად აპკის გამოყენების დროს ერთნაირია თუ არა კოლოიდებისა და ელექტროლიტების დიფუზიის სიჩქარე.

შესაძლებელია თუ არა დიალიზის საშუალებით ელექტროლიტების მინარევებისაგან კოლოიდის მთლიანი გასუფთავება?

რა ცვლილებებია შესაძენვეი კოლოიდურ ხსნარში დიალიზის დროს?

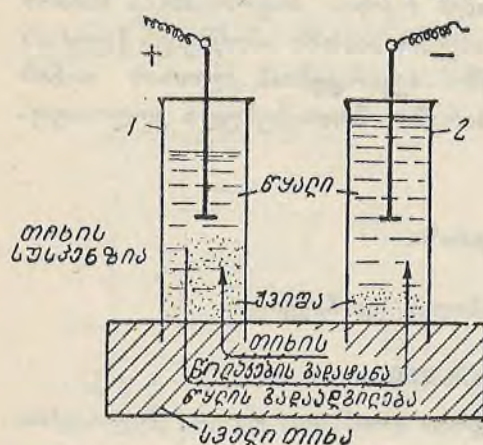
ლიტერატურა

Митрофанов П. П. и Северин С. Е., Учебник физической и коллоидной химии тл. XV, § 123—125, 1948.

Песков Н. П. и Александрова-Прейс Е. М., Курс коллоидной химии, тл. I, 1948, стр. 22—24.

16. კოლოიდური სისტემების ელექტრული თვისებები.
ელექტროფორეზი

მყარი სხეულისა და სითხის გამყოფ ზედაპირზე ერთნაირად დამუხ-
ტული იონების შერჩევითი ადსორბციის შედეგად წარმოიქმნება პოტენცი-
ალთა სხვაობა. მასში მოთავსებული სითხისა და მყარი წილაკების ბუნებაზე
დამოკიდებულია წილაკების მუხტის
ნიშანი.



სურ. 43. რეისის ცდის სქემა; 1, 2—მილები.

დები. ელექტროდენის გატარების შედეგად მცირე ხნის შემდეგ (დადებითად
დამუხტული ელექტროდიან) მილში 1 სითხე აიძვრა, თიხის უმცირესი წი-
ლაკები თანდათან ზემოთ ამოდიოდა და ქმნიდა სუსპენზიას წყალში. ერთ-
დროულად სითხის დონე 1 მილში ქვემოთ იწეეს, ხოლო 2 მილში კი
ზემოთ.

ამ ცდით რეისმა დაამტკიცა, რომ დისპერსიულ წილაკებს გააჩნიათ
ელექტრული მუხტი.

დისპერსიული წილაკების მოძრაობის მოვლენას ელექტრულ არეს გავ-
ლენით ელექტროფორეზი ეწოდება. სითხის მოძრაობის მოვლენას ფო-
რიან მყარ სხეულში გავლით მასზე პოტენციალთა სხვაობის მოქმედების
დროს, ელექტროოსმოსი ეწოდება.

ამ მოვლენის შემდგომმა შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ელექტრული არის
გავლენით გადანაცვლება ხდება არა მარტო თიხის წილაკებისა, არამედ სხვა
წილაკებისაც, რომლებიც კოლოიდურ მდგომარეობაში არიან.

თუ კოლოიდურ ხსნარში გავატარებთ მუდმივ ელექტრულ დენს მაშინ
ერთი რომელიმე ელექტროდიდან გადანაცვლებს მიცელის ბირთვი მასზე
ადსორბირებული იონებითა და ადსორბირებული შრის ანტიიონებით, ე. ი.

მიცელის ძირითადი მასსა. დიფუზიური შრის ანტიიონები გადაინაცვლებს მეორე ელექტროდისაკენ.

ელექტროფორეზის მოვლენაზე დაკვირვების დროს, შესაძლებელია მოცემულ ელექტრულ არეში განესაზღვროთ წილაკების მოძრაობის სიჩქარე და მუხტის ნიშანი.

მუშაობის მიზანი

1. რეისის მეთოდით ელექტროფორეზის მოვლენის შესწავლა.
2. კოლოიდური წილაკის მუხტისა და სიჩქარის განსაზღვრის მეთოდის გაცნობა.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ელექტროფორეზის დაკვირვებისათვის ხელსაწყოები: ელექტროფორეტული ზონდი; აკუმულატორების ბატარეა; 2 მინის მილი დიამეტრით 20 მმ-ით, 5 სინჯარა 10 კიკა 50 მლ მოცულობით.

თიხის ნაჭერი, კვარცის სილა; რკინის ჰიდროქანგისა და დარიშხანის სულფიდის ჰიდრატის ზოლები.

ხსნარები: 10%-იანი გოგირდმჟავასპილენძი; 0,001 ნატრიუმის ტუტე; 1—2%-იანი საღებავები: ფუქსინის, საფრანგის, მეთილენის ცისფერი, ეოზინი, პიკრინის მჟავა; ფლუოროსციენისა და წითელი კონგოს; 1%-იანი ალუმინის ქლორიდი; ამონიაკის ხსნარი, 0,15. მარილის სიმჟავე.

ფილტრი, მინის ზოლები, ფილტრის ქაღალდი.

რეისის მეთოდით ელექტროფორეზზე დაკვირვება

ცდ.ა. თიხის ნალექში სიდიდით 8×15 სმ სისქით 4 სმ ჩასვამენ ორი მინის მილს დიამეტრით 1,5—2 სმ (სურ. 43). მილებში, ჩაყრიან კარგად გარეცხილ კვარცის სილას, 0,5 სმ ფენის სისქით. მილებში ჩაასხამენ წყალს ისე, რომ მისი ზედა დონე სილის ფენაზე 2—3 სმ-ით მაღლა იყოს. ორივე მილში ჩაუშვებენ პლატინის ან სპილენძის ელექტროდებს და შეაერთებენ მათ აკუმულატორის ბატარეასთან, რომლის ძაბვა 2 ვოლტი უნდა იყოს. დენის გატარების რამდენიმე წუთის შემდეგ ვამჩნევთ ელექტროფორეზის მოვლენას: სილის ფენის შიგ გადის თიხის წილაკები და დადებითი ელექტროდთან მილში თანდათან მღვრიე სუსპენზია იქმნება.

წყალი კი თავის მხრივ იწყებს გადაადგილებას თიხის წილაკების მოპირდაპირე მიმართულებით, ამის გამო ანოდის მილში სითხის დონე დაიწევს, ხოლო კათოდურში აიწევს.

ელექტროფორეტული ზონდის საშუალებით მუხტის ნიშნის განსაზღვრა

ელემენტარული ფორმული ზონდის აღწერა

გ. ა. ნაუმოვის ელექტროფორეტული ზონდი (სურ. 44) შედგება სპილენძისა და თუთიის ელექტროდებისაგან, რომლებიც გაკეთებულია 5 მმ

დიამეტრის მქონე მრგვალი ფირფიტების სახით 1 და 2; ფირფიტები მოთავსებულია ერთი მეორეს ქვეშ ჰორიზონტალურად 2—3 მმ-ის მანძილზე, ეს ელექტროდები მიჩნეულია პლატინის მავთულებზე, რომლებიც მიკავშირებულია



სურ. 44 ელექტროფორეზული ზონდი 1, 2—ელექტროდები; 3, 4—მინის მილი.

მინის 3 და 4 მილებზე. მინის მილში პლატინის მავთულებზე მიჩნეულია სპილენძის მავთულები, რომლებიც გამოდიან გარეთ და ზემოდან ერთმანეთთან არიან მიჩნეული. თუ ასეთ ზონდს სინჯარაში მოთავსებულ კოლოიდურ ხსნარში ჩავუშვებთ, მაშინ ის იმოქმედებს, როგორც მოკლედ შეერთებული გალვანური ელემენტი: $\text{Cu}-\text{Zn}^-$. ზონდის ზოლში ჩაშვებიდან რამდენიმე წუთის შემდეგ, კოლოიდურ წილაკთან ერთნაირად დამუხტულ ელექტროდთან გამოჩნდება თხელი ნათელი გამჭვირვალე შრე.

ც და. იღებენ ხუთ სინჯარას და თითოეულში ასხამენ 10—15 მლ-ის რაოდენობით As_2S_3 დარიწხანის სულფიდის ზოლს. პირველი სინჯარა საკონტროლოა, დანარჩენ ოთხში უმატებენ თანდათან მზარდი რაოდენობის O_2COI 6 NaOH -ის ხსნარს. ამჩნევენ იზოგლექტრულ მდგომარეობას, და გადამუხტვის მოვლენას.

ელექტროფორეზული ზონდის საშუალებით აწარმოებენ აგრეთვე წილაკის მუხტის განსაზღვრას.

რკინის ზეჟანგის ჰიდრატის ზოლის ელექტროფორეზი

რაბინოვიჩ-ფოდიმანის ხელსაწყოთა აღწერა

ელექტროფორეზის სიჩქარის განსაზღვრისათვის იყენებენ რაბინოვიჩ-ფოდიმანის ხელსაწყოთა (სურ. 45). ის შედგება U-სებრ მილისაგან 1, რომელიც შეერთებულია ერთმანეთთან ზემოთ ხილით, და ონკანიანი 4 U-სებრი მილის ზედა წანაზარდები შეერთებულია მოხრილ მილებთან 5, რომლებშიც ელექტროდებს ათავსებენ.

U-სებრი მილის მუხლების შუა ნაწილში გვაქვს ონკანები 2 და 3, რომელთა ხერგლის დიამეტრი მილის დიამეტრის ტოლია.

ც და. რაბინოვიჩ-ფოდიმანის ხელსაწყოში, რომელიც ქრომის ნარევითა და გამოხდილი წყლით გულდასმით გამორეცხილი და გამშრალებულია, ასხამენ დიალიზებული რკინის ჰიდროჟენის ზოლს ისე, რომ ხელსაწყოთა ქვედა ნაწილი და ონკანები შევსებული იყოს. ონკანებს ხურავენ, ზედმეტ ზოლს (ონკანების ზემოთ) გადმოასხამენ და ხელსაწყოთა (ზედა ნაწილი) ორივე მუხლს რამდენიმეჯერ რეცხავენ გამოხდილი წყლით. შემდეგ U-სებრი მილის ზედა ნაწილს მთლიანად ავსებენ გამოხდილი წყლით და ხელსაწყოთა შტატივზე ამაგრებენ.

ამის შემდეგ გვერდითი მილების 5 ფსკერზე კაპილარულად გაწეული ბოლოიანი მილის საშუალებით ასხამენ მცირე რაოდენობის გოგირდმჟავა

სპილენძის ხსნარს. მილის 5 წანაზარდებში შეაქვთ სპილენძის ელექტროდები და აღებენ ცოტა ხნით 4 ონკანს, რათა სითხის დონე ორივე მუხლში ერთნაირი გახდეს. აერთებენ ელექტროდებს დენის წყაროსთან, ფრთხილად ხსნიან 2 და 3 ქვედა ონკანებსა და იწყებენ დაკვირვებას, თუ როგორ იცვლება ზოლის ზღვარი განსაზღვრული დროის მონაკვეთში. არკვევენ დისპერსიული ფაზის მუხტის ნიშანს და კოლოიდური წილაკის ძვრადობას გამოითვლიან.

ზოლის წილაკის ძვრადობას (u) საზღვრავენ ფორმულით:

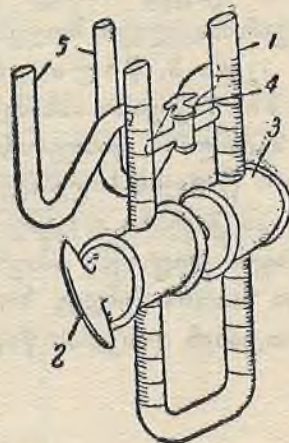
$$u = \frac{Sl}{tv},$$

სადაც S —ზოლის წილაკებით გავლილი მანძილია;

1—გოგირდმჟავა სპილენძის ხსნართა საზღვრებს შორის მანძილი;

t —დენის გატარების დრო;

v —აკუმულატორების ბატარეის ძაბვა.



სურ. 45. რაბინოვიჩი-ფო-დიშანის ხელსაწყო:

1— H_2SO_4 -ს მილი; 2, 3— $ZnSO_4$ -ის ონკანები; 4—ზინკის ონკანი; 5—მოზრდილი მილები

კოლოიდური წილაკების ნიშნის განსაზღვრა კაპილარული ანალიზის მეთოდით

ზოგიერთი ნივთიერება (ცელულოზი, აბრეშუმის, მინა, სილა და სხვა) წყალში ჩაშვების დროს უარყოფითად იმუხტება. ამ მოვლენაზე დამყარებულია კაპილარული ანალიზი.

ფილტრის ქაღალდის ზოლით, რომელიც ერთი ბოლოთი ჩაშვებულია წყალში, წყალი ზემოთ ამოდის. წყლის ასეთი ამოსვლა ქაღალდის კაპილარებით წარმოებს ზედაპირული დაჭიმულობის ძალების საშუალებით. თუ წყალში არის უარყოფითად დამუხტული კოლოიდური წილაკები, მაშინ ისინი ქაღალდის კაპილარის ზედაპირით არ მიიზიდებიან და აგრეთვე იმოძრავენ ზემოთ. თუ წილაკებს აქვს დადებითი მუხტი, მაშინ ისინი ზემოთ არ ამოვლენ, რადგან დაილექებიან ქაღალდის ზედაპირზე.

ამგვარად, შესაძლებელია განისაზღვროს ზოლის წილაკის მუხტის ნიშანი. კაპილარული მეთოდი განსაკუთრებულად მომარჯვებულია საღებავების ზოლებში მიცელის მუხტის განსაზღვრისათვის.

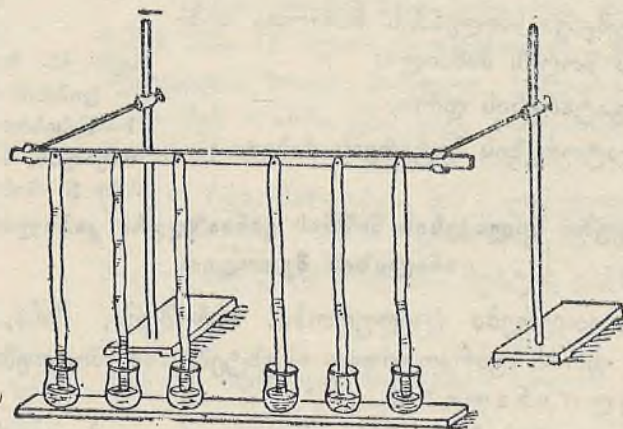
წილაკის მუხტის ნიშნის განსაზღვრის გარდა, კაპილარული მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა შედეგებზე ნივთიერებათა ნარევის ანალიზისათვის. მაგალითად, ხსნარში რომელიც შეიცავს ფლორესცენსა და მეთილენ ცისფერს, ჩაუშვებთ ფილტრის ქაღალდის ზოლს, ფილტრის ქაღალდზე აიწევა მხოლოდ ყვითელი საღებავი—ფლორესცენი.

კაპილარული აწევის სიმაღლე და სიჩქარე დამოკიდებულია ფილტრის ქაღალდის ხარისხზე. სამუშაოდ უმჯობესია ფილტრის ფხვიერი სქელი ქაღალდი, რომელიც დაჭრილია გრძელ ზოლებად, სიგანით 1,5—2 სმ.

ცდა 1. კოლოიდური წილაკის მუხტის ნიშნის განსაზღვრა. დარიშხანის სულფიდისა და რკინის ჰიდროქსიდის ჰიდრატის კოლოიდური ხსნარებიან ჭიქებში უშვებენ ფილტრის ქაღალდის ზოლებს. ერთი საათის შემდეგ ზომავენ ქაღალდზე ხსნარების აწევის სიმაღლეს და საზღვრავენ გამოსაკვლევ ზოლების წილაკის მუხტს.

ცდა 2. წილაკების მუხტის ნიშნის განსაზღვრა საღებავებში. 7 ჭიქაში ასხამენ: 1%-იან მომზადებულ ფუქსინის, საფრანკის მეთილის ცისფერის, ეოზინის, პიკრინის მჟავას, ფლუორესცენინის და კონგო წითლის საღებავების ხსნარებს.

