



## ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ფიზიკურ ქიმიაში

ბათუმი, 2017 წ

ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტი  
*ქიმიის დეპარტამენტი*

## **ლაბორატორიული პრაქტიკუმი ფიზიკურ ქიმიაში**

*ლექცია: პროფესორი ირინა ბეჟანიძე*

*ლაბორატორიული მეცადინეობა: ასისტენტ პროფესორი*

*თინა ხარებავა*

ბათუმი, 2017 წ.

დამხმარე სახელმძღვანელოში აღწერილია ფიზიკური ქიმიის 14 ლაბორატორიული სამუშაო. თითოეულ სამუშაოს წამმდგარებული აქვს თეორიული შესავალი, აპარატურის აღწერილობა, გაზომვების ჩატარების მიმდევრობა და მიღებული შედეგების დამუშავება.

სახელმძღვანელო შეიძლება რეკომენდებული იყოს როგორც ლაბორატორიული პრაქტიკული, ასევე გამოიყენოს სტუდენტმა თეორიული საკითხების მოსამზადებლად სემინარული მეცადინეობებისათვის.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია ქიმიისა და სხვა მონათესავე სპეციალობების სტუდენტებისათვის.

58 გვ., 13ცხ., 7 ნახ., 5ლიტ. წყარო.

ISSN 1987-7587

სტამბა - შ.პ.ს „გრაფი“, 2017

## წინასიტყვაობა

ფიზიკური ქიმია ამოცანად ისახავს ფიზიკურ და ქიმიურ მოვლენებს შორის არსებული კავშირის გამოვლენას. ამ კავშირის შესწავლის ერთ-ერთი მიზანია ქიმიური პროცესების გამოყენება ადამიანის პრაქტიკულ საქმიანობაში.

ფიზიკური ქიმიის ლაბორატორიული სახელმძღვანელო მოიცავს 13 ლაბორატორიულ სამუშაოს ამ დისციპლინის ძირითადი თემების (თერმოდინამიკის, წონასწორობის, კინეტიკის და სხვ.) შესახებ. თითოეული სამუშაოს თან ახლავს თეორიული შესავალი, რაც იძლევა საშუალებას ლაბორატორიული მეცადინეობა ჩატარდეს სხვა სახის მეცადინეობისაგან დამოუკიდებლად. ყოველ სამუშაოში მითითებულია საჭირო რეაქტივები და ხელსაწყოები, მოცემულია აპარატურის აღწერილობა, ექსპერიმენტის ჩატარების თანმიმდევრობა და ანგარიში სამუშაოს შესახებ, სადაც უნდა ჩაიწეროს თითოეული ცდის შედეგი და მიეცეს ახსნა. ლაბორატორიული სამუშაოს აღწერაში თეორიული შესავლის ჩართვა ზრდის სტუდენტების სწავლის პოტენციალს და საშუალებას აძლევს განამტკიცონ თავიანთი ცოდნა ფიზიკური ქიმიის ზოგიერთი ფუნდამენტალური საკითხის შესახებ.

სახელმძღვანელო შეიძლება რეკომენდებული იყოს როგორც ლაბორატორიული პრაქტიკუმი, ასევე გამოიყენოს სტუდენტმა თეორიული საკითხების მოსამზადებლად სემინარული მეცადინეობებისათვის.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია ქიმიისა და სხვა მონათესავე სპეციალობების სტუდენტებისათვის.

1. ლაბორატორიული სამუშაო № 1 : ბუფერული ნარეგების მომზადება და განზავება  
ბუფერული ხსნარები..... 6
2. ლაბორატორიული სამუშაო № 2 : ბუფერული ნარეგების ტევადობის განსაზღვრა..11
3. ლაბორატორიული სამუშაო № 3 : უსაზღვროდ შერევადი სითხეებიდან ხსნარების  
გადადენა.....12
4. ლაბორატორიული სამუშაო № 4 : ნიადაგის გამონაწურის ბუფერული ტევადობის  
განსაზღვრა.....17
5. ლაბორატორიული სამუშაო № 5 : მარილის გახსნის სითბოს განსაზღვრა.....19
6. ლაბორატორიული სამუშაო № 6 : ნეიტრალიზაციის სითბოსა და გამოყენებული  
მჟავას რაოდენობის განსაზღვრა.....24
7. ლაბორატორიული სამუშაო № 7 : ცხოველური წარმოშობის ნახშირზე ძმარმჟავას  
ადსორბციის განსაზღვრა.....28
8. ლაბორატორიული სამუშაო № 8 : ნაფტალინ-ფენოლი სისტემის თერმული  
ანალიზი.....34
9. ლაბორატორიული სამუშაო № 9 : გახსნილი ნივთიერების მოლური მასის  
განსაზღვრა გაყინვის ტემპერატურის მიხედვით (კრიოსკოპია).....41
10. ლაბორატორიული სამუშაო № 10 : კატალიზატორების გავლენა ქიმიური რეაქციის  
სიჩქარეზე ( დროის შუალედის განსაზღვრა რეაქციის დასაწყისიდან შეფერილობის  
წარმოქმნამდე).....46
11. ლაბორატორიული სამუშაო № 11 : ძმარმჟავას დისოციაციის მუდმივას და ხარისხის  
განსაზღვრა კალორიმეტრიული მეთოდით.....48
12. ლაბორატორიული სამუშაო № 12 : ლითონთა კოროზია წყალში და მარილხსნარებში  
.....50
13. ლაბორატორიული სამუშაო № 13 : ფენოლ-წყალი სისტემის გახსნის კრიტიკული  
ტემპერატურის განსაზღვრა.....54
14. ლაბორატორიული სამუშაო № 14 : ნახშირის დასველების სითბოს განსაზღვრა.....56

## ლაბორატორიული სამუშაო №1

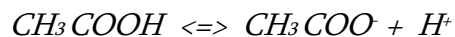
### ბუფერული ნარევების მომზადება და განზავება

#### ბუფერული ხსნარები

უმეტესი ფიზიოლოგიური პროცესი მიმდინარეობს მუდმივი pH-ის მქონე არეში. pH-ის ცვლილება იწვევს ფიზიოლოგიური პროცესის დარღვევას ან ზოგჯერ მის შეწყვეტასაც კი. მაგალითად, ორგანიზმის ნორმალური მდგომარეობის დროს სისხლის pH=7,3. სისხლის pH-ის ცვლილება იწვევს ორგანიზმის ლეტალურ შედეგს. სისხლს მუდმივად მიეწოდება ნივთიერებათა ცვლის მჟავაპროდუქტები, მაგრამ მიუხედავად ამისა, მისი pH რჩება მუდმივი. ეს აიხსნება იმით, რომ სისხლი, ისევე როგორც ორგანიზმის სხვა ქსოვილებში, შეიცავს რეგულატორებს, რომლებიც ინარჩუნებენ წყალბად იონების კონცენტრაციის მუდმივობას. ერთ-ერთი ასეთი რეგულატორია - ბუფერული ხსნარები, ანუ ნარევები, რომლებიც წარმოადგენენ სუსტი მჟავასა და მისი ტუტე მარილის ნარევს, მაგალითად აცეტატური ბუფერი - ძმარმჟავა და მისი მარილი - ნატრიუმის აცეტატი ( $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$ ) ან სუსტი ფუძისა და მისი ძლიერი მჟავას მარილი, მაგ. ამონიუმის ბუფერი - ამონიუმის ჰიდროქსიდისა და ამონიუმის ქლორიდის ნარევი ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ).

ბუფერული ხსნარები ინარჩუნებენ წყალბად იონების კონცენტრაციის მუდმივობას თითოეული ხსნარის განსაზღვრულ საზღვრებში მცირე რაოდენობა მჟავას ან ტუტის დამატებისას, ასევე ამ ხსნარების განზავებისას.

განვიხილოთ ბუფერული ნარევის მოქმედების მექანიზმი ძმარმჟავასა და ნატრიუმის აცეტატის ნარევის მაგალითზე. ძმარმჟავას ხსნარში ადგილი აქვს წონასწორობას:



მოქმედ მასათა კანონის თანახმად:

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

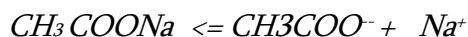
სადაც :

- $K$  - მჟავას ელექტროლიტური დისოციაციის მუდმივაა.

წყალბად იონების კონცენტრაცია გამოითვლება განტოლება (2)-დან:

$$[H^+] = K [CH_3COOH] / [CH_3COO^-] \quad (2)$$

ძმარმჟავას ელექტროლიტური დისოციაციის ხარისხი უმნიშვნელოა და ხსნარში ჭარბობს მისი არადისოცირებული მოლეკულების რაოდენობა. ძმარმჟავას ხსნარზე მისი მარილის დამატება, რომელიც წყალხსნარში სრულად დისოცირებულია იონებად



იმდენად ამცირებს ძმარმჟავას ელექტროლიტურ დისოციაციას, რომ არადისოცირებული მოლეკულების კონცენტრაცია პრაქტიკულად უტოლდება მჟავას კონცენტრაციას, რომელიც განისაზღვრება ანალიზური ქიმიის კლასიკური მეთოდებით. მაშინ (2) ფორმულაში ძმარმჟავას კონცენტრაცია -  $[CH_3COOH]$  შეიძლება შევცვალოთ მჟავას კონცენტრაციით -  $[mჟავა]$ . სწორედ ასევე,  $[CH_3COO^-]$  იონის კონცენტრაცია ტოლი იქნება  $[mარილის]$  კონცენტრაციის, ვინაიდან  $CH_3COO^-$  იონები წარმოიქმნებიან პრაქტიკულად მხოლოდ ნატრიუმის აცეტატის  $CH_3COONa$  ელექტროლიტური დისოციაციის შედეგად. მაშინ ფორმულის (2) თანახმად მივიღებთ:

$$[H^+] = K [mჟავა] / [mარილის] \quad (3)$$

მჟავას ელექტროლიტური დისოციაციის კონსტანტა ამ პირობებში მუდმივაა, ამიტომ წყალბად იონების კონცენტრაცია განისაზღვრება იმ მჟავასა და მარილის კონცენტრაციების ფარდობით, რომლებიც აღებული იყო ბუფერული ნარევის მოსამზადებლად.