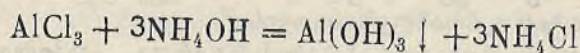
ამ ჭიქებში უშვებენ ფილტრის ქაღალდის გრძელ ზოლებს (ერთნაირს) და ზედა ბოლოებს ამაგრებენ ორ შტატივზე (სურ. 46). ცდის დაწყებიდან ერთი საათის შემდეგ ზომავენ აწევის სიმაღლეს სხვადასხვა საღებავში და გამოიტანენ დასკვნას წილაკის მუხტზე.



სურ. 46. კაპილარული ანალიზი.

ცდა 3. კაპილარული ანალიზი დადებითად დამუხტული ქაღალდით. დადებითად დამუხტული ქაღალდის მისაღებად, მას ამუშავებენ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ალუმინის ჰიდროქსიდის ზოლით.

ალუმინის ჰიდროქსიდის ზოლის მოსამზადებლად, 1%-იან AlCl_3 ხსნარს უმატებენ ამონიაკის ხსნარს:



ნალექს რამდენიმეჯერ რეცხავენ თბილი წყლით ჯერ დეკანტაციის საშუალებით, ხოლო შემდეგ ფილტრზე. ჩარეცხის დასასრულს ნალექი მეტად ბლანტი ხდება. იგი გადააქვთ 500 მლ მოცულობის დიდ სუფთა ჭიქაში, ასხამენ ჭიქის $\frac{3}{4}$ სიმაღლემდე გამოხდილ წყალს, ადუღებენ და უმატებენ წვეთწვეთობით 0,1 ნ HCl ხსნარს. ნალექი თანდათანობით ზოლში გადადის (პეპტიზირდება).

მიღებული ზოლით ამუშავენ ფილტრის ქაღალდს, ჩაუშვებენ მას ხსნარში 1—2 საათით. შემდეგ ქაღალდს ჰაერზე აშრობენ და ზოლებად ქრიან.

ამგვარად მომზადებული ქაღალდის ზოლებით აწარმოებენ ცდას წინა მუშაობაში მითითებულ სალებზე. ყველა სამ ცდაში მიღებულ შედეგებს ჩაწერენ ტაბულაში.

ზოლის ან საღებავის დასახელება	აწევის სიმაღლე	მ უ ხ ტ ი ს ნ ი შ ა ნ ი	
		დადებითად დამუხტული ქაღალდის ზოლი	უარყოფითად დამუხტული ქაღალდის ზოლი

მუშაობის ანგარიში

1. რაბინოვიჩ-ფოდიმანის ხელსაწყოს გამოხაზვა.
2. რეისის ცდის სქემის გამოხაზვა.
3. ელექტროფორული ზონდის სქემის გამოხაზვა.

საკონტროლო კითხვები

რით განსხვავდება ელექტროფორები ელექტროლიზისაგან?
რატომ არ ამოდის დადებითად დამუხტული წილაკები ზემოთ ფილტრის ქაღალდის ზოლებზე?
ყოველთვის ამოვლენ თუ არა გაზსნეღთან ერთად უარყოფითად დამუხტული, წილაკები კაპილარებში?

ლიტერატურა

Митрофанов П. П. и Северин С. Е., Учебник физической и коллоидной химии
гл. XVII, § 133—136, 1948.
Песков Н. П. и Александрова-Прейс Е. М., Курс коллоидной химии, гл.
V, 1948 г., стр. 176—189.

17. ს ი ბ ლ ა ნ ტ ე

სითხის სიბლანტე არის სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავი სითხის ცალკეულ ფენებს შორის შინაგანი ხახუნის შედეგი. სითხის ლამინარული მოძრაობის დროს, ყველა ფენა მოძრაობს ერთი მეორის პარალელურად და მათი სიჩქარე ერთ ფენიდან მეორე ფენამდე იზრდება. თუ სიჩქარე ორი ფენისა, რომლებიც ერთმანეთისაგან d სმ მანძილით არიან დაშორებული v_2 და v_1 -ის ტოლია, მაშინ 1 სმ მანძილზე ფენიდან ფენაზე გადასვლის დროს სიჩქარე $\frac{v_2 - v_1}{d}$ სიდიდით იცვლება. შინაგანი ხახუნის ძალა F პროპორციულია ამ სიდიდისა და ფენების შეხების ზედაპირის S სიდიდისა:

თუ

$$F = \eta \frac{v_2 - v_1}{d} S \dots \dots \dots (1)$$

პროპორციულობის η კოეფიციენტს ეწოდება შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია სითხის ბუნებასა და ტემპერატურაზე.

$$S = 1 \text{ და } \frac{v_2 - v_1}{d} = 1,$$

მაშინ

$$\eta = F.$$

მოცემული სითხის შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი ან აბსოლუტური სიბლანტე რიცხობრივად იმ ძალის ტოლია, რომელიც 1 სმ² სითხეზე მოქმედებს, როდესაც იგი მოძრაობს პარალელური ფენებით და ფენიდან ფენაზე თანაბრად მზარდი სიჩქარით ისე, რომ 1 სანტიმეტრით დაშორებული ფენების სიჩქარეები განსხვავდება 1 სმ/წამზე. თუ F განიზომება დინებში, მაშინ η —განიზომება პუაზეზში.

ერთი პუაზი—არის შინაგანი ხახუნის ზომის ერთეული სითხისა, რომლის ზედაპირის ყოველი კვადრატული სანტიმეტრი განიცდის ერთი დინი ძალის მოქმედებას, როდესაც ფენები დაშორებულია 1 სმ-ზე, და მათი სიჩქარეები განსხვავდება 1 სმ/წმ. წყლის შინაგანი ხახუნის კოეფიციენტი 20,5° დროს, საკმაო სიზუსტით უდრის 1 სანტიპუაზს 0,01 პუაზს. 0° გრადუსის

დროს წყლის აბსოლუტური სიბლანტე უდრის 1,79 სანტიპუასს. ნივთიერების აბსოლუტური სიბლანტის შეფარდებას 0° წყლის სიბლანტესთან ხედრითი ან ფარდობითი სიბლანტე ეწოდება.

შინაგანი ხახუნის სიდიდე სხვადასხვა სითხისათვის სხვადასხვანაირია. ეს სიდიდე, მაგ.; მეტად მცირეა ეთერისა და სპირტისათვის, საკმაოდ დიდია ისეთი სითხეებისათვის, როგორიცაა გლიცერინი, ზეთი და სხვა. კოლოიდური ხსნარების სიბლანტეც მეტად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ის მცირეა ლიოფობულ კოლოიდებში და საკმაოდ დიდია ლიოფილებში.

კოლოიდური ხსნარების სიბლანტე დამოკიდებულია აგრეთვე კოლოიდურ ხსნარში ელექტროლიტების არსებობაზე.

სიბლანტის განსაზღვრა შეიძლება კაპილარში სითხის ჩამოდინების სიჩქარის მიხედვით.

ცილინდრულ კაპილარში სითხის ლამინალურად ჩამოდინების დროს არსებობს შემდეგი დამოკიდებულება:

$$V = \frac{\pi r^4 \cdot P}{8\eta l} t, \quad \dots \dots \dots (2)$$

სადაც V—არის კაპილარიდან ჩამოდენილ სითხის მოცულობა;

r—კაპილარის რადიუსი;

P—ძალა, რომლის მოქმედებით მოძრაობს სითხე;

t—ჩამოდინების დრო;

l—კაპილარის სიგრძე.

აქედან

$$\eta = \frac{\pi r^4 P t}{8 l V} \quad \dots \dots \dots (3)$$

და

$$t = \frac{8 \eta l V}{\pi r^4 P}$$

ფარდობითი სიბლანტე შეიძლება განისაზღვროს ერთნაირი სიგრძისა და რადიუსის მქონე კაპილარში ერთი და იმავე მოცულობის გამოსაკვლევი და სტანდარტული სითხის ჩამოდინების დროით. სტანდარტულ სითხედ ჩვეულებრივად წყალს იღებენ. ამგვარად, განსაზღვრულ სიბლანტეს ფარდობითი სიბლანტე ეწოდება წყლის მიხედვით ან მარტივად ფარდობითი სიბლანტე.

ფარდობითი სიბლანტის განსაზღვრის მეთოდი დამყარებულია იმაზე, რომ, თუ დავიცავთ ზემო აღნიშნულ პირობებს, V, n, l—მუდმივი სიდიდეებია, და ამიტომ

$$\frac{\pi r^4}{8 l V} = k$$

სადაც k—მუდმივი სიდიდეა.

ამიტომ ფორმულა (2) მიიღებს სახეს:

$$\eta = kPt,$$

და ფარდობითი სიბლანტისათვის მივიღებთ:

$$\frac{\eta}{\eta_{H_2O}} = \frac{k \cdot P \cdot t}{k \cdot P_{H_2O} \cdot t_{H_2O}} = \frac{P \cdot t}{P_{H_2O} \cdot t_{H_2O}},$$

სადაც η_{H_2O} , P_{H_2O} , t_{H_2O} ეკუთვნის, წყალს ხოლო η , P და t გამოსაკვლევ სითხეს.

თუ სითხეების ჩამოდინება თავისი სიმძიმის ძალის გავლენით ხდება, სითხის სვეტის ერთნაირი სიმაღლის დროს, მაშინ წნევათა ფარდობა შეიძლება შეცვლილ იქნეს სიმკვრივეთა ფარდობით:

$$\frac{P}{P_{H_2O}} = \frac{d}{d_{H_2O}},$$

მაშასადამე,

$$\frac{\eta}{\eta_{H_2O}} = \frac{d \cdot t}{d_{H_2O} \cdot t_{H_2O}},$$

საიდანაც

$$\eta = \eta_{H_2O} \cdot \frac{d \cdot t}{d_{H_2O} \cdot t_{H_2O}},$$

ან, თუ წყლის სიბლანტის კოეფიციენტს ერთის ტოლად მივიღებთ გვექნება

$$\eta = \frac{d \cdot t}{d_{H_2O} \cdot t_{H_2O}} \cdot \dots \dots \dots (4)$$

რაიმე მოცულობის წყლისა და ამავე მოცულობის გამოსაკვლევი სითხის ჩამოდინების დროის განსაზღვრით (წამზომით) და, თუ ვიცით მისი სიმკვრივე (წყლის სიმკვრივე შეიძლება ერთის ტოლად მივიღოთ) მაშინ (4) ფორმულით განვსაზღვრავთ გამოსაკვლევი სითხის სიბლანტის კოეფიციენტს (ფარდობით სიბლანტეს).

ფარდობითი სიბლანტის განსაზღვრა კაპილარული ვისკოზიმეტრის საშუალებით

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

თერმოსტატი, ვისკოზიმეტრი, წუთზომი ან ნეტრონომი.

1%-იანი და 0,5%-იანი ქელატინის ზოლი; ოქროს წითელი ზოლი და რკინის ქანგის ჰიდრატის ზოლი,

ხელსაწყოთა აღწერა

ფარდობითი სიბლანტის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ კაპილარული ვისკოზიმეტრი (სურ. 47), რომელიც წარმოადგენს ერთმანეთთან შეერთებულ მინის ორ მილს 1 და 2, მილს 1 აქვს გაგანიერებული ნაწილი 3, რომელიც გადადის 4 კაპილარში; გამოსაკვლევი სითხე თავისი სიმძიმის ძალის გავლენით 2 მილიდან ჩამოდინდება 1 მილში გაფართოებული 3 ნაწილის ზემოთ და ქვემოთ 1 მილზე არის ნიშნები 5 და 6. გაფართოებული მილის ნაწილის მოცულობა ჩვეულებრივად 2—3 მლ-ს უდრის.

მუშაობის დაწყებამდე ვისკოზიმეტრი უნდა გამოირეცხოს ქრომის ნარევით, გამოხდილი წყლით და შემდეგ მოხდეს მისი გაშრობა საშრობ ყუთში. ვისკოზიმეტრს ამავრებენ ვერტიკალურად თერმოსტატში, რომელშიაც წყალი გამთბარია გარკვეულ ტემპერატურამდე და პიპეტით ასხამენ რამდენიმე მლ სითხეს 2 მილში. როდესაც სითხე გამთბარია სასურველ ტემპერატურამდე მას ვიწრო მილით შეიწოვენ ზემოთ ზუსტად მე-5 ნიშნამდე.

დრო, რომელიც საჭიროა სითხის დონის დასაწევად 5 დანაყოფიდან მე-6 დანაყოფამდე იზომება წამმზომით. შემდეგ სითხეს ისევ შეიწოვენ ზემოთ ვიწრო მილში და იმეორებენ განსაზღვრას; აკეთებენ ამას, სანამ არ მიიღებენ გაზომვის მახლობელ მნიშვნელობებს. ამრიგად საზღვრავენ კაპილარში წყლის ჩამოდინების დროს (გარკვეულ ტემპერატურაზე), და შემდეგ გამოსაკვლევი სითხის ჩამოდინების დროს.

ცდა 1. ოქროს რკინის ჟანგის ჰიდრატისა და ქელატონის ზოლების სიბლანტის განსაზღვრა. მუდმივი ტემპერატურის დროს (18—20°) ზემოაღნიშნული მეთოდით საზღვრავენ ლიოფილური და ლიოფობური ზოლების სიბლანტეს. მიღებულ შედეგებს ერთმანეთს ადარებენ.

ცდა 2. კონცენტრაციის გავლენა სიბლანტეზე. 1%-იანი ცხელი ქელატონის ზოლისა და ცხელი წყლისაგან ამზადებენ შემდეგ ხსნარებს:



სურ. 47. კაპილარული ვისკოზიმეტრი; 1, 2—შემაერთებელი მილები; 3—გაფართოება; 4—კაპილარული მილი; 5, 6—ნიშნები.

შედეგნილობა	№ ხსნარის			
	1	2	3	4
ქელატონის ზოლი, მლ	20	15	5	2
წყალი, მლ	0	5	15	18

ზომადებულ ხსნარებს აცევენ ცდის ტემპერატურამდე. ზომავენ მიღებული ხსნარების სიბლანტეს. კონცენტრაციის ცვლილებაზე სიბლანტის ცვლილების დამოკიდებულების მრუდს გამოხაზავენ.

ც და 3. ტემპერატურის გავლენა სიბლანტეზე. საზღვრავენ 0,5%-იანი ეელატინის ზოლის სიბლანტეს 0° ტემპერატურის დროს. ამისათვის ეელატინის ხსნარიან ვისკოზიმეტრს ათავსებენ წყლისა და ყინულის ნარევეში და როდესაც სითხე ვისკოზიმეტრში წყლის ტემპერატურას (20 წუთის შემდეგ) მიიღებს, ზომავენ სიბლანტის კოეფიციენტს. შემდეგ ვისკოზიმეტრს ათავსებენ წყალში და ისე აწარმოებენ განსაზღვრას 20°, 40° და 60° ტემპერატურის დროს. ტემპერატურის ცვლილების მიხედვით სიბლანტის ცვლილების მრუდს გამოხაზავენ.

მუშაობის ანგარიში

1. ვისკოზიმეტრის დახაზვა.
2. ზემოაღნიშნული მრუდეების დახაზვა (ცდების აღწერის დროს).

საკონტროლო კითხვები

რა ფაქტორებზეა დამოკიდებული სითხის სიბლანტე?
შეიძლება თუ არა ვისკოზიმეტრის საშუალებით აბსოლუტური სიბლანტის მნიშვნელობის განსაზღვრა?

ლიტერატურა

Б р о д с к и й А. И., Физическая химия, т. I, гл. V, § 137, 1948.
М и т р о ф а н о в П. П. и С е в е р и н С. Е., Учебник Физической и коллоидной химии, гл. II, § 20 и гл. XVIII 152, 1948.

18. ზ ა ჯ ი რ ჯ ვ ე ბ ა

ლაბი ან გელი ეწოდება ისეთ კოლოიდურ სისტემას, რომლის დისპერსიული ფაზის წილაკები არ მოძრაობენ თავისუფლად როგორც ზოლებში, არამედ დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან; დისპერსიის არე ბმულ მიცელებს შორის შუალედებს ავსებს. მიცელის აღნაგობისა, ლაბის კავშირის ხასიათისა და სიმტკიცის მიხედვით შესაძლებელია, ელასტიკური ან არაელასტიკური სხეულების წარმოქმნა.

არაელასტიკური ლაბები შეიწოვს ყოველგვარ მათ დამსველებელ სითხეს და ამ დროს მათი მოცულობა თითქმის არ იცვლება. ელასტიკური ლაბები კი შთანთქმავს არა ყველა მათ დამსველებელ სითხეს, არამედ ზოგიერთს. ხშირად ამ სითხეებს წარმოადგენს ისეთები, რომლებშიაც ლაბა შეიძლება მასში იმყოფებოდეს ზოლის სახით, და აგრეთვე ისეთი სითხეები, რომლებიც ქიმიური შედგენილობით მისი მსგავსია. ელასტიკური ლაბით სითხის შთანთქმას მოყვება მოცულობის დიდი ზრდა. ამ მოვლენას გაჯირჯევა ეწოდება. ეელატინი და აგარ-აგარი ჯირჯვდება მხოლოდ წყალში ან გლიცერინის წყლიან ხსნარში და არ ჯირჯვდება თხევად ორგანულ ნივთიერებებში. კაუჩუკი ჯირჯვდება გოგირდნახშირბადსა, ბენზოლსა და მის ნაწარმში, მაგრამ არ ჯირჯვდება წყალში. ლაბის გაჯირჯევას ხშირად მიეყვება მყარი ფაზის დისპერსულობის ხარისხის გადიდებამდე, რის შედეგად ხშირად ზოლი წარმოიშობა. ასე, მაგალითად, გუმბარაბიკი—წყალში, კაუჩუკი—ბენზოლში ჯერ ჯირჯვდება, ხოლო შემდეგ გადადის კოლოიდურ ხსნარში. მაგრამ ხშირად პროცესი თავდება მხოლოდ გაჯირჯევით და ზოლი არ წარმოიშობა (მაგალითად, ცელულოზის გაჯირჯევა წყალში, ვულკანიზებული კაუჩუკის გაჯირჯევა ორგანულ სითხეებში).

პირველი ჯგუფის ლაბებს ეწოდება შეუზღუდველად გაჯირჯევა ბუღი, ხოლო მეორე ჯგუფის შეზღუდულად გაჯირჯევა ბუღი. ეელატინი და აგარ-აგარი ცივ წყალში შეზღუდულად გაჯირჯევა ბუღი, ხოლო ტემპერატურის აწევის დროს კი ხდებიან შეუზღუდველად გაჯირჯევა ბუღი.

შთანთქმული სითხის რაოდენობა ხშირად მნიშვნელოვნად კარბობს მშრალი ლაბის წონას, რის შედეგად იზრდება მისი წონა და ხშირად მოცულობაც. ლაბის მოცულობის ზრდა წარმოადგენს, ეგრეთ წოდებული გაჯირჯევის წნევის წარმოშობის მიზეზს, ე. ი. იმ წნევის, რომელსაც წარმოშობს გაჯირჯევა ბუღი ნივთიერება თავისი მოცულობის ზრდის დროს იმ დაბრკოლებათა წინააღმდეგ, რომლებსაც ხვდება.

გაჯირჯვების დროს ლაბის მოცულობის გაზრდასთან ერთად ხდება მთელი სისტემის შეკუმშვა, ე. ი. მთელი გაჯირჯვებულ სისტემის საერთო მოცულობა აღებული მშრალი ლაბისა და სითხის საწყისი მოცულობების ჯამზე ნაკლებია. ამ მოვლენას კონტრაქცია ეწოდება. გაჯირჯვება ყოველთვის მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით, ამ მოვლენას გაჯირჯვების თბური ეფექტი ეწოდება.

გაჯირჯვება დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, წნევაზე და გახსნილი ნივთიერების ბუნებაზე. ჟელატინის, აგარ-აგარისა და სხვა ჰიდროფილური გელების გაჯირჯვებაზე დიდი გავლენა აქვს ელექტროლიტის არსებობას წყალში.

მჟავების და ტუტების მოქმედება გაჯირჯვებაზე უმთავრესად დაპირობებულია ხსნარის pH სიდიდით. ლაბები იზოელექტრულ წერტილში ამჟღავნებენ გაჯირჯვების მინიმუმს; წყალბადის ან ჰიდროქსიდის იონების კონცენტრაციის ზრდის დროს გაჯირჯვება ჯერ იზრდება, აღწევს განსაზღვრულ მაქსიმუმს; შემდეგ კი მეტად დიდი კონცენტრაციის H^+ და OH^- -იონების დროს, ისევ დაცემას იწყებს. ჟელატინის გაჯირჯვების მინიმუმი შედგენდება, როდესაც pH-ის მნიშვნელობა დაახლოებით 4,7-ს უდრის, ხოლო გაჯირჯვების მაქსიმუმი, რომელიც დაპირობებულია მჟავას არსებობით, მიიღება როცა pH-ის მნიშვნელობა დაახლოებით 3,2-ის ტოლია. აგრეთვე გავლენას ახდენს გაჯირჯვებაზე ნეიტრალური მარილებიც. გაჯირჯვების განსაზღვრა შეიძლება სხვადასხვა მეთოდით (წონითი, მოცულობითი და სხვა).

გაჯირჯვების ცალკეული ცდების ერთმანეთთან შედარების გასაადვილებლად შემოღებულია ე.წ. გაჯირჯვების რიცხვის ცნება. გაჯირჯვების რიცხვი ეწოდება გაჯირჯვებული ლაბის მოცულობის შეფარდებას, მის საწყის მოცულობასთან გაჯირჯვებამდე.

ჟელატინის გაჯირჯვება წყალსა და ხსნარებში

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

5 ხელსაწყო გაჯირჯვების განსაზღვრისათვის; 5 კიჭა 200 მლ მოცულობით; 3 ბიურეტი; მშრალი ჟელატინი.

ხსნარები: 0,1 ნ ძმრის მჟავას; 0,1 ნ ძმარმჟავა ნატრიუმის.

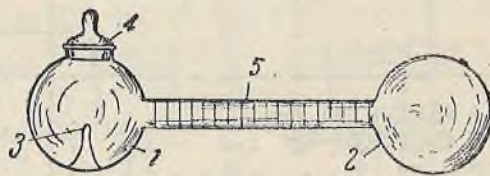
ხელსაწყოთა აღწერა

მშრალი კოლოიდის მიერ შთანთქმული სითხის მოცულობა განისაზღვრება ლენინგრადის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ხელსაწყოთი (სურ. 48), რომელიც შედგება ორი გრადუირებული მილით 5 ერთმანეთთან შეერთებული ბირთვისაგან 1 და 2. 1 ბირთვის ძირზე (ფსკერზე) არის შევრილი 3, რაზედაც ჟელატინის ნაჭერი მაგრდება; 1 ბირთვებში სითხეს ჩაასხამენ, მისი მოცულობის გასაზომად. გრადუირებული მილის დანაყოფები შეესაბამება მილილიტრებს.

ცდა 1. ჟელატინის გაჯირჯვების განსაზღვრა წყალში.

ჟელატინის ერთ მთლიან ნაჭერს დაახლოებით 10 მგ რაოდენობით ტექნიკურ სასწორზე აწონიან.

ბირთვში 1 ასხამენ წყალს, საიდანაც შემდეგ გადმოასხამენ ბირთვში 2 და ათვლიან გრადუირებულ მილში დონეს. წყალი ისეთი რაოდენობით უნდა იყოს აღებული, რომ მისი დონე მეორე დანაყოფზე ქვემოთ არ მოთავსდეს. გადმოასხამენ წყალს ისევ ბირთვში 1 და ამაგრებენ შვერილის 3 ნაწილის საშუალებით აწონილი, ჟელატინის ნაჭერს. აღნიშნავენ დროს. ორი საათის შემდეგ ისევ ითვლიან წყლის დონეს. სხვაობა პრველსა და მეორე ანათვალს შორის უდრის წყლის იმ მოცულობას (მლ-ებით), რომელიც შთანქმულია ჟელატინის მიერ.



სურ. 48. ხელსაწყო გაჯირჯვების მოცულობითი მეთოდით განსაზღვრისათვის. 1, 2 — ბირთვები; 3 — შვერილი; 4 — ნახვრეტი მიღესილი სახურავით; 5 — გრადუირებული მილი.

ცნობილია რა მშრალი ჟელატინის წონა და შთანქმეული წყლის მოცულობა საზღვრავენ გაჯირჯვებული ჟელატინის წონას, რომლის დროსაც მიღებულია მხედველობაში, რომ 1 მლ წყალი 1 გრამს იწონის. გაიანგარიშებენ ნამატს 1 მგ მშრალ ჟელატინზე.

ცდა 2. ხსნარის pH-ზე ჟელატინის გაჯირჯვების დამოკიდებულება. ტექნიკურ სასწორზე წონიან მშრალი ჟელატინის 5 ნაჭერს (თითოეულის წონა 100 მგ).

უნდა მომზადდეს ცალ-ცალკე ჭიქაში შემდეგი ხსნარები.

ხსნარის შედგენილობა	ჭ ი ქ ე ბ ი ს №				
	1	2	3	4	5
0,1 ნ CH_3COONa მლ	5	5	5	5	0,2
0,1 ნ CH_3COOH , მლ	1,25	5	20	80	9,8
წყალი, მლ	93,75	90	75	15	90

თითოეულ ხსნარისათვის გაიანგარიშებენ pH-ის მნიშვნელობას (იხ. მუშაობა 7 გვ.).

გაჯირჯვების განსასაზღვრავად წინასწარ რეცხავენ და ამშრალევენ 5 სუფთა და მშრალ ხელსაწყოს. თითოეულ ხელსაწყოში ასხამენ ერთ რომელიმე მომზადებულ ხსნარს და გადმოასხამენ მას ბირთვში 2, აღნიშნავენ დონეს რისთვისაც ხელსაწყოს ვერტიკალურად აყენებენ. შემდეგ გადმოასხამენ ხსნარს ბირთვში 1 და შიგ ჟელატინის ნაჭერს ჩაძირავენ. აღნიშნავენ დროს. ერთ საათის შემდეგ ისევ ითვლიან დონეს თითოეულ ხელსაწყოში, გაიანგარიშებენ გაჯირჯვებული ჟელატინის წონას, ხოლო შემდეგ ნამატს

მშრალი ქელატიინის ერთ მილიგრამზე. გამოითვლიან pH-ს ყველა ხსნარისათვის. ხაზავენ გაჯირჯვებასა და ხსნარს შორის დამოკიდებულების გრაფიკს. მუშაობის შედეგს შეიტანებენ ტაბულაში.

	სინჯარების №				
	1	2	3	4	5
0,1 ნ CH_3COONa , მლ					
0,1 ნ CH_3COOH , მლ					
წყალი, მლ					
pH					
ქელატიინის წონა გაჯირჯვებამდე					
დონის ათვლა ცდის დაწყებამდე					
დონის ათვლა ცდის დასასრულს					
შთანქმედი წყლის მოცულობა					
ქელატიინის წონა გაჯირჯვების შემდეგ					
წონაკის ნამატი 1 მილი გრამზე მშრალ ქელატიინზე					

ქელატიინის გაჯირჯვების რიცხვის განსაზღვრა წყალსა და ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარში

მუშაობისათვის სჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ხელსაწყო გაჯირჯვების რიცხვის განსაზღვრისათვის; ანალიზური სასწორი; პიპეტა 25 მლ-ზე.

მეტალური ვერცხლისწყალი ქელატიინის რგოლები, ხელსაწყოს ზომის შესაბამისი; 0,1 ნ ნატრიუმქლორის ხსნარი; გამოხდილი წყალი.

ხელსაწყოს აღწერა

გაჯირჯვების განსაზღვრისათვის ხელსაწყო, სქემატურად ნაჩვენებია სურ. 49-ზე. იგი შედგება ტიგელისაგან 1 მინის ფორებიანი ფსკერით, რომელიც შლიფით შეერთებულია 2 ძაბრთან; უკანასკნელი სქელკედლიანი კაუჩუკის მილის საშუალებით შეერთებულია ბიურეტთან 3.

ცდა. რგოლის მაგვარად მომზადებულ ქელატიინის ფირფიტას (მიღებული მასწავლებლისაგან) აშრობენ საშრობ კარადაში 105°-ზე მუდმივ წონამდე.

ხელსაწყოში ასხამენ იმდენ ვერცხლისწყალს, რომ მან ძაბრი 2 გაავსოს ტიგელის ფორიანი მინის ფსკერის ქვედა მხარემდე; ამ დროს ბიურეტში ვერცხლისწყლის დონე უნდა იყოს ან სკალის ნულის ხაზის დონეზე ან ცოტათი ზემოთ (ნულოვანი ბიურეტის დანაყოფი არის სკალის ქვემოთ). ნიშნავენ ამ მდგომარეობას. ამის შემდეგ ბიურეტს მოუშვებენ, 1 ტიგელს მოხსნიან, ვერცხლისწყლის ზედაპირზე ქელატიინის ფირფიტას ათავსებენ, ისევ დგამენ ტიგელს 2 ძაბრში და ბიურეტის აწევისთანავე მიაქერნენ ქელატიინს

ტიგელის ფორებიან ფსკერზე. ნიშნავენ ვერცხლისწყლის მენისკის მდებარეობას ბიურეტში; ორი ანათვალის სხვაობა ფირფიტის მოცულობას მოგვცემს.

განსაზღვრის ჩატარების შემდეგ, ტიგელში 1 ასხამენ 25—30 მლ გამხსნელს (წყალს ან NaCl 0,1 ნ ხსნარს). ბიურეტის ჩაშვებით შეიწოვენ გამხსნელის ნაწილს ძაბრში და ამ მომენტს ცდის საწყისად თვლიან.

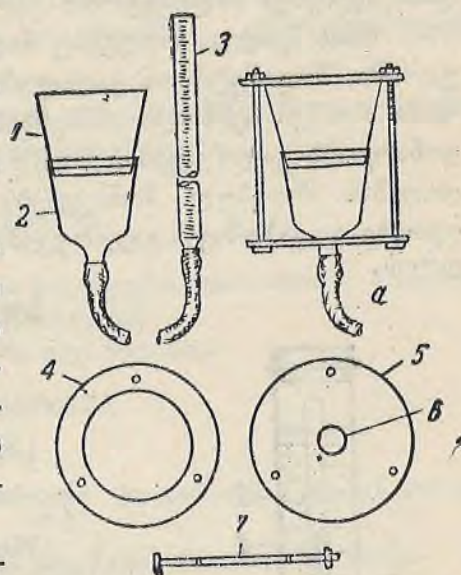
ზუსტად განსაზღვრული დროის შემდეგ (მაგალითად, 24 საათის შემდეგ) საზღვრავენ გაჯირჯებული ლაბის მოცულობას ბიურეტის საშუალებით და მონახავენ გაჯირჯების რიცხვს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის, რომ ცდის დროს ტიგელმა 1 და ძაბრმა 2 ზუსტად შეინარჩუნოს თავისი მდგომარეობა.

გადაწევის შესაძლებლობის აცილებებისათვის:

ა) ტიგელის 1 ზედა ნაპირზე სდებენ ხის ან ებონიტის ბადროს 4 ლარით, რომელიც ტიგელის ზომასთან ისეა მორგებული, რომ ტიგელის ნაპირები შედიოდეს ლარში;

ბ) მეორე ბადროს 5, რომელსაც შუაში აქვს ნახვრეტი 6, წამოაცმევენ ძაბრ 2-ზე ქვემოდან. ბადროს 5 და ძაბრს შორის ათავსებენ შუასადებს დამზადებულს კაუჩუკის ან ქერქისაგან;

გ) ზედა და ქვედა რგოლებს ამაგრებენ რკინის მომჭერებით 7, რომლებიც ჩადგმულია ბადროს ნახვრეტებში, როგორც ეს სქემატურად სურ. 49 ა-ზეა ნაჩვენები.



სურ. 49. ხელსაწყო გაჯირჯების განსაზღვრისათვის 1—ტიგელი მინის ფორებიანი ფსკერით; 2—ძაბრი; 3—ბიურეტი; 4—ებონიტის ბადრო; 5—ბადრო ნახვრეტით; 6—ნახვრეტი ძაბრისათვის; 7—რკინის მომჭერები; ა—ტიგელისა და ძაბრის დამაგრების სქემა.

გაჯირჯების ხარისხის განზომვა ძაფების მეთოდით

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

კაუჩუკის ძაფები ან ზოლები; მილიმეტრიანი ქალაღი;
ბენზოლი ან ბენზინი.