ასეთივე მსჯელობით, სუსტი ფუძისა და ძლიერი მჟავას მარილის შემთხვევაში, მივიღებთ განტოლებას:

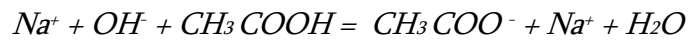
$$[OH^-] = K [ფუძე] / [mარილის] \quad (4)$$

განტოლებიდან (3) გამომდინარეობს, რომ ბუფერული ხსნარების წყალბად იონების კონცენტრაცია დამოკიდებულია არა მჟავასა და მარილის კონცენტრაციების აბსოლუტურ მნიშვნელობაზე, არამედ მათ ფარდობაზე, რის გამო ბუფერული ხსნარების განზავებისას წყალბად იონების კონცენტრაცია პრაქტიკულად უცვლელი რჩება.

ბუფერული ნარევი განსხვავებით ხსნარისაგან, რომელიც შეიცავს მხოლოდ მჟავას ან ფუძეს, ძლიერ ამცირებს წყალბად იონების კონცენტრაციის ცვლილების შესაძლებლობას. მაგალითად, თუ ძმარმჟავასა და ნატრიუმის აცეტატის ნარევს დავამატებთ მარილმჟავას, ის შედის მიმოცვლის რეაქციაში ნატრიუმის აცეტატთან, წარმოიქმნის ნატრიუმის ქლორიდს და სუსტ ძმარმჟავას :



თუ კი ხსნარს დავამატებთ ტუტეს ის შედის რეაქციაში ძმარმჟავასთან და წარმოიქმნება ნატრიუმის აცეტატი:



ანუ, ორივე მაგალითში წარმოიქმნება ბუფერული ხსნარების შემადგენელი ნაერთები და შესაბამისად შეიცვლება ხსნარის pH.

*ბუფერულ ნარევებს გააჩნიათ შემდეგი თვისებები:*

- ბუფერული ნარევების წყალბად იონების კონცენტრაცია არ არის დამოკიდებული განზავებაზე, რაც უშუალოდ გამომდინარეობს (3) განტოლებიდან, რომელშიც შედის მჟავასა და ტუტის კონცენტრაციების არა აბსოლუტური მნიშვნელობები, არამედ მათი ფარდობა;
- ბუფერულ ნარევზე ძლიერი მჟავას ან ფუძის მცირე რაოდენობის დამატება ძალიან მცირედ ( ხსნარის ბუფერული ტევადობის საზღვრებში) ცვლის მასში წყალბად იონების კონცენტრაციას .

**სამუშაოს მიზანი.** ბუფერული ნარევების ზოგიერთი თვისებების შესწავლა.

### სამუშაოს ესაჭიროება:

- ✓ შტატივი სინჯარებისათვის;
- ✓ შვიდი სინჯარა;
- ✓ 2 ცალი 2 მლ.-იანი პიპეტი;
- ✓ 0,1 ნ და 1 ნ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ხსნარები;
- ✓ 0,1 ნ და 1 ნ  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ხსნარები;
- ✓ 0,1 ნ და 1 ნ  $\text{HCl}$  ხსნარები;
- ✓ 0,1 ნ  $\text{NaOH}$  ხსნარი;
- ✓ ფიზიოლოგიური ხსნარი ( 0,9 %  $\text{NaCl}$ );
- ✓ უნივერსალური ინდიკატორი;
- ✓ ინდიკატორი მეთილწარინჯი.

### ბუფერული ნარევის მომზადება

- შვიდ ერთნაირ სინჯარაში პიპეტით ან ბიურეტით ასხამენ 0,1 ნ ძმარმჟავას და 0,1 ნ ნატრიუმის აცეტატის ხსნარებს რაოდენობებით, რომელიც მითითებულია ცხრილში.
- მორევის შემდეგ თითოეულში ამატებენ 3-3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს და ისევ მოურევენ.
- ხსნარები შეიფერება სხვადასხვა ფერად. სინჯარებში ხსნარების შეფერილობას ადარებენ უნივერსალური ინდიკატორის ცხრილის ფერებს და პოულობენ ნარევის pH-ს.
- მიღებულ მნიშვნელობებს ჩაიწერენ, გამოთვლიან ყველა ხსნარის pH-ს და ადარებენ ცდით განსაზღვრულს ( ცხ. 5 დანართი).

pH-ის მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\text{pH} = - \lg [\text{H}^+ ] \quad (5)$$

სადაც :

- $H^+$  - იონების კონცენტრაცია გამოთვლილი ფორმულით (3).

მჟავას ( ტუტის) დისოციაციის კონსტანტა მოცემულია ცხ.8 ( დანართი). ცდის შედეგები უნდა ჩაიწეროს ცხრილში (1).

ცხრილი 1

პარამეტრი	სინჯარის №/№						
	1	2	3	4	5	6	7
მჟავას რაოდენობა, მლ.	9,8	9	8	5	3	1,5	0,2
მარილის რაოდენობა, მლ.	0,2	1,0	2	5	7	8,5	9,8
pH განსაზღვრული ცდით.							
pH გამოთვლილი.							

### ბუფერული ნარეგების განზავება

სამ კოლბაში ამზადებენ 10-10 მლ. ბუფერულ ხსნარს მჟავასა და მარილის იმ თანაფარდობით, რომელიც მითითებულია №1 ლაბორატორიული სამუშაოს მეხუთე სინჯარაში (ცხ. 1).

პირველი კოლბის ხსნარს ანზავებენ დისტილირებული წყლით ორჯერ, მეორე კოლბის ხსნარს - სამჯერ, ხოლო მესამე კოლბის ხსნარს არ აზავებენ. თითოეული კოლბიდან იღებენ 10-10 მლ ხსნარს და უმატებენ 3-3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს. სამივე ხსნარის შეფერილობა იქნება ერთნაირი, შესაბამისად, pH განზავებით არ იცვლება.

## ლ ა ბ ო რ ა ტ ო რ ი უ ლ ი ს ა მ უ შ ა ო №2

### ბუფერული ნარეგების ტევადობის განსაზღვრა

ბუფერული მოქმედების ზღვარს ეწოდება ბუფერული ტევადობა და ის აღინიშნება B ასოთი. ბუფერული ტევადობის რაოდენობრივი მნიშვნელობა განისაზღვრება ძლიერი მჟავას ან ტუტის გრამ-ექვივალენტის რაოდენობით, რომელიც აუცილებელად უნდა დაემატოს 1 ლ. ბუფერულ ხსნარს, რომ მისი pH შეიცვალოს ერთი ერთეულით:

$$B = \text{გრ.-ექვ.} / \text{pH}_1 - \text{pH}_2 \quad (1)$$

სადაც :

- B - ბუფერული ტევადობა;
- გრ.-ექვ. - მჟავას ან ფუძის გრამ-ექვივალენტის რაოდენობა;
- $\text{pH}_1 - \text{pH}_2 = 1$ .

რაც უფრო მაღალია მჟავასა და მარილის კონცენტრაცია ბუფერულ ხსნარში, მით უფრო მაღალია ბუფერული ტევადობა.

**სამუშაოს მიზანი :** ბუფერული ნარეგების ტევადობის განსაზღვრა.

**სამუშაოს ესაჭიროება:**

- ✓ ორი ცალი კონუსური კოლბა;
- ✓ 0,1 ნ CH<sub>3</sub>COOH და 0,1 ნ CH<sub>3</sub>COONa ხსნარები;
- ✓ 0,1 ნ NaOH ხსნარი;
- ✓ უნივერსალური ინდიკატორი;
- ✓ უნივერსალური ინდიკატორის ქაღალდი.

**ბუფერული ტევადობის განსაზღვრა**

**ცდა №1.** კონუსურ კოლბაში ამზადებენ ბუფერულ ნარეგს 7 მლ 0,1 ნ CH<sub>3</sub>COOH და 3 მლ 0,1 ნ CH<sub>3</sub>COONa ხსნარებისაგან, ამატებენ 3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს და

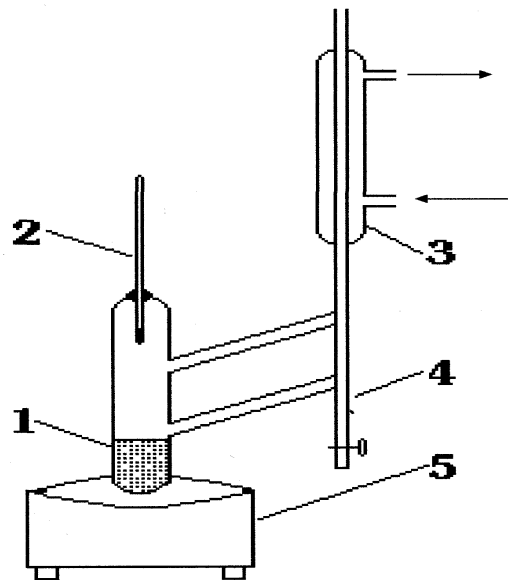
ინდიკატორის ფერადი ცხრილის მიხედვით ადგენენ ბუფერული ნარევის pH-ს, შემდეგ ხსნარს ტიტრავენ 0,1 ნ NaOH ხსნარით შეფერილობის ოდნავ ცვლილებამდე და ჩაწერენ გატიტვრაზე დახარჯული NaOH-ის რაოდენობას.

**ცდა №2.** ანალოგიურად ამზადებენ სხვა ბუფერულ ნარევს 3 მლ 0,1 ნ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  და 7 მლ 0,1 ნ  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ხსნარებისაგან, ამატებენ 3 წვეთ უნივერსალურ ინდიკატორს და როგორც პირველ შემთხვევაში ტიტრავენ იმავე NaOH ხსნარით შეფერილობის ოდნავ ცვლილებამდე და ჩაწერენ გატიტვრაზე დახარჯული NaOH რაოდენობას. ადარებენ პირველი და მეორე გატიტვრის შედეგებს.

### ლ ა ბ ო რ ა ტ ო რ ი უ ლ ი ს ა მ უ შ ა ო №3

#### უსაზღვროდ შერევადი სითხეებიდან ხსნარების გადადენა

ცდას ატარებენ ხელსაწყოზე, რომლის სქემა მოცემულია ნახ.1-ზე.



ნახ. 1 ხელსაწყოს სქემა.

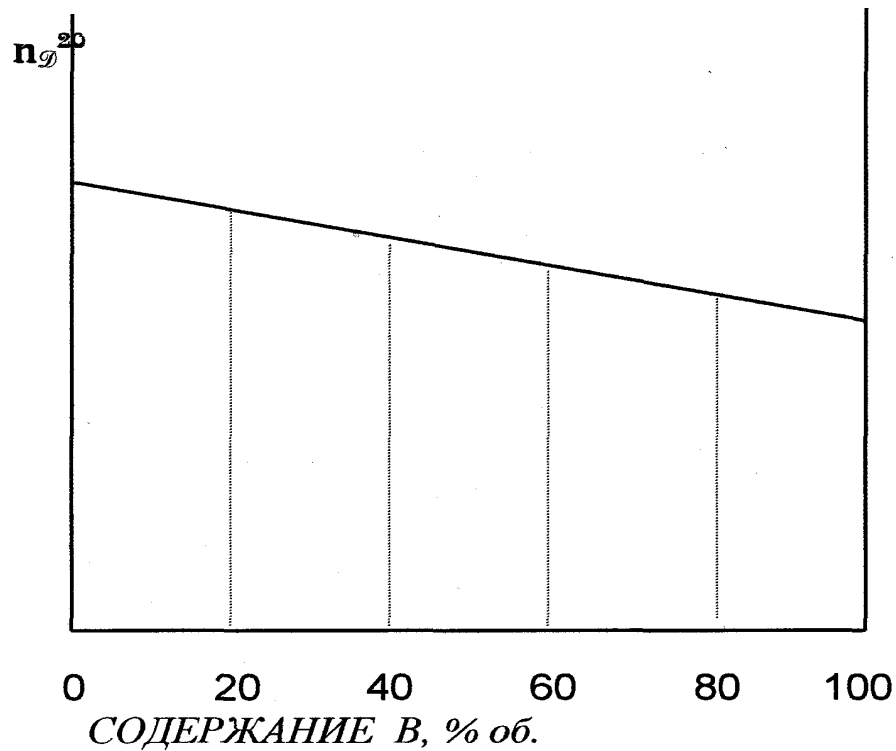
1-მინის ჭურჭელი; 2-თერმომეტრი; 3- წყლის მაცივარი; 4 - მილი კონდენსატისათვის; 5-გამაცხელებელი.

## სამუშაოს ესაჭიროება: რეფრაქტომეტრი

### სამუშაოს აღწერა:

- რეფრაქტომეტრით ისაზღვრება სუფთა სითხეების და ასევე მათი თანაბარ მოცულობების ნარევების ( მაგ; 2 მლ ჰეპტანი + 2 მლ აცეტონი) გარდატეხის მაჩვენებლები და აგებენ საკალიბრო მრუდს კოორდინატებში: გარდატეხის მაჩვენებლები - შედგენილობა ( ნახ.2). თუ წერტილები არ ლაგდება სწორ ხაზზე, ამზადებენ სხვა შედგენილობის ნარევებს ( მაგ; 1 მლ ჰეპტანი + 3 მლ აცეტონი), საზღვრავენ გარდატეხის მაჩვენებელს და აზუსტებენ მრუდს.
- მშრალ მინის ჭურჭელში (1), პიპეტით ასხამენ 20 მლ შედარებით მაღალმდულარე სითხეს (მაგ., ჰეპტანს ან ოქტანს) და 5 მლ უფრო დაბალმდულარე სითხეს (მაგ., ჰექსანს ან აცეტონს). მჭიდროდ ახურავენ საცობს თერმომეტრით (2). მაცივარში (3) უშვებენ წყალს, აყენებენ ჭურჭლის ზემოთ (ნახ 1) და ჩართავენ გამაცხელებელს (5).
- მას შემდეგ, რაც ჭურჭელში სითხე ადუღდება, ხოლო თერმომეტრის ჩვენება პრაქტიკულად უცვლელი დარჩება, მილთან კონდენსატისათვის(4) მიაქვთ სინჯარა, რამდენიმე წამით ხსნიან ონკანს და აგროვებენ მასში კონდენსატს. როდესაც მილში კვლავ მოგროვდება კონდენსატი, ინიშნავენ ტემპერატურას ( $T_1$ ), გამორთავენ, განზე გასწევენ გამაცხელებელს და როცა თერმომეტრის ჩვენება დაიკლებს დაახლოებით  $40^{\circ}\text{C}$ -მდე, სინჯარაში წარწერით  $\Pi_1$  მილიდან (4) ჩამოასხამენ კონდენსატს, ხოლო სინჯარაში წარწერით  $\mathcal{K}_1$  პიპეტით ათავსებენ ჭურჭლიდან (1) ამოღებულ სითხეს (ამისათვის საჭიროა თერმომეტრიანი საცობის (2) მოხსნა). სინჯარებს ახურავენ საცობებს. ოთახის ტემპერატურამდე გაცივების შემდეგ საზღვრავენ კონდენსატისა და სითხის გარდატეხის მაჩვენებლებს და საკალიბრო მრუდის მიხედვით ადგენენ მათ შედგენილობას.
- ჭურჭელში (1) აბრუნებენ პირველი ცდის დროს ჩამოსხმულ კონდენსატს, ამოღებულ სითხეს და ჭურჭელში ამატებენ უფრო დაბალმდულარე კომპონენტის ახალ ულუფას (5მლ.), აცხელებენ ადუღებამდე, იღებენ ნიმუშებს და აანალიზებენ მათ, როგორც ეს აღწერილია წინამდებარე პუნქტში. კონდენსატისა (ორთქლის) და

სითხის წონასწორულ შედგენილობებს განსაზღვრავენ ტემპერატურის 3-5 მნიშვნელობისათვის.



ნახ. 2 საკალიბრო მრუდი.

საკალიბრო მრუდის აგებისათვის მონაცემებს ჩაწერენ ცხრილი 1-ის სახით, ხოლო გადადენის დიაგრამის აგებისათვის - ცხრილი 2 -ის სახით. მიღებული მონაცემების მიხედვით აგებენ გადადენის დიაგრამას კოორდინატებში : დუდილის ტემპერატურა - შედგენილობა (B კომპონენტის მასური წილი). ამისათვის ატარებენ იზოთერმულ ხაზებს, რომლებიც შეესაბამებიან ნარევების დუდილის ტემპერატურებს, და ყოველ ხაზზე შეაქვთ წერტილები, რომლებიც შეესაბამება ორთქლისა და სითხის შედგენილობას. შემდეგ თითოეული ფაზის წერტილებს აერთიანებენ მთავარი ხაზით წერტილებთან, რომლებიც შეესაბამებიან სუფთა კომპონენტების დუდილის ტემპერატურებს ( ნახ.3).

მონაცემები საკალიბრო მრუდის აგებისათვის

<i>N<sup>o</sup>/N<sup>o</sup></i>	<i>ნარევის შედგენილობა</i>	<i>B კომპონენტის შედგენილობა, % მოც.</i>	<i>გარდატეხის მაჩვენებელი, n<sub>D</sub><sup>20</sup></i>
1	<i>სუფთა კომპონენტი A</i>	0	
2	<i>3 მლ A + 1 მლ B</i>	25	
3	<i>2 მლ A + 2 მლ B</i>	50	
4	<i>1 მლ A + 3 მლ B</i>	75	
5	<i>სუფთა კომპონენტი B</i>	100	

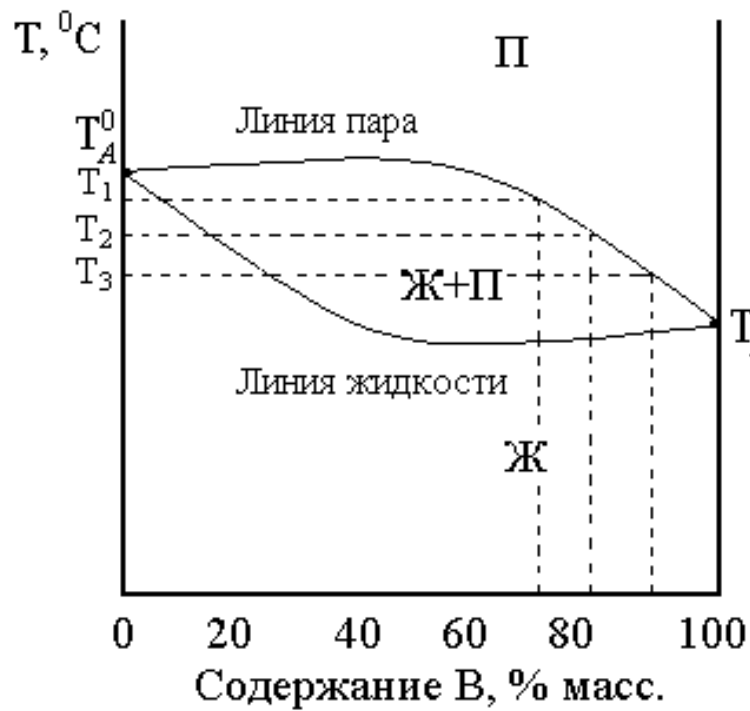
მონაცემები გადადენის დიაგრამის აგებისათვის

<i>N<sup>o</sup>/N<sup>o</sup></i>	<i>დუღილის ტემპერატურა °C</i>	<i>კონდენსატი (ორთქლი)</i>			<i>სითხე</i>		
		<i>n<sub>D</sub><sup>20</sup></i>	<i>შემადგენლობა B</i>		<i>n<sub>D</sub><sup>20</sup></i>	<i>შემადგენლობა B</i>	
			<i>% მოც.</i>	<i>% მასს.</i>		<i>% მოც.</i>	<i>% მასს.</i>
1							
2							
3							

სუფთა სითხის მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში (3)

## გამხსნელის თვისებები

№/№ <sup>0</sup>	ნივთიერება	სიმკრივე, გ/მლ	ტემპერატურა, K
1	აცეტონი	0,79	329,4
2	ნ-ჰექსანი	0,659	341,9
3	ნ-ჰეპტანი	0,697	366,8
4	ნ-ოქტანი	0,715	394,4



ნახ. 3. დიაგრამა დუღილის ტემპერატურა - შედგენილობა

### **მუშაობის უსაფრთხოების ტექნიკა :**

- ✓ გადადენა უნდა განხორციელდეს დახურულ გამაცხელებელზე;
- ✓ აკრძალულია ნიმუშების აღება ჩართული ელექტროხელსაწყოს დროს;
- ✓ ანალიზისათვის სითხეების აღება განხორციელდეს პიპეტით „გრუმის“ თანაობისას;
- ✓ დამუშავებული პროდუქტები ჩაისხას სპეციალურ ჭურჭელში;
- ✓ არ შეიძლება ჩართული ხელსაწყოების უყურადღებოდ დატოვება.

### **ლაბორატორიული სამუშაო № 4**

#### **ნიადაგის გამონაწურის ბუფერული ტევადობის განსაზღვრა**

ნიადაგის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს ბუფერული ტევადობა, რომლის მიხედვითაც შეიძლება ვიმსჯელოთ ნიადაგის გამონაწურის ბუფერულობის შესახებ. ნიადაგის წყალხსნარის გამონაწური შეიცავს კარბონატებს, ფოსფატებს და ნაწილობრივ ცილებს, რომელთა არსებობა განაპირობებს ნიადაგის გამონაწურის ბუფერულობას.