ცდ.ა. მოჭრიან 4—5 სმ კაუჩუკის ძაფს 1 (სურ. 50) (შეიძლება გამოვჭრათ წვრილი ზოლი კაუჩუკის ნაჭრიდან) და ათავსებენ 12—15 სმ-იანი სიგრძის წვრილი მინის მილში 2, რომლის შიგა დიამეტრი ოდნავ მეტია, ვიდრე ძაფის დიამეტრი. კაუჩუკის ძაფი უნდა მოთავსდეს მილის შუა ადგილს ისე, რომ მისი ორივე ბოლო გაჯირჯებისა და წაგრძელების დროს თავისუფ-

ლად მოთავსდეს მილში. მილს, კაუჩუკის ძაფით ათავსებენ ვიწრო გრძელ სინჯარაში 3. გაჯირჯეების სიდიდის განსაზღვრისათვის სინჯარის გვერდით აწებებენ მილიმეტრიან ქალაღს 4.

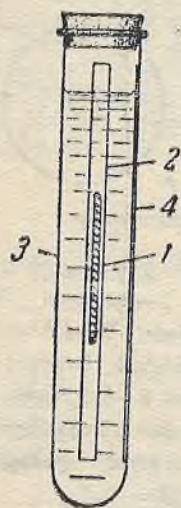
იმის შემდეგ, როდესაც მილი, კაუჩუკის ძაფით, ჩაშვებული იქნება სინჯარაში, მილიმეტრიან ქალაღზე აღნიშნავენ კაუჩუკის ძაფის ზომას, სინჯარაში ასხამენ ბენზოლს ან ბენზინს და სინჯარას საცობს უკეთებენ. სანამ მიმდინარეობს გაჯირჯეება, ყოველ 5 წუთში აღნიშნავენ ძაფის სიგრძის გადიდებას. მიღებულ მონაცემებს აღნიშნავენ გრაფიკზე, სადაც ორდინატთა ღერძზე გადაზომავენ გაჯირჯებული ძაფის სიგრძეს, ხოლო აბსცისთა ღერძზე დროს.

ელექტროლიტების გავლენა ელათინის გაჯირჯებაზე

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ერთნაირი დიამეტრის 6 ბრტყელძირიანი ვიწრო სინჯარა; მილიმეტრიანი ქალაღის ზოლები; მინაზე საწერი ფანქარი.

მშრალი ელათინის ფხვნილი; 1 ნ ხსნარები: გოგორდ-მჟავა კალიუმის; ძმარმჟავა კალიუმის; კალიუმის ქლორიდის; კალიუმის იოდიდის და კალიუმის როდანიდის.



სურ. 50. გაჯირჯეების ხარისხის განსაზღვრა ძაფების მეთოდით: 1—კაუჩუკის ძაფი; 1—მინის მილი; 3—სინჯარა; 4—მილიმეტრიანი ქალაღის ზოლი.

ცდა. 6 სინჯარას დანომრავენ და თითოეულზე მილიმეტრიანი ქალაღის ზოლს მიაკრავენ. სინჯარებში ყრიან ელათინის ფხვნილს იმდენს, რომ 2 სმ სიმაღლის სვეტი წარმოაშვას, სინჯარებს დგამენ შტატივებში. მილიმეტრიანი ქალაღის საშუალებით ზუსტად აღნიშნავენ სიმაღლეს h_0 ფხვნილის სვეტისა და ჩაწერავენ.

თითოეულ სინჯარაში ასხამენ 0,7 მლ რაოდენობით მითითებული ელექტროლიტის ხსნარებს (იხ. ტაბულაში). ერთი საათის შემდეგ საზღვრავენ მოცულობის ზრდას გაჯირჯების დროს და გაიანგარიშებენ ფარდობით გაჯირჯებასა და ელათინირების ხანგრძლივობას.

მიღებულ შედეგებს ტაბულაში ჩაწერენ.

ელათინის გელის ფარდობითი მოცულობის ზრდა ელექტროლიტების 1 ნ ხსნარში

ფხვნილის სვეტის სიმაღლე	ელექტროლიტი					
	K_2SC_4	CH_3COOK	KCl	H_2O	KJ	KCNs
h_0						
h						
$h : h_0$						
ელათინირების ხანგრძლივობა						

მუშაობის ანგარიში

1. შედგენილ იქნეს გრაფიკი: ა) არის pH მნიშვნელობაზე გაჯირჯების დამოკიდებულება; ბ) კაუჩუკის ძაფების გაჯირჯების დამოკიდებულება დროზე.

2. განაწილდეს ანიონები ერთ მწკრივად გაჯირჯებაზე მათი გავლენის შემცირების მიხედვით და განმარტეთ ეს დამოკიდებულება.

საკონტროლო კითხვები

როგორ კლასიფიცირდება ლაბები მათი გაჯირჯების უნარიანობის მიხედვით?
რა მოვლენები თან სდევს გაჯირჯების პროცესს?
არის pH-ის შეცვლა მოქმედებს თუ არა გაჯირჯებაზე?
რას ეწოდება გაჯირჯების რიცხვი?

ლიტერატურა

Митрофанов П. П. и Северин С. Е., Учебник физической и коллоидной химии, гл. XIX, § 153—158, 1948.
Песков Н. П. и Александров-Прейс Е. М., Курс коллоидной химии, гл. IX, 1948, стр. 313—340.

19. რეაქციები გელეზში

დიფუზიის მოვლენა გელეზში, რომლებიც შეიცავენ კოლოიდურ ნივთიერებას მცირე კონცენტრაციით, მიმდინარეობს დაახლოებით ისეთივე სიჩქარით, როგორც სუფთა სითხეებში, მაგრამ გახსნილ ნივთიერებათა შორის რეაქცია გელეზში თავისებურად მიმდინარეობს.

თვით გელის სტრუქტურა უარყოფს კონვექციური დენის წარმოშობას და სითხის მორეაგირე წილაკების შერევას, ისე როგორც ეს წარმოებს ქეშმარიტ ხსნარებში დიფუზიის შედეგად. დიფუზია გელეზში მეტად ნელა მიმდინარეობს. ამიტომ ქიმიური რეაქციები გელეზში მიმდინარეობს მცირე სიჩქარით და ქმნის პირობებს მსხვილი კრისტალების წარმოშობისათვის.

თუ ქიმიური რეაქციის შედეგად წარმოიშობა უხსნადი პროდუქტები, მაშინ ნალექი ჩვეულებრივად არ განაწილდება მთელ გელში, არამედ გამოიყოფა ფენებად, რომლებიც დაშორებული არიან ერთიმეორისაგან სრულიად გამჭვირვალე შუალედებით.

ჩვეულებრივად გელეზში უხსნად ნივთიერების ფენებად გამოყოფას ეწოდება „ლიზეგანგის რგოლები“.

ლიზეგანგის რგოლების მდებარეობა

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

ბრტყელფსკერიანი მინის 2 ჯამი; პიპეტი 5 მლ-იანი; 2 სინჯარა.

მშრალი ფელატინი ფხვნილის სახით; კრისტალური ბიქრომატი; 8,5% აზოტ-მუჟა ვერცხლის ხსნარი.

ცდა. 4 გ ფელატინს და 0,12 გ კალიუმის ბიქრომატს გაცხელების დროს ხსნიან 120 მლ გამოხდილ წყალში. მიღებულ ხსნარს ასხამენ ბრტყელფსკერიან ორ ჯამში, თხელ ფენად და აგრეთვე ამით ავსებენ ორ სინჯარას 15—18 სმ სიგრძეზე.

ფელატინის მთლიანი გაცივების შემდეგ, გელის იმ თხელი ფირფიტის შუა ადგილზე, რომელსაც მივიღებთ ბრტყელფსკერიან ჯამში, ჩააწვეთებენ

5 წვეთს AgNO_3 ხსნარს (ერთ ადგილას). ჯამს სახურავით ხურავენ და წყნარ მდგომარეობის პირობებში ხელუხლებლად სტოვებენ.

სინჯარაში ელატინის გაცივების შემდეგ, წარმოქმნილი გელის ზედაპირზე პიპეტით ფრთხილად ასხამენ 5 მლ AgNO_3 ხსნარს. 24 საათის შემდეგ ჯამებში დავინახავთ წარმოშობილ კონცენტრიულ რგოლებს, ხოლო სინჯარაში კი ვერცხლის ბიქრომატის ჰორიზონტალურ ფენებს.

წარმოშობილი $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -ის მოწითალო რგოლების შენაცვლება მორიგეობით ხდება არაშეფერილი გელის რგოლებს შორის.

20. ლითონთა მჟავებით კოროზიის ინჰიბიტორები

მრავალი ქიმიური რეაქციის სისწრაფე შეიძლება შეცვლილ იქნეს სარეაქციო არეში რომელიმე გარეშე ნივთიერების შეტანის გზით.

იმ შემთხვევაში, თუ ეს ნივთიერებანი რეაქციის სისწრაფეს ზრდის მათ დადებით კატალიზატორებს (ან მარტივად კატალიზატორებს) უწოდებენ. თუკი გარეშე ნივთიერებების დამატება იწვევს რეაქციის შენელებას, მაშინ ასეთ ნივთიერებებს უარყოფით კატალიზატორებს ან ინგიბიტორებს უწოდებენ (ლათინურ სიტყვიდან *inhibitio*—დამუხრუჭება).

ინგიბიტორებს, ისე როგორც დადებით კატალიზატორებს ფართოდ იყენებენ მრეწველობაში. განსაკუთრებით ინგიბიტორებს ფართოდ იყენებენ ლითონების კოროზიის შესანელებლად, იცავენ ზეთებსა და ბენზინს დაჟანგვისაგან, კაუჩუკს დაბერებისაგან და ა. შ.

ინგიბიტორებს, რომელნიც ამცირებენ მჟავებში ლითონის გახსნას, რეჟენიკაში უწოდებენ ამომკმელ მინამატს ან ამომკმელ რეგულატორს.

ლითონის ნაწარმის ზედაპირი, ცხლად დამუშავების შემდეგ (მოშვება, წრთობა, ტვიფრვა) ჰაერში იფარება ჟანგეულების ფენით—ხენჯით; ჰაერთან და ტენთან შეხებისას რკინა იჟანგება; სპილენძი და ნიკელი მარილების წარმოშობის შედეგად მწვანე ფერს ღებულობს.

ლითონის ზედაპირიდან ხენჯის მოსაშორებლად იყენებენ ამოკმას, რომელიც იწყება რამდენიმე ხნით მჟავას ხსნარში ლითონის ჩაშვების დროს.

მაგრამ ჟანგების გახსნასთან ერთად, მჟავებში იხსნება ლითონიც, რაც იწვევს უკანასკნელის დაკარგვას. გარდა ლითონის დაკარგვისა, მჟავით ამოკმის დროს შეიძლება გაუარესდეს მისი ხარისხი; მაგალითად, რკინისა და მჟავას რეაქციის დროს გამოიყოფა წყალბადი:



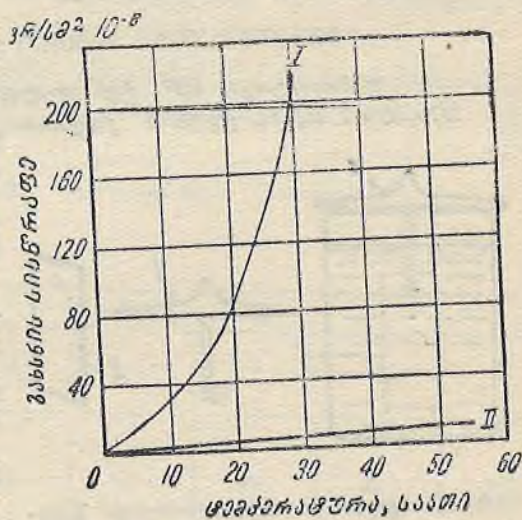
წყალბადი დიფუნდირდება რკინაში და მას მყიფედ ხდის. უკანასკნელმა მოვლენამ წყალბადური სიმყიდის სახელწოდება მიიღო.

ამომკმისათვის გამოყენებული აბაზანებში, რომლებშიაც სიმჟავე იმყოფება, ინგიბიტორების დამატება მკვეთრად ამცირებს ლითონის გახსნას და არ ამცირებს მათი ჟანგების გახსნის სისწრაფეს; ამავე დროს თითქმის მთლიანად ისპობა წყალბადური სიმყიდე.

არის მითითებანი იმის შესახებ, რომ ამომკმელი სითხეებს იყენებდნენ ურალის მეტალურგიულ ქარხნებში, თითქმის 100 წლის წინათ. იმ დროში სიმეავის ხსნარში უმატებდნენ მჟავე ლუდს, გაფუჭებულ ფქვილს და მცენარეთა სხვა პროდუქტებს. მომზადებულ ამომკმელ ხსნარებს, ურალის მუშები „ამომკმელ წვენს“ უწოდებდნენ.

ამჟამად საბჭოთა მეცნიერთა მიერ შექმნილია სიმეავეებით გამოწვეული კოროზის განსაკუთრებით ეფექტური ინგიბიტორები. რომელთა გამოყენებით მრავალ შემთხვევაში შეიძლება თავიდან ავიცილოთ პრაქტიკულად მჟავებში ლითონების გახსნა. ასე, მაგალითად, მშობლიური ინგიბიტორების ПБ მარკის გამოყენებით გადაჭრილია მარილის მჟავას გადატანისა და შენახვის პრობლემა რკინის რეზერვუარებში.

სურ. 51-ზე მოყვანილ გრაფიკზე ნაჩვენებია ფოლადის ფირფიტის გახსნის სისწრაფე სუფთა მარილის მჟავაში და მჟავაში, რომელიც ინგიბიტორების დანამატს შეიცავს. მრუდი I ეთანდება გახსნის სიჩქარეს ფოლადის ფირფიტისა მჟავაში უინგიბიტოროდ. მრუდი II კი იმავე მჟავაში გახსნის სიჩქარეს 0,5% МН მარკის ინგიბიტორის დამატებით.



სურ. 51. დროის მიხედვით, მარილმჟავაში ლითონის გახსნის სიჩქარე. 1—15% მარილის მჟავის ხსნარი; 2—15% მარილის მჟავის ხსნარი 0,5% ინგიბიტორის МН დამატებით.

ლითონის ბუნებაზე, მის სტრუქტურასა და აგრეთვე ინგიბიტორის ბუნებაზე დამოკიდებულია მათი სხვადასხვანაირი დამუხრუჭებითი მოქმედება.

ინგიბიტორების ეფექტური მოქმედება გამოისახება სხვადასხვანაირად. მეტად ხშირად მას ახასიათებენ დაცვითი მოქმედების სიდიდით (Z).

$$Z = \frac{P_0 - P}{P_0} 100, \dots \dots \dots (1)$$

სადაც P_0 — ლითონის ხსნადობის სიჩქარეა სუფთა მჟავაში;

P — ლითონის ხსნადობის სიჩქარე მჟავაში ინგიბიტორით.

როგორც (1) განტოლებიდან ჩანს დაცვითი მოქმედება გამოიხატება პროცენტებში.

ინგიბიტორის ეფექტურობა, შეიძლება აგრეთვე გამოვსახოთ ინგიბიტორის ეფექტის სიდიდით γ -თი:

$$\gamma = \frac{P_0}{\rho} \dots \dots \dots (2)$$

ინგიბიტორის ეფექტი γ გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ ანელებს ინგიბიტორი ლითონის გახსნას მჟავაში.

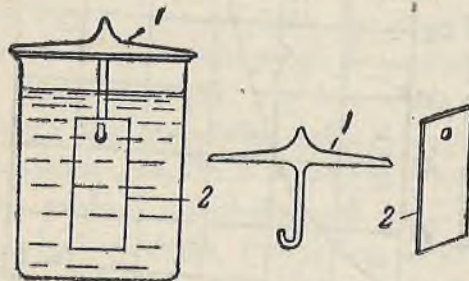
ინგიბიტორების დაცვითი მოქმედება

მუშაობის მიზანი

უროტროპინისა და ჟელატინის დაცვითი მოქმედებისა და ინგიბიტორული ეფექტის განსაზღვრა მჟავებში ფოლადის გახსნის დროს.