#### **სამუშაოს ესაჭიროება:**

- ✓ ახლადალეხული ნიადაგი;
- ✓ გამოხდილი წყალი;
- ✓ 3 ცალი ერლენმეერის (კონუსური) კოლბა;
- ✓ ფილტრის ქაღალდი;
- ✓ ფენოლფტალეინის ხსნარი
- ✓ 0,1 ნ NaOH ხსნარი;
- ✓ მეთილის წითელი (ინდიკატორი);
- ✓ 0,1 ნ HCl ხსნარი.

**ცდა.1** წინასწარ გამომშრალი ნიადაგი 20 გ რაოდენობით და 100 მლ წყალი შეაქვთ კონუსურ კოლბაში და 3 წთ. განმავლობაში ანჯღრევენ, შემდეგ ფილტრავენ ფილტრის ქაღალდში და საზღვრავენ ფილტრატის pH. ორ მშრალ კონუსურ კოლბაში ჩაასხამენ 20-20 მლ. ფილტრატს:

- ✓ ერთ კოლბაში ამატებენ 2 წვეთ ფენოლფტალეინს და ტიტრავენ 0,1 N NaOH ხსნარით სუსტი ჟოლოსფერი შეფერილობის წარმოქმნამდე;
- ✓ მეორე კოლბაში ამატებენ 2-3 წვეთ მეთილის წითელს და ტიტრავენ 0,1 N HCl ხსნარით მონარინჯო-ვარდისფერი შეფერილობის წარმოქმნამდე.

*ბუფერული ტევადობის გამოითვლება ფორმულით:*

$$B = \text{გ.- ექვ( ტუტის, მჟავის)}/( \text{pH}_1 - \text{pH}_2) \quad (1)$$

შედარებისათვის იმავე ცდას ატარებენ ბუფერული ხსნარის გარეშე, რომელიც დამზადებულია გამოხდილ წყალზე, ტუტის ან მჟავას ისეთი რაოდენობის დამატებით, რომ მივიღოთ ისეთი ნიადაგის გამონაწურის მნიშვნელობა.

*შენიშვნა:* ტუტის გრამ-ექვივალენტების რაოდენობა, დახარჯული 1 ლ. ბუფერული ხსნარის გატიტვრაზე, გამოითვლება ფორმულით:

$$C_{\text{გ-ექვ}} = n_{\text{ტ}} \cdot V_{\text{ტ}} \cdot 1000 / V_{\text{ბ.ხ.}} \quad (2)$$

*სადაც :*

- $n_{\text{ტ}}$  - ტუტის (მჟავის) ხსნარის ნორმალური კონცენტრაცია;
- $V_{\text{ტ}}$  - ბუფერული ხსნარის გატიტვრაზე დახარჯული ტუტის ხსნარის მოცულობა, მლ.;
- $V_{\text{ბ.ხ.}}$  - ბუფერული ხსნარის მოცულობა, მლ

მიღებული შედეგების მიხედვით უნდა გაკეთდეს დასკვნა.

## ლაბორატორიული სამუშაო №5

### მარილის გახსნის სითბოს განსაზღვრა

მარილის წყალში გახსნისას, სითბოს შთანთქმება ან გამოიყოფა. სითბურ ეფექტებს ნივთიერებათა ცვლილების დროს, შეისწავლის მეცნიერება თერმოქიმია. თერმოქიმიას საფუძვლად უდევს გ. ი. ჰესის მიერ 1840 წელს აღმოჩენილი კანონი, რომლის თანახმად რეაქციის სითბური ეფექტი დამოკიდებულია მხოლოდ მორეაგირე ნივთიერებათა საწყის და საბოლოო მდგომარეობაზე და არ არის დამოკიდებული იმაზე, თუ რა გზით გადადიან ისინი ერთი მდგომარეობიდან მეორეში.

ამ კანონის დახმარებით შესაძლებელია განისაზღვროს კრისტალოჰიდრატის წარმოქმნის სითბო, თუ განვსაზღვრავთ უწყლო მარილის და კრისტალოჰიდრატის გახსნის სითბოებს და პირველის მნიშვნელობას გამოვაკლებთ მეორეს:

$$Q = Q_{\text{უწყ.}} - Q_{\text{კრისტ}} \quad (1)$$

მარილის წყალში გახსნის დროს ერთდროულად მიმდინარეობს ორი პროცესი:

- ნივთიერების კრისტალური მესრის ღრვევა და მოლეკულის დისოციაცია იონებად. ამ დროს ადგილი აქვს სითბოს შთანთქმას,  $Q_1$ ;
- იონების ჰიდრატაცია. ამ დროს გამოიყოფა სითბოს გარკვეული რაოდენობა,  $Q_2$ .

მარილის გახსნის სითბო ამ ორი პროცესის სითბური ეფექტების ჯამის ტოლია:

$$Q_{\text{გახს.}} = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

ნივთიერებები, რომლებსაც აქვთ მტკიცე კრისტალური მესერი და სუსტად ჰიდრატირებულია, ხსნარში იხსნება სითბოს შთანთქმით, არამტკიცე კრისტალური მესერის და ხსნარში ძლიერ ჰიდრატირებული ნივთიერებები გაიხსნებიან სითბოს გამოყოფით.

ნივთიერების გახსნის სითბო იზრდება გამხსნელის რაოდენობის გაზრდით, რომელიც მოდის 1 მოლ გასახსნელ ნივთიერებაზე. თუ 1 მოლ ნივთიერებაზე მოდის 100-300 მოლი გამხსნელზე მეტი, მაშინ ხსნარის შემდგომი განზავება ძალიან მცირედ მოქმედებს გახსნის სითბოს სიდიდის ცვლილებაზე.

*გახსნის სითბო ეწოდება სითბოს რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა ან შთაინთქმება 1 მოლი ნივთიერების გახსნისას ისეთ რაოდენობა გამხსნელში, რომლის შემდგომი დამატება არ ცვლის სითბურ ეფექტს.*

### **სამუშაოს მიზანი.**

1. სითბური ეფექტების გაზომვის კალორიმეტრიული მეთოდის გაცნობა.
2. მარილის გახსნის სითბოს განსაზღვრა.
3. უწყლო მარილიდან კრისტალჰიდრატების წარმოქმნის სითბოს განსაზღვრა.

### **სამუშაოს ესაჭიროება:**

- ✓ 0,5 ლ. მოცულობის მინის ჭურჭელი სარეველათი ან დიუარის ჭურჭელი;
- ✓ 0,5 ლ. მოცულობის ჭიქა;
- ✓ ბეკმანის თერმომეტრი;
- ✓ ამპულა მარილისათვის;
- ✓ მინის წკირი;
- ✓ ანალიზური სასწორი;
- ✓ ფაიფურის ჯამი;
- ✓ ტექნიკური სასწორი;
- ✓ ქვიშის საათი 1 წთ.-ანი;
- ✓  $KNO_3$ ;
- ✓  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ;
- ✓ უწყლო  $CuSO_4$ .

**ხელსაწყო აღწერა.** მარილის გახსნის სითბოს განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ კალორიმეტრი. ეს არის 500 მლ. მოცულობის მრგვალძირა კოლბა საცობით. საცობში ჩამაგრებულია თერმომეტრი, სარეველა ხსნარის მორევისათვის და ამპულა მინის წკირით მარილისათვის.

**კალორიმეტრის მუდმივას განსაზღვრა.** კალორიმეტრში მიმდინარე პროცესის სითბური ეფექტის გამოთვლისათვის, აუცილებელია კალორიმეტრის მუდმივას ცოდნა, ანუ სითბოს იმ რაოდენობისა კალორიებში, რომელიც საჭიროა კალორიმეტრის (თერმომეტრით, სარეველათი, მარილიანი ამპულით და წყლით) 1 °C -ით გაცხელებისათვის.  $\Delta t$  სიდიდით გახურებისათვის საჭირო იქნება:

$$Q = K \cdot \Delta t / m \quad (3)$$

სადაც :

- $Q$  - მარილის გახსნის სითბოა;
- $m$  - მარილის მოლეზის რიცხვი;
- $\Delta t$  - კალორიმეტრში ნაპოვნი ტემპერატურის ცვლილება;
- $K$  - კალორიმეტრის მუდმივა.

კალორიმეტრის მუდმივა  $K$  შეიძლება განისაზღვროს რომელიმე მარილის გახსნის ცნობილი სითბოს, მაგალითად კალიუმის ნიტრატის ( $KNO_3$ ) გახსნის სითბოს მიხედვით. ამისათვის :

- კალიუმის ნიტრატს (5-7გ) გულმოდგინედ გასრესენ ფაიფურის ჯამში.
- აწონიან 5 გ ( 0,0505 მოლი) მარილს.
- მრგვალძირა კოლბაში ჩაასხამენ 300 მლ გამოხდილ წყალს (18°C).
- კოლბას დაახურავენ საცობს თერმომეტრით და აკვირდებიან (აფიქსირებენ) ყოველ 30 წამში წყლის ტემპერატურის ცვლილებას გარემოსთან სითბოს თბომიმოცვლის გამო.
- როდესაც 5 წთ-ის განმავლობაში ტემპერატურა უცვლელი იქნება, წყალში ჩაყრიან კალიუმის ნიტრატის (5 გ.) და კოლბის მორევის პირობებში აფიქსირებენ მარილის

გახსნის ტემპერატურის ცვლილებას მარილის სრულ გახსნამდე და საბოლოო ტემპერატურას.

- ვინაიდან კალიუმის ნიტრატის გახსნა მიმდინარეობს სითბოს შთანთქმით, ტემპერატურის ცვლილებას  $\Delta t$  განსაზღვრავენ წყლის (მუდმივი) და კალიუმის ნიტრატის წყალხსნარის საბოლოო ტემპერატურების სხვაობით.

კალორიმეტრის მუდმივას განსაზღვრავენ ფორმულით:

$$K = Q_{\text{გახს.}} \cdot m / \Delta t \quad (4)$$

სადაც:  $Q_{\text{გახს.}}$  - მარილის გახსნის ცნობილი სითბოა;

$m$  - მარილის ( $\text{KNO}_3$ ) მოლეზის რიცხვია (0,0505);

$\Delta t$  - მარილის გახსნის შედეგად კალორიმეტრში განსაზღვრული ტემპერატურის ცვლილებაა.

$18^\circ\text{C}$ -ზე კალიუმის ნიტრატის გახსნის სითბო ტოლია:

$$Q_{\text{გახს.}} = - 8,52 \text{ კკალ/მოლი} \quad (5)$$

**სამუშაოს აღწერა.** მარილის ჰიდრატაციის სითბოს განსაზღვრისათვის აუცილებელია განვსაზღვროთ 1 მოლი უწყლო მარილისა და მისი კრისტალჰიდრატის გახსნის სითბოები. ცდას ატარებენ კალორიმეტრის მუდმივას განსაზღვრის ანალოგიურად:

- აწონიან 8 გ.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , გამოთვლიან, რამდენია მასში უწყლო მარილის ა (გ.) და წყლის რაოდენობა - ბ(გ).
- მრგვალძირა კოლბაში ასხამენ 300 მლ. გამოხდილ წყალს, ყოველ 30 წამში აფიქსირებენ წყლის ტემპერატურის ცვლილებას მუდმივ ტემპერატურამდე;
- ჩაყრიან 8 გ.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  და აკვირდებიან მარილის გახსნის ტემპერატურის ცვლილებას;

- აფიქსირებენ საბოლოო (მარილის სრული გახსნის) ტემპერატურას, სხვაობით პოულობენ  $\Delta t$ . კრისტალოჰიდრატის ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) გახსნა მიმდინარეობს სითბოს შთანთქმით და განსაზღვრული კალორიმეტრული მუდმივას - K გათვალისწინებით, გამოითვლება ფორმულით (1).
- 9-10 გ.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ათავსებენ ფაიფურის ჯამში და აცხელებენ მორევის პირობებში თეთრი ფერის უწყლო მარილის მიღებამდე.
- მარილს აცივებენ, აწონიან ა (გ.) - ის რაოდენობით და ატარებენ ცდას ზემოაღნიშნულის ანალოგიურად.
- უწყლო  $\text{CuSO}_4$  -ის გახსნა მიმდინარეობს სითბოს გამოყოფით . უწყლო მარილის გახსნის სითბოს ( $Q_{\text{უწყლ.}}$ ) გამოთვლიან ფორმულით (1).

*უწყლო მარილიდან კრისტალოჰიდრატის წარმოქმნის სითბოს Q -ს გამოთვლიან ფორმულით:*

$$Q = Q_{\text{უწყლ.}} - Q_{\text{კრისტ.}} \quad (6)$$

*ანგარიში სამუშაოს შესახებ.*

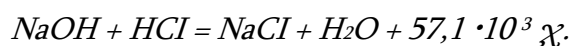
- აიგოს ტემპერატორის დროში ცვლილების გრაფიკი;
- გამოითვალოს კალორიმეტრის მუდმივა და მარილის გახსნის ტემპერატურა;
- გამოითვალოს უწყლო მარილიდან კრისტალოჰიდრატის წარმოქმნის სითბო.

## ლ ა ბ ო რ ა ტ ო რ ი უ ლ ი ს ა მ უ შ ა ო №6

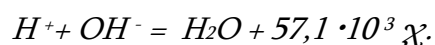
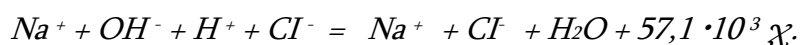
### ნეიტრალიზაციის სითბოსა და გამოყენებული მჟავას რაოდენობის განსაზღვრა

ძლიერი მჟავების ძლიერი ტუტით ნეიტრალიზაციის დროს ყოველთვის გამოიყოფა სითბოს ერთი და იგივე რაოდენობა, რომელიც ტოლია  $57,1 \cdot 10^3$  ჯ. / 1 გრ-ექვ. მჟავაზე ან ფუძეზე (ნეიტრალიზაციის სითბოს მუდმივობის კანონი).

ელექტროლიტური დისოციაციის თეორიის მიხედვით, ნეიტრალიზაციის სითბოს მუდმივობის კანონი აიხსნება იმით, რომ ნეიტრალიზაციის რეაქცია დაიყვანება წყალბად-იონების ჰიდროქსილის იონებთან ურთიერთქმედებამდე, რის შედეგად წარმოიქმნება მცირედ დისოცირებული წყლის მოლეკულები. მაგ., მარილმჟავას ნატრიუმის ტუტით ნეიტრალიზაციის რეაქცია:



რომელიც სრული და შეკვეცილი იონური განტოლების სახით ჩაიწერება:



მაშასადამე, მიუხედავად იმისა, რომელი მჟავა და ტუტე იყო აღებული, ნეიტრალიზაცია ყოველთვის დაიყვანება მისი იონებიდან წყლის წარმოქმნამდე. ოთახის ტემპერატურაზე 1 მოლი წყლის წარმოქმნის რეაქცია მისი იონებიდან მიმდინარეობს  $57,1 \cdot 10^3$  ჯ. სითბოს გამოყოფით.

სითბოს რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა გრამ-ექვივალენტი მჟავას გრამ-ექვივალენტ ტუტესთან ურთიერთქმედების შედეგად, ეწოდება ნეიტრალიზაციის სითბო.

სუსტი მჟავას ძლიერი ტუტით, ან პირიქით, ძლიერი მჟავას სუსტი ტუტით ნეიტრალიზაციის დროს, სითბური ეფექტი შეიძლება იყოს მეტი ან ნაკლები  $57,1 \cdot 10^3$ ჯ. სუსტი მჟავების და ტუტეების დისოციაციის ხარისხი მცირეა და გატიტვრის პროცესს თან ახლავს სუსტი მჟავას (ტუტის) დისოციაცია იონებად.

სხვადასხვა ელექტროლიტების დისოციაციის პროცესს აქვს სხვადასხვა სიდიდის და ნიშნის დისოციაციის სითბური ეფექტი.

დისოციაციის სითბურ ეფექტი ეწოდება სითბოს რაოდენობას, რომელიც გამოიყოფა 1 მოლი ელექტროლიტის იონებად დაშლის დროს ( 1 მოლის დისოციაცია). ამიტომ, სუსტი ტუტის ძლიერი მჟავით ნეიტრალიზაციის რეაქციას ან პირიქით, აქვს განსხვავებული ნეიტრალიზაციის სითბური ეფექტი (მეტი ან ნაკლები  $57,1 \cdot 10^3$  ჯ). თუ განვსაზღვრავთ სუსტი მჟავას ძლიერი ტუტით ნეიტრალიზაციის სითბურ ეფექტს, ჰესის კანონის საფუძველზე შეიძლება გამოვთვალოთ მოცემული სუსტი მჟავას დისოციაციის სითბო. ცდით განსაზღვრული ნეიტრალიზაციის სითბოს მიხედვით შეიძლება გამოვთვალოთ ნეიტრალიზაციისათვის აღებული მჟავას ან ტუტის რაოდენობა ფორმულით:

$$N = (Q - q) \cdot 1000 / 57.1 \cdot V \quad (1)$$

სადაც :  $N$  - მჟავას განსაზღვრული ნორმალობა;

$Q$  - ნეიტრალიზაციის სითბური ეფექტი განსაზღვრული ცდით, კჯ.;

$q$  - ხსნარის განზავების სითბო, კჯ.;

$V$  - აღებული მჟავას მოცულობა (მლ.), რომელიც გამოითვლება მჟავას სიმკვრივიდან ( $V = m / \rho$ ).

**სამუშაოს აღწერა.**

- ამზადებენ 50 მლ. 10% კალიუმის ტუტის( KOH) ხსნარს.
- ასხამენ 500 მლ მოცულობის საზომ კოლბაში, ანზავებენ გამოხდილი წყლით ნიშან-ხაზამდე და ასხამებენ კალორიმეტრში (მრგვალძირა კოლბაში საცობით, რომელშიც მოთავსებულია თერმომეტრი).

- იღებენ 15 მლ მარილმჟავას ხსნარს. ელოდებიან ტუტისა და მჟავას ხსნარების ტემპერატურების გათანაბრებას ოთახის ტემპერატურამდე, რომლის შემდეგ მორევის პირობებში ნელა ასხამენ მჟავას ტუტის ხსნარში. საზღვრავენ ტემპერატურის მატებას  $\Delta t$  ტუტის მჟავათი ნეიტრალიზაციის დროს.

ნეიტრალიზაციის სითბო გამოითვლება ფორმულით:

$$Q = K \Delta t \quad (2)$$

სადაც :

- $Q$  - ნეიტრალიზაციის დროს გამოყოფილი სითბოს საერთო რაოდენობაა;
- $K$  - კალორიმეტრის მუდმივა;
- $\Delta t$  - ცდის დროს ტემპერატურის მატება.

მჟავას ხსნარის ტუტის ხსნარში ჩასხმისას, გარდა ნეიტრალიზაციის რეაქციისა მიმდინარეობს ასევე ორი პროცესი:

- ✓ მჟავას განზავება ტუტის ხსნარში ჩასხმისას და ტუტის განზავება მჟავას ჩასხმისას (განზავების სითბო);
- ✓ ტუტის განზავება მჟავათი უმნიშვნელოა, რადგანაც ტუტის რაოდენობა გაცილებით აღემატება დამატებული მჟავას რაოდენობას.

პირველი პროცესის სითბური ეფექტი შეიძლება აღწევდეს გამოვლენილი ეფექტის 10%-ს. ზუსტი გაზომვების დროს აუცილებელია ამ ეფექტის ცალკე განსაზღვრა. ასეთ შემთხვევაში მჟავას იმავე რაოდენობას ასხამენ სუფთა წყალში, რომლის მოცულობა ტოლია ტუტის მოცულობისა და საზღვრავენ განზავების სითბოს, რომლის დროსაც ნეიტრალიზაციის ეფექტი გამორიცხულია.

მარილმჟავას განზავებისას გამოიყოფა სითბო, რომლის სიდიდე უნდა გამოირიცხოს ნეიტრალიზაციის სითბოდან.

ნეიტრალიზაციისათვის აღებული მჟავას რაოდენობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\text{ნორმალობა (ნ)} = (Q - q) 1000 / 57,1 \cdot V \quad (3)$$

სადაც :

- $Q$  - ნეიტრალიზაციის სითბური ეფექტი, კჯ;
- $q$  - მჟავას განზავების სითბო, კჯ;
- $V$  - ცდისათვის აღებული მჟავას რაოდენობა, მლ.
- 57,1 - ძლიერი მჟავას ძლიერი ტუტით ნეიტრალიზაციის დროს გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, კჯ-ში.

მჟავას მოცულობა ტოლია მისი მასის სიმკრივეზე ფარდობისა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ცდისათვის აღებული მარილმჟავას სიმკრივე მხოლოდ 7-8% მეტია სუფთა წყლის სიმკრივეზე, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ აღებული ხსნარის მოცულობა მისი მასის ტოლია გრამებში, ანუ ხსნარის სიმკრივე წყლის სიმკრივის ტოლია. ამ შემთხვევაში არ არის აუცილებელი განზავების სითბოს გათვალისწინება და გამოთვლების დროს საერთო ცდომილება არ აღემატება 2-3%-ს.