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

თერმოსტატი 60° ტემპერატურისათვის; ფოლადის სამი ფირფიტა ზომით $20 \times 50 \times 2$ მმ, ხვრელებით კავებისათვის; 3 ჭიქა 150—200 მლ სახურავებით, რომლებზედაც მიჩაილულია მინის კავები ფირფიტების ჩამოსაკიდებლად (სურ. 52). 100 მლ-იანი საზომი ცილინდრი; მინის წკირი; საათის მინა.



4 ნ ქიმიურად სუფთა მარილის მჟავას ხსნარი; უროტროპინი (გექსამეთილენტეტრაამინი); ჰიდროზოლი, რომელიც შეიცავს 30 გ ჟელატინს ლიტრში; სპირტი, აცეტონი.

სურ. 52. ხელსაწყო ინგიბიტორების შესამოწმებლად 1—სახურავი კავები; 2—ფირფიტა.

ცდა. 3 ჭიქაში ასხამენ ას-ას მლ 4 ნ მარილის მჟავას ხსნარს. პირველ ჭიქაში უმატებენ 1 გრამ უროტროპინს, შემდეგში—2 გრამ ჟელატინს, მესამეს კი სტოვებენ საკონტროლურად. მესამეს კი სტოვებენ საკონტროლურად. ურევენ მინის წკირით, შემდეგ ყველა იმის შემდეგ, როგორც კი ხსნარების ათავსებენ მათში კავებზე ჩამოკიდებულ ფოლადის ფირფიტებს, რომლებიც წინასწარ გაპრიალებულია ზუმფარის ქაღალდით, ხოლო შემდეგ ბამბით და აწონილი ანალიზურ სასწორზე. 3 საათის შემდეგ ფირფიტებს (შეძლებისდაგვარად ერთდროულად) ამოიღებენ ხსნარებიდან, გარეცხავენ წყლით, გაშმენდენ სპირტით, გამოაშრობენ და აწონიან ანალიზურ სასწორზე. ცდის მიღებულ შედეგებს ჩაწერენ ტაბულაში.

ცდის პირობები	ფირფიტის წონა		დანაკარგი წონა-ში გრ-ით	ფირფიტის ფართობი სმ ²	ხსნადობის სიჩქარე გრ/სმ ² /სთ.
	ცდამდე გრამობით	ცდის შემდეგ გრ-ით			
სუფთა მჟავა					
მჟავა უროტროპინით					
მჟავა ჟელატინით					

მიღებული შედეგებით გაიანგარიშებენ ინგიბიტორების დაცვით მოქმედებას და დამუხრუჭების ეფექტს (დამუხრუჭების კოეფიციენტი) [ფორმულები (1) და (2)].

ქიმიური ნაერთების სხვადასხვა კლასის კუთვნილი ინგიბიტორების ნარეგების არაადიტიური დაცვითი მოქმედების დადგენა

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები და მასალები

2 კოლბი, 500 მლ-იანი; 6 ჭიქა 150 მლ-იანი;
ხსნარები: 4 ნ მარილის მჟავა; 0,1 ნ ფორმალდეჰიდი; 0,1 ნ თიოდიგლიკოლი.

ცდა. ნახევარლიტრიან კოლბებში ამზადებენ 0,1 ნ ფორმალდეჰიდის ხსნარს, 4 ნ მარილის მჟავაში და 0,1 ნ თიოდიგლიკოლის ხსნარს ამავე მჟავაში.

6 ჭიქაში ასხამენ ხსნარებს ქვემოთ მითითებული რაოდენობით.

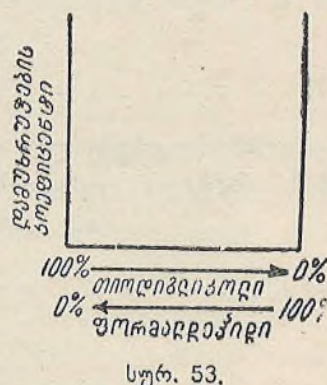
ხ ს ნ ა რ ი	ჭ ი ქ ი ს №					
	1	2	3	4	5	6
0,1 ნ ფორმალდეჰიდი 4 ნ HCl-ში, მლ	100	80	60	40	20	100
0,1 ნ თიოდიგლიკოლი 4 ნ HCl-ში, მლ	—	20	40	60	80	—

ჭიქებს დგამენ თერმოსტატში და, იმის შემდეგ, როგორც კი ხსნარების ტემპერატურა მიაღწევს 60°-ს, მათში ჩაუშვებენ წინასწარ გაწმენდილ და აწონილ ფირფიტებს. 3 საათის შემდეგ ფირფიტებს ამოიღებენ ხსნარიდან და წყლით გარეცხვის, სპირტით გაწმენდისა და გამოშრობის შემდეგ აწონიან. ცდების შედეგებს გამოსახვენ გრაფიკულად, როგორც სურ. 53-ზეა ნაჩვენები.

მუშაობის ანგარიში

1. პირველ და მეორე სამუშაოებში დაცვითი მოქმედების Z და ინგიბიტორული ეფექტის γ გაანგარიშება.

2. მეორე სამუშაოდან მიღებული მონაცემებიდან გრაფიკის შედგენა.



საკონტროლო კითხვები

რაში მდგომარეობს ინგიბიტორული მოქმედების შინაარსი ზოგიერთი ნივთიერების მჟავებში დამატების დროს?

რა განსხვავებაა კატალიზატორებსა და ინგიბიტორებს შორის?

მიგვითითეთ ინგიბიტორების პრაქტიკული გამოყენებასა და მათი მნიშვნელობაზე სახალხო მეურნეობაში.

ლიტერატურა

- Акимов Г. В. Теория и методы исследования коррозии металлов, гл. I 1945.
Путилова И. Н., Балезин С. А., Бараник В. И., Защита металлов от разъедания кислотами, Госхимиздат, 1945.
Балезин С. А., Бараник В. И., Путилова И. Н., Применение ингибиторов кислотной коррозии, Госхимиздат, 1948.
Ученые записки кафедры общей и аналитической химии Московского государственного педагогического института им. Ленина под редакцией Балезина С. А., т. XIV, 1947.
-

თ ე რ მ ო ქ ი მ ი ა

ქიმიური რეაქციები თითქმის ყოველთვის თბური ეფექტის თანდაყოლით მიმდინარეობს. თბური ეფექტების გაზომვა ხშირად ძვირფას მასალას იძლევა რეაქციის ბუნების გამოსარკვევად. ხშირად არ გვაქვს სხვა მეთოდი, რომელიც მოგვცემდა იმის საშუალებას, რომ თვალყური გვედევნებინა მიმდინარე ქიმიურ ცვლილებებზე.

ფიზიკური ქიმიის იმ ნაწილს, რომელიც სწავლობს ქიმიური რეაქციების თბურ ეფექტს, თ ე რ მ ო ქ ი მ ი ა ეწოდება.

გამოყოფილი ან შთანთქმული სითბოს განსაზღვრის მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ ჩვეულებრივად აღებული სისტემის ტემპერატურის ცვლილებას საზღვრავენ საწყისსა და სასრულ მდგომარეობისათვის. თბური ეფექტი ჩვეულებრივად გაიანგარიშება 1 გრამ—ეკვივალენტი ან 1 გრამ—მოლეკულა საკვლევი ნივთიერებისათვის.

როგორც ზემოთქმულიდან ჩანს, ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ განისაზღვროს ორი სისტემის აბსოლუტურ ენერგიათა სხვაობა. თუ არის სისტემა $AB + C\bar{D}$, რომლის აბსოლუტური ენერგია არის U_1 , და მისგან მიიღება სისტემა $AC + B\bar{D}$, რომლის აბსოლუტური ენერგია — U_2 , და ამ ენერგიათა შორის გვაქვს $U_1 > U_2$, მაშინ უნდა განისაზღვროს $U_1 - U_2$.

ქიმიური თერმოდინამიკა ასწავლის, რომ ორი სისტემის აბსოლუტურ ენერგიათა სხვაობა მუდამდება Q სითბოსი და A მუშაობის სახით ე. ი. ჩვენს შემთხვევაში.

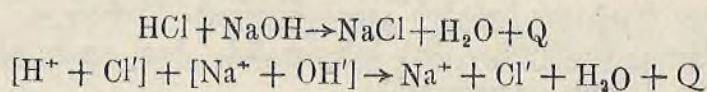
$$U_1 - U_2 = Q + A \dots \dots \dots (1)$$

იმისდა მიხედვით მუშაობა წარმოებს გარეშე თუ შიგა ენერგიის ხარჯზე, A ღებულობს (—) ან (+) ნიშანს. იმ შემთხვევაში, როდესაც რეაქცია მიმდინარეობს მუდმივი მოცულობის დროს მუშაობა, $A = 0$ და

$$U_1 - U_2 = Q \dots \dots \dots (2)$$

ნეიტრალიზაციის სითბოს განსაზღვრა

ნეიტრალიზაციის სითბო არის სითბოს ის რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა ერთი გრამ-ეკვივალენტი მჟავას მოქმედებით ერთ გრამ-ეკვივალენტ ტუტეზე. მაგ, თუ აღებულია 1 ნ. HCl და 1 ნ. NaOH ხსნარი, მაშინ



$$Q = H = 13,7 \text{ კკალ.}$$

როგორც რეაქციიდან ჩანს ნეიტრალიზაციის სითბო არის სითბოს ის რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა წყალბადის იონისა და ჰიდროქსიდის იონისაგან ერთი გრამმოლი წყლის წარმოქმნის დროს. ნეიტრალიზაციის რეაქციის დროს ადგილი არ აქვს მოცულობის ცვლილებას, რის გამო შესრულებული მუშაობა A ნულის ტოლია.

ცდისათვის ამზადებენ სხვადასხვა ნორმალობის მჟავებისა და ტუტეების ხსნარებს ($1/2$, $1/4$, $1/8$). ამ ხსნარებით არკვევენ ნეიტრალიზაციის სითბოს. ცდა აწარმოებენ კალორიმეტრში. ცდისათვის იღებენ $1/2$ ნ 250 მლ მჟავას და 250 მლ ტუტეს. ხსნარებს ერთი-ორი დლით ადრე ათავსებენ იმ ოთახში, რომელშიაც ცდა მიმდინარეობს.

მჟავას ასხამენ კალორიმეტრში, ტუტეს კი კოლბში. ორივეში ათავსებენ თერმომეტრებს, შემდეგ იწყებენ საშუალო ტემპერატურის ჩვენებათა ათვლას თერმომეტრებზე. ურევენ მჟავას სარეველათი და პირველი წუთის დასაწყისში იღებენ ანათვალს. მერე ტუტეს მოურევინ და ნახევარი წუთის შემდეგ აითვლიან, ხოლო ამის შემდეგ ისევ მჟავას და ა. შ. შვიდი წუთის განმავლობაში. ამის შემდეგ ტუტიდან იღებენ თერმომეტრს და სდებენ გვერდზე.

ტუტიან კოლბს იღებენ ხის დამჭერის ან სპეციალური დამჭერის საშუალებით და მე-7 წუთის დასაწყისში ასხამენ ტუტეს მჟავაში (კალორიმეტრში). განაგრძობენ რა ნაზავის არევას, აითვლიან ტემპერატურის ჩვენებას პირველ თერმომეტრზე მე-8 წუთის დასაწყისში და ასეთ ათვლას აწარმოებენ დაახლოებით 5—6 წუთის განმავლობაში, ერთი წუთის დაყოვნებით და მუდმივი არევით. თერმომეტრით მიღებული შედეგები შეაქვთ ქვემოთმოცემულ ტაბულაში. ტემპერატურის ცვლილების მონაცემები საჭიროა იმისათვის, რომ ზუსტად გავიანგარიშოთ მჟავასა და ტუტის საწყისი ტემპერატურა და აქედან კი მათისაშუალო ტემპერატურა.

დაკვირებათა ტაბულა

დრო	№ 1 მქავში ჩაშვებული თერმომეტრი	Δt № 1 თერ- მომეტრი	№ 2 ტუტე- ში ჩაშვებუ- ლი თერმო- მეტრი	Δt № 2 თერ- მომეტრი	დრო	№ 1 თერ- მომეტრის ჩვენება	№ 1 თერ- მომეტრის ჩვენება Δt
1 წ. დასაწ.	18,485						
" 30 წმ.		0,005	18,567		9 წუთი	21,685	
2 წ.	18,480			0,007			0,020
" 30 წმ.		0,004	18,560		10 წუთი	21,665	
3 წ.	18,476			0,006			0,035
" 30 წმ.		0,003	18,554		11 წუთი	21,630	
4 წ.	18,473			0,006			0,025
" 30 წმ.		0,004	18,548		12 წუთი	21,605	
5 წ.	18,469			0,005			0,015
" 30 წმ.		0,004	18,543		13 წუთი	21,590	
6 წ.	18,465			0,007			0,010
" 30 წმ.		0,0005	18,536		14 წუთი	21,580	
7 წ.	18,460						
" 30 წმ.			18,532	0,004			

პირველი თერმომეტრი 1 წუთში გვიჩვენებს საშუალო დაცემას:

$$\frac{0,005 + 0,004 + 0,003 + 0,004 + 0,005 + 0,005}{6} = 0,004^{\circ}$$

ამიტომ მე-8 წუთის დასაწყისში მქავს ტემპერატურა იქნება:

$$18,460 - 0,004 = 18,456^{\circ}$$

მეორე თერმომეტრი 1 წუთში გვიჩვენებს ტემპერატურის საშუალო დაცემას $0,006^{\circ}$, ამიტომ მე-8 წუთის დასაწყისში ტუტის ტემპერატურა იქნება:

$$18,532 - 0,006 = 18,526^{\circ}$$

თუ მჟავასა და ტუტეს ერთმანეთს შევურევთ და მათ შორის რეაქციას არ ექნება აღდგომა, მაშინ ნარევის საშუალო ტემპერატურა გაიანგარიშება შემდეგი განტოლებით:

$$t_{\text{საშ.}} = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} =$$

$$= \frac{18,460 (250 + 40) \cdot 1 + 18,526 : 250 \cdot 1}{(250 + 40) \cdot 1 + 250 \cdot 1} = 18,489^{\circ},$$

სადაც $t_1 = 18,456^{\circ}$ არის მჟავასა და კალორიმეტრის ტემპერატურა,

$t_2 = 18,526^{\circ}$ — ტუტის ტემპერატურა,

m_1 — მჟავასა და კალორიმეტრის წყლის ეკვივალენტის მასა

$$(m_1 = 250 + x) \cdot 40.$$

კალორიმეტრის წყლის ეკვივალენტი, არის წყლის ის რაოდენობა, რომელიც შთანთქავს იმდენ სითბოს რამდენსაც შთანთქავს კალორიმეტრი, თერმომეტრი და მონრევი ერთად ერთი გრადუსით გათბობის დროს.

x გამოითვლება შემდეგი განტოლებით;

$$x = \left[g \left(\frac{r + 2h}{2H + r} \right) + g_1 \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right) + g_2 \left(1 - \frac{m_1}{m_2} \right) + g_3 \right] c_1 + g_4 c_2, \quad (3)$$

სადაც r — კალორიმეტრის რადიუსია,

H — კალორიმეტრის სიმაღლე,

h — სითხის სიმაღლე კალორიმეტრში,

n_1 — სარეველას სრული სიგრძე,

n_2 — სარეველას იმ ნაწილის სიგრძე, რომელიც სითხეშია ჩაშვებული,

m_1 — თერმომეტრის ღეროს სიგრძე,

m_2 — თერმომეტრის ღეროს იმ ნაწილის სიგრძე, რომელიც სითხეში არ არის ჩაშვებული,

g — კალორიმეტრის წონა,

g_1 — სარეველას წონა,

g_2 — თერმომეტრის ღეროს წონა,

g_3 — ვერცხლისწყლის რეზერვუარის წონა (უდრის 2,4 გ-ს),

g_4 — ვერცხლისწყლის წონა (უდრის 15 გ-ს),

c_1 — მინის თბოტევადობა (უდრის 0,2).

c_2 — ვერცხლისწყლის თბოტევადობა (უდრის 0,0329).

250 მლ $1/2$ N მჟავას წონა ცოტათი მეტია 250 გ-ზე, მაგრამ თბოტევადობა ცოტათი ნაკლებია ერთზე. ამიტომაც, როგორც მჟავასათვის, ისე ტუტისათვის მლ-ბის ნამრავლი თბოტევადობაზე თითქმის იმავე სიდიდეს იძლევა და შეიძლება მჟავისა და ტუტის წყლის ეკვივალენტი 250-ის ტოლად ჩათვალოს.

მაშასადამე, ნარევის ტემპერატურა რეაქციის დასაწყისში ტოლია $18,489^{\circ}$. თერმომეტრის მიერ ნაჩვენები მაქსიმალური ტემპერატურა რეაქციის შემდეგ უდრის $21,685^{\circ}$.

რეაქციის შედეგად ტემპერატურის ცვლილება ტოლია $21,685 - 18,489 = 3,196^{\circ}$, ეს იმ შემთხვევაში თუ ადგილი არ ექნებოდა რადიაციას. მაგრამ, ვინაიდან საწყისი და სასრული პერიოდების ტაბულა გვიჩვენებს, რომ სისტემის ტემპერატურა იცვლება, საჭიროა შესწორების შეტანა. იმის გამო, რომ უკანასკნელ პერიოდში ტემპერატურის დაცემა 1 წუთში საშუალოდ $= 0,021^{\circ}$, ხოლო საწყის პერიოდში $0,004^{\circ}$, საშუალო შესწორება სისტემის რადიაციაზე იქნება:

$$\frac{0,004 + 0,021}{2} = 0,0125^{\circ}.$$

აქედან ტემპერატურის ნამდვილი ცვლილება ნეიტრალიზაციის დროს იქნება

$$\Delta t = 3,196 + 0,0125 = 3,2085^{\circ},$$

ხოლო ნეიტრალიზაციის სითბო კი 250 მლ $1/2$ N HCl, 250 მლ NaOH-ის ტოლი იქნება:

$$Q = (500 + 40) \cdot 3,2085^{\circ} = 1732,59 \text{ კალ.}$$

ერთი გრამმოლი მჟავასი და ტუტის მოქმედების დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა იქნება 8-ჯერ მეტი, რადგან აღებულია $1/8$ გრამმოლი ე. ი. იქნება:

$$1732,59 \times 8 = 13,860 \text{ კალორია.}$$

გ ა ხ ს ნ ი ს ს ი თ ბ ო

აირის გახსნის სითბო სითხეში შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ორი საკრების ჯამი

$$Q = q_1 + q_2, \dots \dots \dots (4)$$

სადაც q_1 გაზის კონდენსაციის სითბოა.

q_2 გახსნილი აირის შეერთების სითბო გამხსნელთან.

ორივე სითბო დადებითია და ამიტომ აირის ხსნადობის სითბო თხევად გამხსნელში ყოველთვის მეტია ნულზე, იმ აირებს, რომლებიც ძლიერ მეტად გადახრილია ჰენრის კანონიდან, და რომლებსაც ახასიათებს მკვეთრად გამო-სახული ნაერთის წარმოქმნა გამხსნელთან, აქვს მაქსიმალური გახსნის სითბო.

მყარი სხეულების გახსნის სითბოც თხევად გამხსნელში შეიძლება წარ-მოვიდგინოთ, როგორც ორი საკრების ჯამი, რომელთაგან ($q_1 < 0$) და წარ-მოადგენს კრისტალური მესერის დაშლის ენერგიას ან ლლობის სითბოს. ეს ენერგიის ის რაოდენობაა, რომელიც საჭიროა წილაკების ერთმანეთისაგან დასაცილებლად ისეთი მანძილით, რომ მათ შორის მიზიდვის ძალა ნულის ტოლი იყოს, ხოლო მეორე კი ($q_2 > 0$), როგორც აირების შემთხვევაში, წარ-მოადგენს გახსნილი მოლეკულების ან იონების შეერთების სითბოს გამხსნელ-თან (ჰიდრატაცია, სოლვატაცია). აქედან

$$Q = - q_1 + q_2 \dots \dots \dots (5)$$

სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა ან შთაიქმება ერთი გრამმოლი ნივთიერების გახსნის დროს ისეთი რაოდენობის გამხსნელში, რომლის შემდეგი მიმატება არ იწვევს არავითარ თბურ ეფექტს, გახსნის სითბო ეწოდება. თუ $q_1 > q_2$, მაშინ გახსნის სითბო უარყოფითია, თუ $q_1 < q_2$ დადებითი.

ამოცანის გადაწყვეტის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: გასასხნელი და გამხსნელი ნივთიერების განსაზღვრული წონითი რაოდენობა უნდა ავი-ლოთ ისეთი პროპორციით, რომ მოხდეს სრული გახსნა. თუ გვეცოდინება გამხსნელის რაოდენობა და მისი ტემპერატურა ნივთიერების გახსნამდე, ნი-ვთიერების გახსნის შემდეგ მცოდნეთ გარკვეული ტემპერატურის ცვლილებას, რომლის საშუალებით გავიანგარიშებთ გახსნის სითბოს.

როგორც ნეიტრალიზაციის შემთხვევაში, ისე გამოყოფილი სითბოს განაწილებაში მონაწილეობას ღებულობს კალორიმეტრის, თერმომეტრისა და სარეველას ის ნაწილი, რომელიც სითხეშია ჩაშვებული, ამიტომაც გაანგარიშების დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული კალორიმეტრის წყლის ეკვივალენტი, რომლის გაანგარიშება მე(3) განტოლებით ხდება.

ცდის ჩასატარებლად იქცევით შემდეგნაირად t გასახსნელ ნივთიერებას ათავსებენ წინასწარ გამოწონილ სინჯარაში, კალორიმეტრში ასხამენ საჭირო რაოდენობის გამხსნელს—წყალს, მარილიან სინჯარაში და წყლიან კალორიმეტრში ათავსებენ თერმომეტრებს დააკვირდებიან ტემპერატურის ცვლილებას.

დრო	№ 1 გამხსნელში ჩაშვებული თერმომეტრი	Δt № 1 თერმომეტრი	№ 2 მარილ-ში ჩაშვებული თერმომეტრი	Δt № 2 თერმომეტრი	დრო	№ 1 თერმომეტრის ჩვენება	Δt № 1 თერმომეტრისათვის

თერმომეტრებზე დაკვირვებას აწარმოებენ 7—8 წუთის განმავლობაში. ყოველივე ათელის წინ რეკავენ თერმომეტრებს; 10 წუთის განმავლობაში ტემპერატურის ცვლილებაზე დაკვირვების შემდეგ იღებენ სინჯარას დამჭერის საშუალებით, სწრაფად ყრიან მარილს გამხსნელში, ურევენ ინტენსიურად, წონიან სინჯარას და სხვაობით იგებენ მარილის წონას. ერთი წუთის შემდეგ განაახლებენ ტემპერატურის ათვლას. ათვლას აგრძელებენ, სანამ არ მიიღებენ ტემპერატურის თანაბარ ცვლილებას, 10 წუთის განმავლობაში. საშუალო ტემპერატურის გაანგარიშებას აწარმოებენ ისეთივე წესით, როგორც ნეიტრალიზაციის სითბოს განსაზღვრისათვის.

გ ა ა ნ გ ა რ ი შ ე ბ ა. გასაანგარიშებლად საჭიროა დაკვირვების ტაბულის წესიერად შედგენა. გაიანგარიშებენ რა ტემპერატურის ცვლილებას Δt , საწყის და მთავარ პერიოდს შორის ხსნადობის სითბოს გამოთვლიან შემდეგი განტოლებით:

$$Q = \frac{\Delta t (a + x) M}{m},$$

სადაც Q —არის ხსნადობის სითბო გრამმოლი ნივთიერებისათვის,

Δt —ტემპერატურათა სხვაობა,

a —გამხსნელის რაოდენობა გრამობით,

x —კალორიმეტრის წყლის ეკვივალენტი,

M —გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონა,

m —გახსნილი ნივთიერების წონა გამოსახული გრამობით.

ქ ი მ ი უ რ ი კ ი ნ ე ტ ი კ ა

ფიზიკური ქიმიის იმ ნაწილს, რომელიც სწავლობს ქიმიური რეაქციების სისწრაფეს, ქ ი მ ი უ რ ი კ ი ნ ე ტ ი კ ა ეწოდება. ქიმიურ კინეტიკას საკმე აქვს უფრო რთულ ამოცანასთან, ვიდრე ქიმიურ სტატიკას, რადგან სიჩქარე დაკავშირებულია ახალ ფაქტორთან — დროსთან. გარდა ამისა, ქიმიური რეაქციის სიჩქარე ხშირად დამოკიდებულია ისეთი ნივთიერების თანდასწრებაზე, რომელსაც პირველი შეხედვით თითქმის არავითარი კავშირი არა აქვს რეაქციის მსვლელობასთან.

რეაქციის სიჩქარე განისაზღვრება ნივთიერების იმ რაოდენობით, რომელიც რეაგირებს დროის ერთეულის განმავლობაში მოცულობის ერთეულში.

რადგან რეაქციის მსვლელობაში რეაქციის სიჩქარე იცვლება (მცირდება), ამიტომ ჭეშმარიტი სიჩქარე მიიღება უსასრულოდ მცირე დროის განმავლობაში, ე. ი. რეაგირებული ნივთიერების რაოდენობის dx გაყოფით ამ დროზე dt :

$$V = - \frac{dx}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

მინუს ნიშანი აღებულია იმისათვის, რომ ადგილი აქვს მორეაგირე ნივთიერების კონცენტრაციის შემცირებას. რეაქციის სიჩქარის საზომად შეიძლება აღებულ იქნეს ერთ-ერთი მორეაგირე ნივთიერება, რადგან ყველა მათგანი ეკვივალენტური რაოდენობით რეაგირებს ერთმანეთის მიმართ.

აირების და ხსნარებისათვის გარდაქმნილი (რეაქციაში შესული) ნივთიერების რაოდენობა x პროპორციულია მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციისა, ე. ი.

$$V = - \frac{dc}{dt} \dots \dots \dots (1a)$$

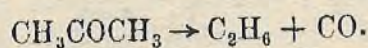
რეაქციისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს მორეაგირე ნივთიერებათა წილაკების (ატომების, მოლეკულების, იონების) ერთმანეთთან შეხვედრა. მაგ, $H_2 + J_2 \rightarrow 2HJ$; ეს რეაქცია რომ მოხდეს, ამისათვის საჭიროა წყალბადის მოლეკულები შეხვდეს იოდის მოლეკულებს. მოლეკულების ერთმანეთთან შეხვედრის ალბათობა მით მეტი იქნება, რაც მეტია ამ ნივთიერე-

ბათა კონცენტრაცია სარეაქციო არეში, რეაქციის სიჩქარეც დამოკიდებული იქნება ამ ნივთიერებათა კონცენტრაციაზე, ე. ი.

$$V = K \cdot C_{H_2} \cdot C_{J_2} \cdot \dots \dots \dots (2)$$

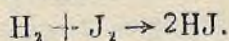
სადაც K პროპორციულობის კოეფიციენტი, სხვანაირად მას რეაქციის სისწრაფის კონსტანტს უწოდებენ. ის არ არის დამოკიდებული C_{H_2} -სა და C_{J_2} კონცენტრაციაზე (მაგრამ დამოკიდებულია ტემპერატურასა და კატალიზატორზე).

იმისდა მიხედვით თუ რამდენი მოლეკულა ლეზულობს რეაქციაში მონაწილეობას, არჩევენ რეაქციის რიგს. პირველი რიგის რეაქცია ანუ მონომოლეკულური რეაქცია ეწოდება ისეთ რეაქციას, რომელშიაც მონაწილეობას ლეზულობს ერთი მოლეკულა, მაგ., აცეტონის დაშლა:

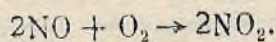


მონომოლეკულური რეაქციების იდეალურ მაგალითს წარმოადგენს რადიკტიური ელემენტების დაშლა. საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ მონომოლეკულურ რეაქციათა რიცხვი მეტად მცირეა.

მეორე რიგის რეაქცია ანუ ბიმოლეკულური რეაქცია ეწოდება ისეთს, რომელშიაც მონაწილეობას ლეზულობს ორი მოლეკულა, მაგალითად:



რეაქციების ამ ჯგუფს ეკუთვნის რეაქციების უმრავლესობა. ეს იმით აიხსნება, რომ ორი მოლეკულის ერთმანეთთან შეხვედრის ალბათობა გაცილებით მეტია, ვიდრე მრავალი მოლეკულის ერთდროულად შეხვედრის ალბათობა. მესამე და მეტი რიგის (პოლიმოლეკულური) რეაქციები ნაკლებად არის ცნობილი ზემოთყვანილი მიზეზების გამო, მესამე რიგის რეაქციას ეკუთვნის



პირველი რიგის რეაქციების სისწრაფის მუდმივა. პირველი რიგის რეაქციებისათვის ზემოთ გვქონდა განტოლება

$$-\frac{dC}{dt} = KC,$$

სადაც C —არის t —დროის მომენტში დაშლილი ნივთიერების კონცენტრაცია.

იმისათვის, რომ მოიძებნოს K სიდიდის მნიშვნელობა ნებისმიერი მომენტისათვის, საჭიროა ამ განტოლების გაინტეგრალება:

$$\frac{dC}{C} = -Kdt \text{ და } \int \frac{dC}{C} = - \int Kdt + \text{const}$$

ანუ

$$\ln C = -Kt + \text{const.}$$

კონსტანტის მნიშვნელობა მოიძებნება საწყისი პირობებიდან:
რეაქციის დასაწყისში $t = 0$ დროს $C = a$. აქედან საწყისი კონცენტრაცია იქნება

$$\ln C = -K \cdot 0 + \text{const ანუ } \ln C = \ln a$$

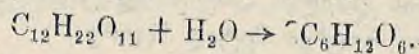
საბოლოოდ

$$\ln \frac{a}{C} = Kt$$

რადგანაც $C = a - x$, ამიტომ $\ln \frac{a}{a-x} = Kt$, ხოლო აქედან

$$K = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x}$$

მონომოლეკულური რეაქციის რიგს ეკუთვნის ლერწმის შაქრის ინვერსია, რომელიც მიმდინარეობს შემდეგი განტოლებით:



ამ რეაქციის სიჩქარე სწრაფად იზრდება H^+ იონების კატალიზური მოქმედების შედეგად. რეაქციაში მონაწილეობს ორი მოლეკულა, მაგრამ რადგან რეაქცია მიმდინარეობს წყლის არეში, ამიტომ წყლის მოლეკულების შემცირება იმდენად მცირეა, რომ პრაქტიკულად არავითარ გავლენას არ ახდენს წყლის საერთო კონცენტრაციაზე; უკანასკნელი შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად. ცვლილებას განიცდის მხოლოდ შაქრის კონცენტრაცია, რის შედეგად რეაქცია მიმდინარეობს, როგორც მონომოლეკულური.

ჰიდროლიზის მიმდინარეობას აკვირდებიან პოლარიმეტრში. ლერწმის შაქრის კონცენტრაციის ცვლილება შეისწავლება სითხის პოლარიზაციის სიბრტყის კუთხის ბრუნვის პროპორციული ცვლილებით. სუფთა ლერწმის შაქრის ხსნარი აბრუნებს მარჯვნივ, ორი მონოზის ხსნარი (გლუკოზა და ფრუქტოზა) რეაქციის პროდუქტი, რომლებსაც ინვერტირებული შაქარი ეწოდება, აბრუნებს მარცხნივ. პირველი ბრუნვა ითვლება დადებითად, მეორე კი უარყოფითად. ვთქვათ α_0 , α და α_∞ არის დანაკვირვები ბრუნვის კუთხეები საწყის მომენტში ($t=0$), t დროის მომენტში და რეაქციის დამთავრების შემდეგ. $\alpha_0 - \alpha_\infty$ პროპორციულია ლერწმის შაქრის საწყისი კონცენტრაციისა, ხოლო $\alpha - \alpha_\infty$ კი პროპორციულია ლერწმის შაქრის კონცენტრაციისა t დროის მომენტში. (3) განტოლებით გვექნება:

$$K = \frac{2,303}{t} \lg \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha - \alpha_\infty} \dots \dots \dots (3a)$$

ა) ექსპერიმენტული ნაწილი

ხსნარების მიღება და წინასწარი გათბობა. 20 გ ნატეხ შაქარს გახსნიან 100 მლ საზომ კოლბში და გაავსებენ დანაცოფამდე.