**ანგარიში სამუშაოს შესახებ.**

- გამოითვალოს მჟავას ტუტით ნეიტრალიზაციის სითბო;
- გამოითვალოს მარილმჟავას ნორმალობა.

**ცხოველური წარმოშობის ნახშირზე ძმარმჟავას ადსორბციის  
განსაზღვრა**

ადსორბცია ეწოდება ფაზათა გამყოფ საზღვარზე ნივთიერების კონცენტრაციის გაზრდას ამავე ნივთიერების კონცენტრაციასთან შედარებით მოცულობაში. ადსორბციის დამოკიდებულება ადსორბირებადი ნივთიერების შემცველობისაგან ხსნარში (საშუალო კონცენტრაციების დროს) მოცემულ ტემპერატურაზე დამაკმაყოფილებლად აღწერება ფრეინდლიხის ადსორბციის იზოთერმის ემპირიული განტოლებით:

$$\Gamma = x/m = aC^{1/n} \quad (1)$$

სადაც :

- $\Gamma$  - ადსორბცია, მოლი /გ. ადსორბენტის;
- $x$ - ადსორბირებადი ნივთიერების რაოდენობა (მოლებში), რომელიც მოდის  $m$  მასის ადსორბენტზე;
- $C$  - ადსორბირებადი ნივთიერების რაოდენობა ხსნარში, მოლი/ლ.;
- $a$  და  $n$  - ემპირიული მუდმივები, დამახასიათებელი ადსორბციის მოცემული პროცესისათვის.

ფრეინდლიხის განტოლებაში ადსორბირებული ნივთიერების რაოდენობა გათვლილია ადსორბენტის მასის ერთეულზე. მუდმივა  $a$  ახასიათებს ზედაპირის სიდიდეს. თუ კონცენტრაცია  $C = 1$  მოლი/ლ., მაშინ  $a$  ნიშნავს 1 გ ადსორბენტის ზედაპირის მიერ ადსორბირებული ნივთიერების რაოდენობას. მუდმივა  $1/n$  ახასიათებს ადსორბენტისა და ადსორბატის ურთიერთდამოკიდებულებას.

განტოლება (1) სხვადასხვა გამხსნელებში იძლევა კარგ შედეგებს მცირედ დისოცირებული ნივთიერებების განზავებული ხსნარებიდან ადსორბციის შესწავლისას სხვადასხვა ადსორბენტებზე.

$x/m$  და  $C$  ექსპერიმენტალური სიდიდეების მონაცემებით ღებულობენ ფრეინდლიხის ადსორბციის იზოთერმის მრუდს. ადსორბციის ექსპერიმენტალური იზოთერმიდან ისაზღვრება  $\alpha$  და  $1/n$  მუდმივები (ფრეინდლიხის განტოლება). ამისათვის ალოგარითმებენ განტოლებას (1) და ის ღებულობს შემდეგ სახეს:

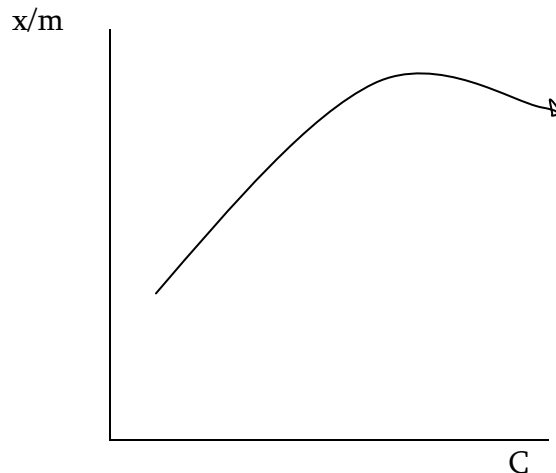
$$\lg x/m = \lg \alpha + 1/n \lg C \quad (2)$$

მიღებული გამოსახულება წარმოადგენს წრფის განტოლებას.  $\lg \alpha$  ტოლია ორდინატაზე  $OA$  მონაკვეთისა,  $1/n$  – დახრის  $\varphi$  კუთხის ტანგენსია ( $1/n = \operatorname{tg} \varphi$ ). ადსორბციის იზოთერმის განტოლება თეორიულად გამოიყვანა ლენგმიურმა და მას აქვს შემდეგი სახე:

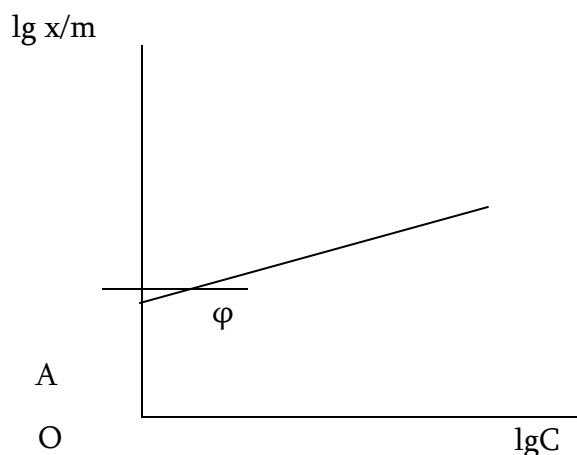
$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \cdot bP / (1 + bP) \quad (3)$$

სადაც :

- $\Gamma$  – ადსორბცია;
- $\Gamma_{\infty}$  – ადსორბციის ზღვრული მნიშვნელობა;
- $P$  – წონასწორული წნევა;
- $b$  – მუდმივა.



ნახ. 1 ადსორბციის იზოთერმა



*ნახ. 2 ფრეინდლიხის ადსორბციის იზოთერმა  
ლოგარითმულ კოორდინატებში*

განტოლების  $\Gamma_{\infty}$  და  $b$  მუდმივების განსაზღვრისათვის საჭიროა მივიღოთ წრფივი დამოკიდებულება  $1/\Gamma$ -ისა  $1/P$  [ $1/\Gamma = f(1/C)$ ]. ამ დამოკიდებულების გრაფიკი გადაკვეთს ორდინატას ღერძს წერტილში  $1/\Gamma_{\infty}$ , ხოლო დახრის კუთხის ტანგენსი შეესაბამება  $tg \alpha = 1/\Gamma_{\infty} b$ , შესაბამისად,  $b = 1 / \Gamma_{\infty} \cdot tg \alpha$  ( ისევე როგორც ფრეინდლიხის განტოლების შემთხვევაში ნახ.2)

**სამუშაოს მიზანი.** აქტიურ ნახშირზე ძმარმჟავას ადსორბციის შესწავლა სხვადასხვა კონცენტრაციის წყალხსნარებიდან მუდმივი ტემპერატურის დროს; ადსორბციის იზოთერმის  $\Gamma=f(C)$  აგება და განტოლების მუდმივების განსაზღვრა.

**მოწყობილობები:**

- ბიურეტი - 6 ცალი;
- საზომი კოლბა, მოცულობით 50 მლ.- 1 ცალი;
- ზაბრი - 6 ცალი;
- კონუსური კოლბები - 18 ცალი;
- ერლენმეირის კოლბები გატიტრისათვის - 2 ცალი;

- პიპეტი (5 მლ.) – 1 ცალი
- პიპეტი (25 მლ.) -1 ცალი;
- ფილტრის ქაღალდი.

**რეაქტივები:**

- ✓ ძმარმჟავას 1 ნ ხსნარი;
- ✓ ტუტის 1 ნ ან 0,1 ნხსნარი გატიტვისათვის;
- ✓ ფენოლფტალეინის ხსნარი (ინდიკატორი);
- ✓ აქტიური ნახშირი

**სამუშაოს აზრი.** აღსორბირებული მჟავას რაოდენობა განისაზღვრება მჟავას ტუტით გატიტვის მეთოდით.

$$C = (C^0 - C) \cdot V/1000 \quad (4)$$

**სადაც:**

- $C^0$  – მჟავას საწყისი კონცენტრაცია, მოლი/ლ.;
- $C$  – მჟავას წონასწორული კონცენტრაცია, მოლი/ლ.;
- $V$  - აქტიურ ნახშირთან შეხებაში მყოფი მჟავას მოცულობა

**სამუშაოს აღწერა:**

- ამზადებენ სხვადასხვა კონცენტრაციის (0,6; 0,5; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05 ნ) ძმარმჟავას ხსნარებს. ხსნარებს ამზადებენ 1,0 ნ  $CH_3COOH$  ხსნარის განზავებით. წინასწარ გამოთვლიან საწყისი ძმარმჟავას საჭირო მოცულობას ფორმულით:

$$C_0 V_0 = C V \quad (5)$$

**სადაც :**

- $C_0$  და  $V_0$  – საწყისი  $CH_3COOH$  ხსნარის კონცენტრაცია (ნ.) და მოცულობა(მლ);

- $C$  და  $V$  – დასამზადებელი ხსნარის კონცენტრაცია (ნ.) და მოცულობაა (მლ.)
- 50 მლ საზომ კოლბაში ჩაასხამენ მჟავას გამოთვლილ რაოდენობას და საზომ კოლბას შეავსებენ ჭდემდე. ხსნარები გადააქვთ მშრალ კონუსურ კოლბებში (1-ი რიგი).
- ადსორბციის ჩასატარებლად მომზადებული ხსნარებიდან იღებენ 25-25 მლ ხსნარებს და ასხამენ მშრალ კოლბებში (2 -ე რიგი). ამავე კოლბებში შეაქვთ წინასწარ აწონილი 0,5 გ რაოდენობით ნახშირის წონაკები ( $m$ ) და კოლბებს ანჯღრევენ 10 წთ.-ის განმავლობაში.
- განსაზღვრავენ (1რიგის) ხსნარების კონცენტრაციას ტუტით გატიტვრით ფენოლფტალეინის თანაობისას. გატიტვრისათვის იღებენ დამზადებული ხსნარების 5-5 მლ.

ძმარმჟავას კონცენტრაციას ხსნარში გამოთვლიან ფორმულით:

$$C^0_k = C_m V_m / V_k \quad (6)$$

სადაც :

- $C^0_k$  და  $V_k$  -  $CH_3COOH$  ხსნარის კონცენტრაცია (მოლი/ლ.) და მოცულობაა (მლ.);
- $C_m$  და  $V_m$  - გატიტვრაზე დახარჯული ტუტის ხსნარის კონცენტრაცია (მოლი/ლ.) და მოცულობაა (მლ.);

მონაცემები შეაქვთ ცხრილში 1-ში.