ხსნარს გაფილტრავენ კონიურ კოლბში და ახდენენ ფილტრატის სტერილიზაციას თიმოლის ან ქაფურის მცირე რაოდენობით. შემდეგ, მიაბამენ მას ტყვიის ტვირთს და ჩადგამენ თერმოსტატში, რომლის ტემპერატურა 25° , იმავე თერმოსტატში დგამენ 40 მლ 1 N HCl ხსნარს; მეორე კოლბში $1\frac{1}{2}$ N 40 მლ HCl ხსნარს. სამივე ხსნარს თერმოსტატში ტოვებენ 15-დან 30 წუთამდე ცდის დაწყების წინ ერთი და იმავე ტემპერატურის მისაღებად.

ორ პოლარიზაციულ მილს ფაქიზად ასუფთავებენ გამოხდილი წყლით. ერთ მათგანს გამოხდილი წყლით გავსების შემდეგ ხმარობენ პოლარიზაციის აპარატის (პოლარიმეტრის) დასაყენებლად. ამისათვის იხმარება ლიპიხის ნახევრად-მჩრდილავი პოლარიმეტრი, სინათლის წყაროდ ელექტრონათურა. მის წინ დგას კონცენტრირული კალიუმის ბიქრომატის ხსნარით სავსე აკუმულატორის მიწა, რომელიც ასრულებს სინათლის ფილტრის როლს და, რომელშიც სხივების გავლის შემდეგ ლებულობენ მონოქრომატულ სხივებს. წყლით სავსე მილს პოლარიმეტრში მოთავსების შემდეგ ოკულარის მოძრაობით ზუსტად აყენებენ ფოკუსში მხედველობის ორ ნახევარს შორის გამყოფ ხაზს, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდება ფერით და სიკაშკაშით. შემდეგ ამოძრავებენ ვერტიკალურ ხრახნს, რომელიც მოთავსებულია დაგრადუირებულ სფეროს ქვეშ, და ეძებენ ისეთ მდგომარეობას, როდესაც ორივე ნახევარს ექნება ერთი და იგივე ფერი და სიკაშკაშე; დაგრადუირებულ სფეროზე აითვლება მთელი და ნახევარი გრადუსები. ნონიუსის დახმარებით კი შეიძლება წუთების ათვლა. ვარჯიშობენ, სანამ შეძლებენ 2—3 წუთის სიზუსტით ათვლას.

წინა ცდების პერიოდში თერმოსტატიდან კაუჩუკის მილის საშუალებით უშვებენ წყალს პოლარიმეტრის ლითონის გარე სამოსში, რომელიც გარს უვლის პოლარიმეტრის მილს.

ცდის მიმდინარეობა. ხსნარების სათანადოდ გათბობის შემდეგ, უმატებენ 40 მლ შაქრის ხსნარს, 40 მლ-ის HCl-ის ხსნარს ცალკე ჭურჭელში, შეანჯღრევენ და შემდეგ ამ ნარევით ავსებენ პოლარიზაციის მილს (არ უნდა დარჩეს აირის ბუშტულაკები). ერთში ათავსებენ 1 N HCl ნარევს, მეორეში კი $1\frac{1}{2}$ N HCl-ის და შაქრის ხსნარის ნარევს. ხსნარს ასხამენ მეტად ფრთხილად, რადგან სწრაფად ჩასხმის დროს დიდი რაოდენობით იტაცებს აირის ბუშტულებს და წარმოქმნის ქაფს, რაც არ არის სასურველი. აირის ბუშტულების დარჩენის შემთხვევაში მხედველობის არე ან სრულიად შეუმჩნეველია, ან კიდევ ზედა ნაწილი მეტად ჩაბნელებულია. ასეთ შემთხვევაში ფრთხილად ხრიან მილს და არტყამენ მას, რომ აირის ბუშტულები ზემოთ ამოვიდნენ. ხშირად საჭირო ხდება მილიდან ხსნარის გადმოღვრა და ისევ ავსება.

მილის გავსების შემდეგ იწყებენ პოლარიზაციის კუთხის ათვლას. პირველ ანათვალს იღებენ იმ მომენტში, როდესაც $t = 0$, შემდეგ ყოველი 15 წუთში ითვლიან თითოეულ მილში მოთავსებული ხსნარის ბრუნვის კუთხეს, ანათვალის მონაცემები შეაქვთ ტაბულაში.

ლეწმის შაქრის ინვერსია 25° დროს

t წუთების მიხედვით	α	$K = \frac{2,303}{t} \lg \frac{\alpha - \alpha_{\infty}}{\alpha - \alpha_0}$
0	+34,50	—
1435	+31,10	0,2249
4335	+25,00	0,2359
7070	+20,16	0,2343
11360	+19,98	0,2310
14170	+10,61	0,2301
16935	+ 7,57	0,2316
19815	+ 5,08	0,2291
29925	— 1,65	0,2330
∞	—10,77	—
		საშ. 0,2325

როგორც ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რეაქციის სისწრაფის მუდმივა მთელი ცდის განმავლობაში უცვლელი რჩება და კარგად ემორჩილება მონომოლეკულური რეაქციის რიგს.

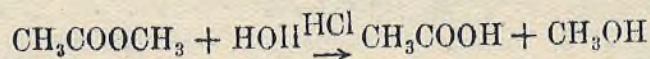
შეადგინეთ ორივე შემთხვევისათვის მონაცემების ცხრილი და გამოსახეთ გრაფიკულად რეაქციის სისწრაფის მუდმივა, როგორც წყალბადის იონთა კონცენტრაციის ფუნქცია.

ბ) ძმარმევა მეთილის ეთერის შესაბენა

იზომება ძმარმევა მეთილის ჰიდროლიზის შედეგად გაყავრება ძმარმევა-ვად და მეთილის სპირტად წყალბადიონების, როგორც კატალიზატორის თანდასწრებით. წყლის რაოდენობის დიდი სიჭარბის გამო, რეაქცია მიმდინარეობს, როგორც მონომოლეკულური. დაუშვოთ ძმარმევა მეთილის კონცენტრაცია თითოეულ შემთხვევაში იზომება ორი მლ ხსნარის ბარიუმის ჰიდრატით, გატიტრის საშუალებით. თუ t დროის მომენტში იხარჯება გატიტრებაზე n_t მლ $Ba(OH)_2$ -ის, მთლიანი შესაბენის შემდეგ კი n_t მლ ტუტის, მაშინ $n_t - n_t$ შეეფარდება მეფას რაოდენობას, რომელიც ახლად წარმოიშვა. 2 მლ სარეაქციო ნარევეში ჰიდროლიზის შედეგად t დროისა და რეაქციის დასასრულის შუალედში. მაგრამ მეფას ეს რაოდენობა ეკვივალენტურია t მომენტში არსებული ეთერის რაოდენობისა, რომლისგანაც ის წარმოიშვა.

შესრულება. რთულ ეთერს ურევენ უკვე წინასწარ ცდის ტემპერატურის მქონე კატალიზატორად აღებულ მეფას, მაგ., მარილის მეფას მილესილ საცობიან მანის ჭურჭელში. შერევის მომენტშივე ($t=0$) იღებენ 2 მლ სინჯს და ტიტრავენ $Ba(OH)_2$ ტუტით, რის შემდეგ ჭურჭელს ისევ ათავსებენ თერმოსტატში საჭირო ტემპერატურის დროს. ამის შემდეგ გარკვეული დროის მონაკვეთში მრავალჯერ იღებენ სინჯს იმავე რაოდენობით და ტიტრავენ იმავე ტუტით. რთული ეთერის საერთო რაოდენობა განისაზღვრება უკანასკნელი გა-

ტიტვის შემდეგებისა მიხედვით. ამისათვის რამდენიმე ხნის შემდეგ ტიტ-
რავენ ერთ სინჯს; ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ, რომ დიდი ხნის განმავლობაში
პრაქტიკულად შეიძლება რთული ეთერის სრული ჰიდროლიზი, რეაქციით:



ჩაწერის ფორმა და რიცხობრივი მაგალითი

1. მეთილაცეტატის ჰიდროლიზი; კატალიზატორი მარილის მჟავა. ნა-
რევი: 2 მლ რთული ეთერი + 50 მლ 0,46 N HCl, $t = 26.5^\circ$ -ს ტუტე მლ-ში.

იტიტრება 2 მლ ნარევი; ინდიკატორი ფენოლფტალეინი

t (წუთობით)	L	X	$a \infty - x$	$K = \frac{2,303}{t} \log \frac{a}{a-x}$
0	9,3	—	—	—
21	10,00	0,7	8,3	0,0059
41	10,60	1,3	7,7	0,0038
60	11,15	1,85	7,15	0,0038
81	11,60	2,30	6,70	0,0036
108	12,30	3,00	6,00	0,00375
140	13,10	3,80	5,20	0,0038
243	14,90	5,60	3,40	0,0040
1062	18,20	8,90	0,10	0,0047
∞	18,30	9,00 ($a \infty$)	—	—
				საშუალო 0,0039

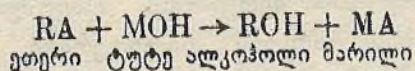
მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები

2 მილესილი საცობიანი ტყვიის ტვირთიანი ჭურჭელი, 50—100 მლ მოცულო-
ბით. 2 მლ და 50 მლ მოცულობის პიპეტები; 2 ქიმიური ჭიქა; ბიურეტი მორის მომ-
ჭერით (კირით სავსე მილით) მეთილაცეტატი. მარილის მჟავა 0,5 ნ ბარიუმის ანუ
ნატრიუმის ტუტე 0,1 ნ ფენოლფტალეინის ხსნარი.

თერმოსტატი; შტატივი დამჭერით.

ბიზოლექულური რეაქცია

რთული ეთერის შესაპვნა მიმდინარეობს შემდეგი განტოლებით:



რეაქცია პრაქტიკულად ირაშეპცევადია.

თუ მორეაგირე ხეივანებთან კონცენტრაციებს აღვნიშნავთ C_1 და C_2 t დროის მომენტში, მაშინ ამ რეაქციის სისწრაფე:

$$-\frac{dC_1}{dt} = K' C_1 C_2 \dots \dots \dots (4)$$

დავუშვათ, რომ სისტემის მოცულობა ტოლია V , ეთერისა და ტუტის რაოდენობა კი მასში a და b მოლის. დავუშვათ, რომ t დროის მომენტში შეისაპნა ეთერისა და ტუტის x მოლების რაოდენობა, მაშასადამე დარჩა $a-x$ მოლი ეთერისა და $b-x$ მოლი ტუტის. მათი კონცენტრაციები იქნება:

$$C_1 = \frac{a-x}{V}, \quad C_2 = \frac{b-x}{V}, \quad \text{აქედან} \quad \frac{dC_1}{dt} = -\frac{1}{V} \frac{dx}{dt};$$

ამ უკანასკნელის ჩასმით (4) განტოლებაში მივიღებთ:

$$-\frac{dx}{dt} = \frac{K'}{V} (a-x)(b-x) = K (a-x)(b-x).$$

აქედან ჩანს, რომ პოლიმომლეკულური რეაქციების სისწრაფე დამოკიდებულია განზავებაზე. შემომოყვანილი განტოლების გაინტეგრირებით მივიღებთ ბიმომლეკულური რეაქციის სისწრაფის მუდმივას

$$K = \frac{2,303}{t} \cdot \frac{1}{a-b} \lg \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \dots \dots \dots (5)$$

ცდის შესრულება

როტული ეთერი და ტუტე შესატყვისის რაოდენობით სწრაფად შეგვაქვს მილესილ საცობიან ჭურჭელში და ვდგამთ თერმოსტატში. გარკვეული დროის მონაკვეთში ამოგვაქვს სინჯი და ვტიტრავთ მჟავათი (რეაქციაში ჯერ კიდევ შეუსვლელ ტუტეს). რეაქცისათვის გამოყენებული ტუტის რაოდენობის გარკვევებ უკეთესია ცდის დაწყებამდე. როგორც განტოლებიდან ჩანს, K სიდიდის გაანგარიშებისათვის საჭიროა როგორც როტული ეთერის, ისე ტუტის საწყისი კონცენტრაციების ცოდნა. კონცენტრაციების გასაანგარიშებლად საკმარისია ცნობილი კონცენტრაციის მქონე მჟავას გამოყენება ნარევის დასატიტრად.

დავუშვათ, რომ გარკვეული მოცულობის როტული ეთერისა და ტუტის ნარევი რეაქციის საწყის მომენტში ($t=0$) მოითხოვს S მლ ცნობილი ტიტრის მქონე მჟავას დახარჯვას; მჟავას ეს რაოდენობა გამოირკვა ტუტის გატიტრებით ჯერ კიდევ ეთერთან შერევამდე. დავუშვათ, რომ t დროის მომენტში იმავე მოცულობის ნარევის დატიტრებაზე დაიხარჯა იმავე მჟავის S_t მლ-ების რაოდენობა, ხოლო ისეთ მომენტში, როდესაც უკვე რეაქცია თითქმის დამთავრებულია, დაიხარჯა S_{∞} .

ტუტის საწყისი რაოდენობა ნარევეში S_0 მლ მჟავის ეკვივალენტურია. რეაქციაში შესული ტუტის რაოდენობა $S_0 - S_{\infty}$ მჟავის მლ-ების რაოდენობის ეკვივალენტურია, მაგრამ რეაქციაში შესული ტუტის რაოდენობა კი რეაქციაში შესული ტუტის რაოდენობის ეკვივალენტურია, აქედან ნათლად ჩანს, რომ K -ს გასარკვევად საჭიროა ვიცოდეთ მხოლოდ იმ მჟავას კონცენტრაცია, რომლითაც ვტიტრავთ.

a -თი აღვნიშნოთ ტუტის საწყისი რაოდენობა, b -თი რთული ეთერის საწყისი რაოდენობა, x -ით t დროის მომენტში ტუტისა და რთული ეთერის გარდამქნელი რაოდენობა, მაშინ t დროის მომენტში ტუტისა და რთული ეთერის რაოდენობა გვექნება $a-x$, $b-x$.

როდესაც ($A = B$) მაშინ ზემომოყვანილი განტოლება ბიმოლეკულური რეაქციის K -ს გაანგარიშებისათვის არ გამოდგება და საჭიროა გამოვიყენოთ განტოლება

$$K = \frac{1}{a \cdot t} \cdot \frac{x}{a-x} \dots \dots \dots (6)$$

ჩაწერის ფორმა და რიცხობრივი მაგალითი.
ეთილაცეტატის შესაპვნა ნატრიუმის ტუტის მოქმედებით

შეურევენ 50 მლ რთული ეთერის წყალხსნარს ($1/100$ M) 50 მლ ნატრიუმის ტუტის ხსნარს ($1/60$ M). $t = 26^\circ$. დასატიტრავად ყოველთვის ნარევიდან იღებენ 10 მლ-ს და ტიტრევენ $1/100$ N HCl ხსნარით (ინდიკატორი ფენოლფტალეინი). დახარჯული მჟავას მლ-ების რაოდენობა აღინიშნება S_t საწყის მომენტში ($t=0$) 5 მლ ტუტის დატიტრებაზე დაიხარჯა 8,8 მლ HCl.

t (წუთობით)	S_s	$S_t - S_{\infty}$	$K = \frac{2,303}{t} \cdot \frac{1}{a-b} \lg \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$
0	8,8	—	—
4	6,7	3,5	11,5
10	5,45	2,25	11,9
22	4,40	1,20	11,3
45	3,60	0,40	11,8
∞	3,20	—	—
			საშუალო 11,6

მუშაობისათვის საჭირო ხელსაწყოები

მილესილსაცობიანი-მინის ჭურჭელი 150 მლ მოცულობით, თერმოსტატში დასამაგრებელი მოწყობილობით; 200 მლ მოცულობის 2 ჰიმურტი კიჭა; 50 მლ მოცულობის ჭურჭელი მომჭერით (100° გასათბობად); 500 მილ მოცულობის საზომი კულა; დანაყიფიანი პიპეტი 1 მლ მოცულობით; 500 მლ მოცულობის 2 ჭურჭელი; ბიურეტი; ეთილაცეტატი; ნატრიუმის ტუტის 0,16 N ხსნარი, 0,01 N მარილის მჟავა. ფენოლფტალეინი; თერმოსტატი მთელი მოწყობილობით.