ცხრილი 1

ძმარმჟავას საწყისი კონცენტრაციების განსაზღვრა

№ კოლბების	$V_k$	$V_{III}$	$C_{III}$	$C_k$

- 10 წთ. შემდეგ (2 რიგის) ხსნარებს გაფილტრავენ ნახშირისაგან წინასწარ მომზადებულ მშრალ კოლბებში (3 რიგი). ყველა ხსნარები იფილტრება ერთდროულად.
- ფილტრატში განსაზღვრავენ ნარჩენი არაადსორბირებული ძმარმჟავას რაოდენობას ტუტით გატიტვრით ფენოლფტალეინის თანაფარდობისას.

მიღებული შედეგები შეაქვთ ცხრილში (2).

ცხრილი 2

**ძმარმჟავას საბოლოო კონცენტრაციების განსაზღვრა**

№ კოლბების	$V_K$	$V_{III}$	$C_{III}$	$C_K$

- მიღებული მონაცემებით გამოთვლიან ადსორბირებული მჟავას რაოდენობას, შედეგები შეაქვთ ცხრილში (3) და ამ მონაცემებით აგებენ დამოკიდებულების მრუდეებს:

$$x/m = f(C^0_k) \quad (7) \quad \lg x/m = f(\lg C^0_k) \quad (8) \quad m/x = f(1/C^0_k) \quad (9)$$

და განსაზღვრავენ :

- ✓ ფრენდლიხის განტოლების  $\alpha$  და  $1/n$ ;
- ✓ ლენგმიურის განტოლების  $b$  და  $I_\infty$  მუდმივებს.

ცხრილი 3

**ადსორბირებული მჟავას რაოდენობა**

№ კოლბების	$C^0_k$	$C_k$ მოლი	$C^0_k - C_k$	$X = (C^0_k - C_k) \cdot 25 / 1000$ მოლი	$x/m$	$\lg x/m$	$\lg C^0_k$	$m/x$	$1/C^0_k$

## ლაბორატორიული სამუშაო №8

### ნაფტალინ-ფენოლი სისტემის თერმული ანალიზი

თერმული ანალიზის მეთოდის საშუალებით შეისწავლება სითბოტევადობის, ლღობის, ხსნადობის ტემპერატურების და სხვა თვისებების დამოკიდებულება სისტემის შედგენილობისაგან. მეთოდს საფუძვლად უდევს სისტემის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარის განსაზღვრა მისი გაცივების ან გაცხელების შესაბამისად. თუ სისტემის გაცივებისას, რომელსაც თან ახლავს სითბოს გამოყოფა ან შთანთქმა, ადგილი არა აქვს არავითარ ცვლილებებს, მაშინ მისი ტემპერატურა თანმიმდევრულად იცვლება შემდეგი განტოლების თანახმად:

$$\Delta t_{\text{ნივთ.}}/\Delta\tau = k (t_{\text{ნივთ.}} - t_{\text{არის}}) \quad (1)$$

სადაც:

- $\Delta t_{\text{ნივთ.}}/\Delta\tau$  - ნივთიერების გაცივების საშუალო სიჩქარეა;
- $t_{\text{ნივთ.}}$  - დროის შუალედში ნივთიერების საშუალო ტემპერატურაა;
- $k$  - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ნივთიერების რაოდენობაზე, მის სითბოტევადობაზე, გარემომცველი არესა და ჭურჭლის კედლების სითბოგამტარობაზე;
- $t_{\text{არის}}$  - გარემომცველი არეს საშუალო ტემპერატურაა.

რაც უფრო მაღალია სხვაობა გაცხელებულ ნივთიერებასა და მის გარემომცველ არეს შორის, მით მაღალია სისტემის გაცივების სიჩქარე. მაგრამ გაცივების შესაბამისად, ნივთიერების ტემპერატურა უახლოვდება გარემომცველი არეს ტემპერატურას და გაცივების სიჩქარე დროთა განმავლობაში მცირდება, შედეგად გაცივების მრუდი რამდენადმე იხრება მხარეს - ტემპერატურის ღერძიდან მოცილებით. ეს გადახრა მით უფრო იზრდება, რაც უფრო უახლოვდება ნივთიერების ტემპერატურა გარემომცველი არეს ტემპერატურას.

ნივთიერებისა და მისი გარემომცველი არეს ტემპერატურებს შორის საკმაოდ მაღალი სხვაობის შემთხვევაში გაცივების მრუდი შეიძლება ჩავთვალოთ სწორ ხაზად.

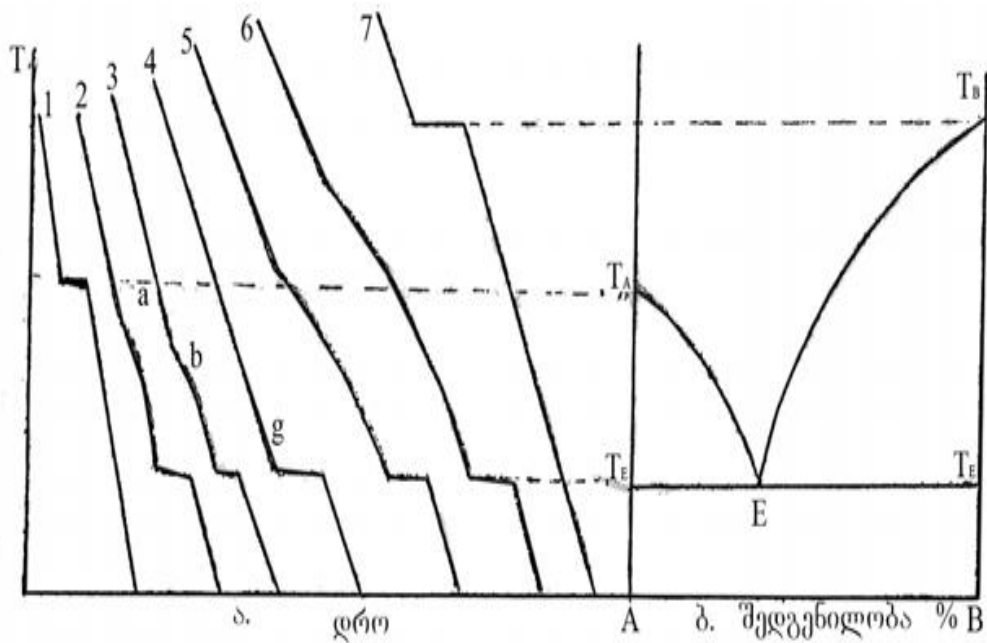
თუ გაცივებისას სისტემაში ადგილი აქვს ცვლილებებს, რომლებიც მიმდინარეობენ სითბოს გამოყოფისას, მაშინ გაცივების მრუდზე შეიმჩნევა გარდატეხა, რომელიც შეესაბამება ნივთიერების ტემპერატურის ვარდნის შეჩერებას ან შენელებას. ამ დროს ტემპერატურა პრაქტიკულად არ იცვლება, სანამ არ დამთავრდება გარდაქმნა და არ შეწყდება სითბოს გამოყოფა. ამის შემდეგ კვლავ იწყება თანდათანობითი გაცივება.

ააგებენ მოცემული ნივთიერების ან ნივთიერებათა ნარევის გაცივების მრუდს, ანუ აბსცისათა ღერძზე გადაიტანენ დროს, ხოლო ორდინატათა ღერძზე ტემპერატურას, მრუდზე გარდატეხის მდებარეობის მიხედვით განსაზღვრავენ მოცემული ნივთიერების ან ნარევის ფაზური გადასვლის ტემპერატურას ( მაგ. ლღობის ტემპერატურას).

რამდენიმე ნაღობის შესწავლისას, კომპონენტების სხვადასხვა პროცენტული შემცველობით, ღებულობენ მრუდების სერიას, რომელთა რიცხვი ტოლია გამოკვლეული ნარევთა რიცხვისა.

სუფთა ნივთიერებებისა და მათი სხვადასხვა შემცველობის ნარევების ლღობის ტემპერატურების განსაზღვრით, შეიძლება აიგოს სისტემის ლღობის დიაგრამა, თუ ორდინატათა ღერძზე გადავიტანთ ნარევის ლღობის ტემპერატურებს, ხოლო აბსცისათა ღერძზე - ამ ნარევის შედგენილობას პროცენტებში რომელიმე ერთი კომპონენტის მიმართ.

ნარევის გაცივების მრუდზე გარდატეხის გამოჩენა პასუხობს ერთ-ერთი კომპონენტის კრისტალიზაციის დაწყებას. ამის შედეგად მოცემულ ფაზაში სხვა კომპონენტის კონცენტრაცია განუწყვეტლივ იზრდება, სანამ არ მიიღება ევტექტიკური ნარევი, ანუ კომპონენტების ისეთი ნარევი, რომელსაც გააჩნია ყველაზე დაბალი კრისტალიზაციის ტემპერატურა. შემდეგ იწყება ნარევის ყველა კომპონენტის ერთდროული კრისტალიზაცია. თუ თავიდანვე ავიღებთ ნარევის კომპონენტების ევთექტიკური კონცენტრაციით, მაშინ ნარევის გაცივების მრუდს ექნება ისეთივე სახე, როგორც სუფთა ნივთიერებას, ანუ გაცივების მრუდი ტემპერატურის შემცირების ერთი მკაცრი გაჩერებით.



ნახ. 1 გაცივების მრუდეები (ა) და მდგომარეობის დიაგრამა (ბ) მარტივი ევტექტიკით

ნახ 1.(ა) -ზე:

- ✓ 1 და 7 მრუდეები წარმოადგენენ სუფთა კომპონენტების გაცივების მრუდეებს. სუფთა ნივთიერებების ნალღობის (სითხის) გაცივებისას მათი ტემპერატურა თანაბრად მცირდება მანამ, სანამ სითხე არ დაიწყებს დაკრისტალებას. კრისტალიზაციის დროს გამოიყოფა კრისტალიზაციის ფარული სითბო, ამიტომ დროის გარკვეულ ინტერვალში ტემპერატურა არ იცვლება მანამ, სანამ სითხე მთლიანად არ დაკრისტალდება (ჰორიზონტალური უბნები). ამის შემდეგ გაცივება კვლავ გრძელდება მუდმივი სიჩქარით. ჰორიზონტალური უბნების შესაბამისი ტემპერატურები ( $T_A$  და  $T_B$ ) შეესაბამება სუფთა კომპონენტების კრისტალიზაციის ტემპერატურას;
- ✓ 2 და 3 მრუდეები შეესაბამება ისეთ ნარევეებს, რომლებიც შეიცავენ ევტექტიკურ ნარევთან შედარებით ჭარბ A კომპონენტს. ამ ტემპერატურაზე, რომელზედაც ხსნარი ხდება ნაჯერი A კომპონენტის მიმართ, იწყება A კომპონენტის კრისტალიზაცია (წერტილი a და b), ეს ტემპერატურა ნაკლებია  $T_A$ -ზე.