ტ ა ბ უ ლ ა 1

წყლის ორთქლის წნევა

ტემპერატურა, °C	წყნევა, მმ. ვერც. წყ. სუ.	ტემპერატურა, °C	წყნევა, მმ. ვერც. წყ. სუ.	ტემპერატურა, °C	წყნევა, მმ. ვერც. წყ. სუ.
0	4,579	21	18,650	91	546,05
5	6,543	22	19,827	92	566,99
10	9,209	23	21,068	93	588,60
11	9,844	24	22,377	94	610,90
12	10,518	25	23,756	95	633,90
13	11,231	30	31,824	96	657,62
14	11,987	40	55,324	97	682,07
15	12,788	50	92,51	98	707,27
16	13,684	60	149,38	99	733,24
17	14,530	70	232,7	100	760,00
18	15,477	80	355,1	105	906,1
19	16,477	90	525,76	110	1074,6
20	17,535				

ტ ა ბ უ ლ ა 2

ზოგიერთი ლითონის დაბნელობის რიგი და ნორმალური პოტენციალები

დაბნელობის რიგი	K	Na	Mg	Mn	Zn
ელექტროდები პოტენციალები, 3 . . .	K/K ⁺ -2,95	Na/Na ⁺ -2,71	Mg/Mg ⁺⁺ -2,34	Mn/Mn ⁺⁺ -1,05	Zn/Zn ⁺⁺ -0,76
დაბნელობის რიგი	Fe	Hi	Sn	Pb	H
ელექტროდები პოტენციალები, 3 . . .	Fe/Fe ⁺⁺ -0,44	Ni/Ni ⁺⁺ -0,25	Sn/Sn ⁺⁺ -0,14	Pb/Pb ⁺⁺ -0,13	H ₂ /2H ⁺ ± 0,00
დაბნელობის რიგი	Sn	Cu	Hg	Ag	Au
ელექტროდები პოტენციალები, 3 . . .	Sn/Sn ⁺⁺⁺ +0,01	Cu/Cu ⁺⁺ +0,34	Hg/Hg ⁺ +0,910	Hg/Hg ⁺ +0,80	Au/Au ⁺⁺⁺ +1,42

၀ ၁ ၀ ၂ ၃ ၁ ၃

კონცენტრაციის ფარდობა			ბუფერული ნარეგების pH		
$\frac{\text{CH}_3\text{COOH}}{\text{CH}_3\text{COONa}}$	$\frac{\text{NaH}_2\text{PO}_4}{\text{Na}_2\text{HPO}_4}$	$\frac{\text{NH}_4\text{OH}}{\text{NH}_4\text{Cl}}$	აცეტატის	ფოსფატის	ამონიუმის
9:1			3,72	5,91	10,23
8:2			4,05	6,24	9,95
7:3			4,27	6,47	9,73
6:4			4,45	6,64	9,55
5:5			4,63	6,81	9,37
4:6			4,80	6,98	9,20
3:7			4,99	7,17	9,01
2:8			5,23	7,38	8,77
1:9			5,57	7,73	8,43

၇၁၆၅၉၁၄

მჟავები და ფუძეები	ფორმულა	დისოციაციის მუდმივა
არაორგანული	მჟავები	
ბორის	H_3BO_3	$5,7 \cdot 10^{-10}$
გოგირდოვანი K_1	H_2SO_3	$1,3 \cdot 10^{-2}$
K_2	H_2S	$5 \cdot 10^{-6}$
გოგირდწყალბადის K_1	H_2S	$5,7 \cdot 10^{-8}$
K_2	H_2S	$1,2 \cdot 10^{-15}$
ციანწყალბადის	HCN	$7,2 \cdot 10^{-10}$
ნახშირის K_1	H_2CO_3	$4,3 \cdot 10^{-7}$
" K_2	"	$5,6 \cdot 10^{-11}$
რგანული		
ბენზოის	C_6H_5COOH	$6,3 \cdot 10^{-5}$
ვალერიანის ნორმალ.	$CH_3(CH_2)_3COOH$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
ერბოს ნორმ.	$CH_3(CH_2)_2COOH$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
ოქის	$CH_3CH(OH)COOH$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
კიანკველის	$HCOOH$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
ძმრის	CH_3COOH	$1,8 \cdot 10^{-5}$
შეაუნმევას	$(COOH)_2 \cdot 2H_2O$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
ფუძეები		
ამონიუმის ჟანგის ჰიდრატი	NH_4OH	$1,8 \cdot 10^{-4}$
ანილინი	$C_6H_5NH_2$	$4 \cdot 10^{-10}$
შარდოვანი	$CO(NH_2)_2$	$1,5 \cdot 10^{-13}$
ეთილამინი	$CH_3CH_2NH_2$	$5,6 \cdot 10^{-4}$

წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა

ტ ა ბ უ ლ ა 5

ტემპერატურა °C	ზედაპირული დაჭიმულობა ერგ/სმ²	ტემპერატურა °C	ზედაპირული დაჭიმულობა ერგ/სმ²	ტემპერატურა °C	ზედაპირული დაჭიმულობა ერგ/სმ²
0	75,64	19	72,90	30	71,18
5	74,92	20	72,75	35	70,38
10	74,22	21	72,59	40	69,56
11	74,07	22	72,44	45	68,74
12	73,93	23	72,28	50	67,91
13	73,78	24	72,13	55	67,05
14	73,64	25	71,97	60	66,18
15	73,49	26	71,82	70	64,42
16	73,34	27	71,66	80	62,61
17	73,19	28	71,50	90	60,75
18	73,05	29	71,35	100	58,85

ზოგიერთი სითხის ზედაპირული დაჭიმულობა

ტ ა ბ უ ლ ა 6

ს ი თ ხ ე	ტემპერატურა °C	ზედაპირული დაჭიმულობა ერგ/სმ²	ს ი თ ხ ე	ტემპერატურა °C	ზედაპირული დაჭიმულობა ერგ/სმ²
ბენზოლი	11,2	29,21	გოგირდნახშირბადი	19,4	33,58
დიეთილის ეთერი	20	16,49	ქლოროფორმი	11,2	27,62
ვერცხლისწყალი	18	50,5	ეთილის სპირტი	20	22,03

ზოგიერთი სითხის სიმკრივე სხვადასხვა ტემპერატურის დროს

ტ ა ბ უ ლ ა 7

ტემპერატურა °C	ეთილის სპირტი	ბენზოლი	ქლოროფორმი	მეთილის სპირტი	ტოლუოლი	წყალი
10	0,793	0,887	1,496	0,801	0,875	0,9997
15	0,794	0,883	1,486	0,799	0,870	0,9992
16	0,793	0,882	1,484	0,799	0,869	0,9990
17	0,792	0,882	1,482	0,798	0,837	0,9988
18	0,791	0,881	1,480	0,797	0,866	0,9986
19	0,790	0,880	1,478	0,796	0,865	0,9984
20	0,789	0,879	1,476	0,795	0,864	0,9983
21	0,788	0,879	1,474	0,795	0,863	0,9980
22	0,787	0,878	1,472	0,794	0,862	0,9978
23	0,786	0,877	1,471	0,793	0,861	0,9976
24	0,786	0,876	1,469	0,792	0,860	0,9973
25	0,785	0,875	1,467	0,791	0,859	0,9971
30	0,781	0,871	1,457	0,787	0,854	0,9958

მუავისა და ტუტის სხვადასხვა კონცენტრაციის შესატყვისი
pH-ის მნიშვნელობა 16°-ის დროს

ხსნარის ნორმა- ლობა	მარილის მუავა	გოგირ- დის მუავა	ძმრის მუავა	რძის მუავა	ლიმონის მუავა	მწვავე კალიუმი	მწვავე ნატრიუმი	ამიაკი
0,001	3,00	2,70	3,89	3,51	3,22	11,00	11,00	10,11
0,002	2,70	2,42	3,74	3,34	3,05	11,50	11,30	10,26
0,003	2,52	2,27	3,64	3,25	2,92	11,48	11,48	10,34
0,004	2,40	2,15	3,58	3,18	2,85	11,60	11,60	10,42
0,005	2,30	2,07	3,52	3,12	2,77	11,70	11,70	10,46
0,006	2,22	2,00	3,49	3,08	2,74	11,78	11,78	10,51
0,007	2,15	1,94	3,46	3,05	2,70	11,85	11,85	10,54
0,008	2,10	1,88	3,42	3,01	2,66	11,90	11,90	10,57
0,009	2,05	1,84	3,40	2,98	2,64	11,95	11,95	10,59
0,01	2,00	1,80	3,38	2,96	2,60	12,00	12,00	10,62
0,02	1,70	1,54	3,22	2,80	2,43	12,30	12,30	10,77
0,03	1,54	1,38	3,14	2,70	2,33	12,48	12,46	10,86
0,04	1,41	1,28	3,08	2,63	2,26	12,59	12,58	10,93
0,05	1,32	1,19	3,02	2,58	2,20	12,69	12,68	10,97
0,06	1,24	1,12	2,99	2,54	2,16	12,76	12,76	11,01
0,07	1,17	1,06	2,96	2,52	2,12	12,83	12,82	11,05
0,08	1,12	1,00	2,92	2,48	2,09	12,89	12,88	11,08
0,09	1,07	0,96	2,90	2,47	2,07	12,93	12,92	11,10
0,1	1,02	0,92	2,89	2,43	2,04	12,98	12,97	11,12
0,2	0,74	0,64	2,74	2,27	1,92	13,26	13,26	11,27
0,3	0,57	0,47	2,68	2,18	1,85	13,43	13,42	11,36
0,4	0,45	0,36	2,62	2,14	1,80	13,55	13,53	11,43
0,5	0,36	0,27	2,55	2,10	1,74	13,64	13,62	11,48
0,6	0,28	0,20	2,52	2,05	1,72	13,71	13,69	11,52
0,7	0,23	0,14	2,50	2,01	1,68	13,77	13,75	11,54
0,8	0,18	0,09	2,47	1,98	1,64	13,83	13,80	11,58
0,9	0,13	0,04	2,44	1,97	1,60	13,87	13,84	11,61
1,0	0,10	0,01	2,43	1,96	1,57	13,91	13,88	11,62

შ ი ნ ა ა რ ს ი

83.

წინასიტყვაობა	I
ქართული გაზოცემის წინასიტყვაობა	II
1. ნივთიერების მოლეკულური წონის განსაზღვრა გაზურ მდგომარეობაში მისი მოცულობის გაზომვით	3
2. გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური წონის და ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხის განსაზღვრა ხსნარის გაყინვის ტემპერატურით (კრიოსკოპია) მოლეკულური წონის განსაზღვრა	9
ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხის განსაზღვრა	14
3. გაზის წნევის თერმიული კოეფიციენტის განსაზღვრა	17
4. გახსნილი ნივთიერების განაწილება ორ შეურეგ დ გამხსნელთა შორის	20
5. ხსნარების ელექტროგამტარობა	25
ელექტროლიტთა ხსნარების ელექტროგამტარობის გაზომვა	28
კუროვლის მუდმივას განსაზღვრა	31
6. ე. მ. დ. გაზომვა	36
გალვანური ელემენტის ე. მ. დ. განსაზღვრა კომპენსაციური მეთოდით	40
7. წყალბადის იონთა კონცენტრაციის განსაზღვრა	51
pH განსაზღვრის ელექტრომეტრული მეთოდი	53
pH განსაზღვრა ინდიკატორების საშუალებით	58
8. პოტენციომეტრული გატატვრა	64
9. ბუფერული ნარეგების მომზადება და მათი თვისებები	69
ბუფერული ნარეგების მომზადება	71
ბუფერული ნარეგების განზაგება	72
მჟაგებისა და ტუტეების მოქმედება	72
ბუფერული ტეგადობა	72
10. ზედაპირული დაჭიმულობა	74
11. ადსორბცია	85
ძმრის მჟაგას ადსორბციის გაზომვა ცხოველური ნახშირის ზედაპირზე	87
ნახშირის აქტივობის განსაზღვრა დასეგლების სითბოს მიზედვით	89
მშთანთქმელის ზედაპირიდან ერთი ნივთიერების მეორეთი განდგენა	93
12. ქიმიური რეაქციის სიჩქარის ცგლა კატალიზატორების მოქმედების დროს . სპილენძისა და რკინის იონების კატალიზური გავლენა ამონიუმის პერსულფატით იოდწყალბადის მჟაგას დაჟანგვის სიჩქარეზე	96
გამოყოფილი იოდის რაოდენობის განსაზღვრა	97
დროის მონაკვეთის გაზომვა რეაქციის დასაწყისიდან ხსნარის შეფარადების გამოჩენამდე	98
13. ზოლების მიღება	99
კონდენსაციის მეთოდი	102
გოგირდის და კოლოფონის ჰიდროზოლების მიღება	103
რკინის ჰიდროზოლის მიღება	103
ფერცხლის იოდიდის ზოლის მიღება	104
ოქროსა და ფერცხლის ჰიდროზოლების მიღება	105
გოგირდის ჰ დროლიზის მიღება დაჟანგვის მეთოდით	106

	ზვ-
დისპერგირების მეთოდი	108
კალისმკვასა და ალუმინის ჰიდრატის ზოლის მიღება მწვავე ტუტით ან მკვავით პეპტიზაციის საშუალებით	108
ემულსიის მომზადება	109
14. კოაგულაცია	111
დარიწხანის სულფიდის (ელექტროჰაეროფითი) ზოლის და რკინის ჰიდრო- ჟანგის (ელექტროდადებითი) ზოლის კოაგულაცია ელექტროლიტებით	114
ორი კოლოიდის ურთიერთ კოაგულაცია	115
ჟელატინის კოაგულაცია იზოელექტრულ წერტილში მისი სპირტით დე- ჰიდრატაციის საშუალებით	117
ჟელატინის დაცვითი მოქმედება ჰიდროფობური ზოლის ელექტროლი- ტებით კოაგულაციის დროს	119
ჰიდროფილური ზოლების კოაგულაცია	122
კოაგულაცია ელექტროლიტების ნარევით	123
15. ზოლების გაწმენდა	127
16. კოლოიდური სისტემების ელექტრული თვისებები, ელექტროფორეზი	130
რეისის მეთოდით ელექტროფორეზზე დაკვირვება	131
ელექტროფორეზული ზონდის საშუალებით მუხტის ნიშნის განსაზღვრა რკინის ზეჟანგის ჰიდრატის ზოლის ელექტროფორეზი	131
კოლოიდური წილაკების ნიშნის განსაზღვრა კაპილარული ანალი- ზის მეთოდით	132
17. სიბლანტე	133
ფარდობითი სიბლანტის განსაზღვრა კაპილარული ვისკოზიმეტრის სა- შუალებით	136
18. გაჯირჯევა	138
ჟელატინის გაჯირჯევა წყალსა და ხსნარებში	141
ჟელატინის გაჯირჯევის რიცხვის განსაზღვრა წყალსა და ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარში	142
გაჯირჯევის ხარისხის გაზომვა ძაფების მეთოდით	144
ელექტროლიტების გავლენა ჟელატინის გაჯირჯევაზე	145
19. რეაქციები გელებში	146
ლიზეგანგის რგოლების მიღება	148
20. ლითონთა მკვავებით კოროზიის ინგიბიტორები	148
ინგიბიტორების დაცვითი მოქმედება	150
ქიმიური ნაერთების სხვადასხვა კლასის კუთვნილი ინგიბიტორების ნარე- ვების არაადიტიური დაცვითი მოქმედების დადგენა	152
თერმოქიმიკა	153
ნეიტრალიზაციის სითბოს განსაზღვრა	155
გახსნის სითბო	156
21. ქიმიური კინეტიკა	160
ექსპერიმენტული ნაწილი	162
ძმარმკვავა მეთილის ეთერის შესაპვნა	164
ბიმოლექულური რეაქცია	166
22. დანართები	167
	170

ტექრედაქტორი გრ. თოდუა
კორექტორები: ი. ტურაშვილი
ი. ლომაძე

2/528



ტირაჟი 2.000

შეკვ. № 521

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 8/VIII—1951 წ.

ანაწყობის ზომა 7×11, ფორმათა რაოდენობა: ნაბეჭდი—11, სასტამბო საგამომცემლო—15,1

შრომის წითელი დროშის ორდენის ლ. პ. ბერიას სახელობის საქ. სას.-სამ.
ინსტიტუტის გამომცემლობის სტამბა, ქ. თბილისი, უნივერსიტეტის ქ. №. 33.