- ✓ კომპონენტის გამოყოფა მყარ მდგომარეობაში ცვლის თხევადი ფაზის შედგენილობას. იმის გამო, რომ A ნივთიერების კრისტალების გამოყოფა გრძელდება a წერტილის ქვემოთაც, ამ დროს ტემპერატურა მცირდება თანდათანობით, მაგრამ ნაკლები სიჩქარით ვიდრე კრისტალიზაციის დაწყებამდე;
- ✓ იგივე შეიძლება ითქვას 5, 6 მრუდეების მიმართაც, რომლებიც შეესაბამებიან B კომპონენტის კრისტალიზაციას ნარევიდან;
- ✓ მრუდი 6 წარმოადგენს ევტექტიკური ნარევის გაცივების მრუდს. გაცივების შედეგად g წერტილში ხსნარი ნაჯერი ხდება ორივე კომპონენტის მიმართ და იწყება A და B კომპონენტის ერთდროული კრისტალიზაცია. გაცივების მრუდი ისეთივე ხასიათისაა, როგორც სუფთა კომპონენტის შემთხვევაში, მაგრამ ჰორიზონტალური უბანი უფრო გრძელია, რადგან მთელი ნარევი კრისტალდება მხოლოდ ერთ ტემპერატურაზე. ეს ტემპერატურა ყველა ნიმუშის კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურაზე დაბალია, როგორც ნახ.1 ბ-დან ჩანს, ყველა ნაღობის კრისტალიზაცია მთავრდება ერთ და იმავე ტემპერატურაზე (TE), რომელსაც ეწოდება ევტექტიკის წერტილი.

გაცივების მრუდეებზე მიღებული გარდატეხის წერტილების შესაბამისი ტემპერატურების და ნარევის შედგენილობის საშუალებით აგებენ მდგომარეობის დიაგრამას კოორდინატებში შედგენილობა-კრისტალიზაციის ტემპერატურა.

*ნახ.1 ბ-ზე* TAE მრუდი შეესაბამება ნაღობიდან A კომპონენტის კრისტალიზაციის ტემპერატურის დამოკიდებულებას შედგენილობაზე, ხოლო TBE კი B - კომპონენტისას.

ეს მრუდეები წარმოადგენენ ლიკვიდუსის ხაზებს, რომელთა ზემოთ არსებობს მხოლოდ თხევადი ფაზა. ამ მრუდეების გადაკვეთის წერტილი (E) წარმოადგენს *ევტექტიკის წერტილს*.

*TETE ხაზს ეწოდება სოლიდუსის ხაზი*, რადგან უფრო დაბალ ტემპერატურაზე არსებობს მხოლოდ მყარი ფაზა.

### სამუშაოს მიზანი.

- ✓ ნაფტალინი ფენოლთან ნარევის მაგალითზე თერმული ანალიზის მეთოდის გაცნობა;
- ✓ სხვადასხვა შედგენილობის ნარევისათვის გაცივების მრუდეების აგება;
- ✓ ნაფტალინის ფენოლთან ნარევის ლღობის დიაგრამის აგება.

### სამუშაოსათვის საჭიროა:

- ✓ შვიდი სინჯარა, რომლის საცობში ჩამაგრებულია თერმომეტრი 100°C სკალით და მავთულის სარევალა;
- ✓ სინჯარების შტატივი;
- ✓ 10 მლ მოცულობის ჭიქა;
- ✓ გამაცხელებელი;
- ✓ აზბესტის ბადე;
- ✓ ანალიზური სასწორი;
- ✓ წამზომი;
- ✓ ფენოლი C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH ;
- ✓ ნაფტალინი C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>

### სამუშაოს აღწერა:

- შვიდი სინჯარაში ჩაყრიან 8 გ შემდეგი შედგენილობის ნარევს (იხ. ცხ.1)

ცხრილი 1

	სინჯარაში ნივთიერების რაოდენობა (გ)						
	1	2	3	4	5	6	7
ნაფტალინი	8	6	5	4	3	2	0
ფენოლი	0	2	3	4	5	6	8

- სინჯარებს ახურავენ საცობს თერმომეტრით და მავთულის სარეველით.
- 500 მლ მოცულობის ჭიქაში აცხელებენ წყალს ადუღებამდე და ჩაუშვებენ მასში ერთ-ერთ სინჯარას ნივთიერებით.
- როდესაც ნივთიერება გალღვება და გაცხელდება 100°C-მდე სინჯარას ამოიღებენ, პირსახოცით გაამშრალებენ, დააფიქსირებენ ტემპერატურას და 1 ბრ/წმ მორევის პირობებში ყოველ 30 წმ-ში ჩაიწერენ ტემპერატურის ცვლილებას სინჯარაში.
- მორევას შეწყვეტენ პირველი კრისტალის წარმოქმნისთანავე. ამ მომენტს აღნიშნავენ. სუფთა ნივთიერებებისათვის ტემპერატურაზე დაკვირვებას წყვეტენ ტემპერატურული შეჩერების შემდეგ, ხოლო ნარევებისათვის ავტექტიკის გამყარების შემდეგ.
- ანალოგიურად იმეორებენ დანარჩენი სინჯარებისთვისაც. შედეგები შეაქვთ ცხრილში 2.

*ცხრილი 2*

<i>ჩვენებები</i>	<i>სინჯარაში ნარევის ტემპერატურა (°C)</i>						
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>0,5 წთ-ში ინტერვალით</i>							
<i>1.....</i>							
<i>2.....</i>							
<i>3.....</i>							

- მიღებული შედეგების საფუძველზე აგებენ გაცივების მრუდეებს, გადააქვთ აბსცისათა ღერძზე დრო, ხოლო ორდინატა ღერძზე - ნარევის ტემპერატურა. გაცივების მრუდზე გარდატეხით ადგენენ კრისტალიზაციის დაწყების და ევთექტიკის გამყარების ტემპერატურებს, ასევე სხვადასხვა შედგენილობის ნარევების ევთექტიკის გამყარების ხანგრძლიობას.
- შედეგები შეაქვთ ცხრილში 3.

ნარევის №	ნარევის შედგენილობა %		კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა (°C)	ეფექტივის გამყარება	
	ნაფტალინი	ფენოლი		ტემპერატურა (°C)	ტემპერატურული გაჩერების ხანგრძლიობა(წთ)
1	100,0	0			
2	75,0	25,0			
3	62,5	37,5			
4	50,0	50,0			
5	37,5	62,5			
6	25,0	75,0			
7	0	100,0			

ცხრილის (3 ) მონაცემების საფუძველზე აგებენ სისტემის ნაფტალინი-ფენოლი ლღობის დიაგრამას, ორდინატთა ღერძზე გადააქვთ კრისტალიზაციის დაწყების ტემპერატურა, ხოლო აბსცისათა ღერძზე - ნარევის შედგენილობა.

**ანგარიში სამუშაოს შესახებ.**

1. აიგოს გაცივების მრუდეები
2. სისტემისათვის ნაფტალინი-ფენოლი აიგოს ლღობის დიაგრამა და განისაზღვროს ეფექტივის გამყარების ტემპერატურა და მისი შედგენილობა.

## ლ ა ბ ო რ ა ტ ო რ ი უ ლ ი ს ა მ უ შ ა ო №9

### გახსნილი ნივთიერების მოლური მასის განსაზღვრა გაყინვის ტემპერატურის მიხედვით (კრიოსკოპია)

**სამუშაოს მიზანი:** უცნობი ნივთიერების (არაელექტროლიტის) მოლეკულური მასის განსაზღვრა კრიოსკოპიური მეთოდით.

#### რეაქტივები:

- ✓ საკვლევი ხსნარი(სხვადასხვა კონცენტრაციის გლუკოზა, შარდოვანა ან გლიცერინი);
- ✓ ნატრიუმის ქლორიდი (ტექნიკური);
- ✓ ყინული;
- ✓ გამოხდილი წყალი

**სამუშაოს არსი:** წყლის მდგომარეობის დიაგრამიდან და რაულის კანონიდან გამომდინარე, ხსნარები იყინებიან უფრო დაბალ ტემპერატურაზე ( $T$ ), ვიდრე სუფთა გამხსნელები ( $T_0$ ). გამხსნელის და ხსნარის გაყინვის ტემპერატურების სხვაობას იწოდება დაწვევის ტემპერატურა

$$T_0 - T = \Delta T_{\text{გაყინვის}} \quad (1)$$

ხსნარის გაყინვის ტემპერატურა დამოკიდებულია მის კონცენტრაციაზე და გამხსნელის ბუნებაზე. არაელექტროლიტების განზავებული ხსნარებისათვის გაყინვის ტემპერატურის დაწვევა პირდაპირპროპორციულია ხსნარის კონცენტრაციის:

$$\Delta T_{\text{გაყინვის}} = K \cdot C_M \quad (2)$$

სადაც :

- $C_M$  – ხსნარის კონცენტრაციაა მოლეზში 1000 გ გამხსნელზე

პროპორციულობის კოეფიციენტი  $K$  წარმოადგენს ხსნარის, რომელიც შეიცავს 1000 გ გამხსნელზე 1 მოლ გახსნილ ნივთიერებას, გაყინვის დაწვევის ტემპერატურას და ეწოდება ხსნარის გაყინვის დაწვევის მოლური ტემპერატურა ან კრიოსკოპული მუდმივა.

კრიოსკოპული მუდმივას სიდიდე დამოკიდებულია გამხსნელის და არ არის დამოკიდებული გახსნილი ნივთიერების თვისებებზე. მაგალითად, ყველა წყალხსნარისათვის კრიოსკოპული მუდმივა განისაზღვრება წყლის თვისებებით და ის ტოლია  $1,86^{\circ}\text{C}$ .

რომ ავიღოთ  $g$ , გ. უცნობი ნივთიერება - არაელექტროლიტი და გავხსნათ  $G$ , გ. გამხსნელში (წყალში), მაშინ მიღებული ხსნარის მოლალობა ტოლი იქნება:

$$C_M = g \cdot 1000 / MG \quad (3)$$

სადაც :

- $M$  - გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური მასა;
- $C_M$  - მიღებული ხსნარის მოლალობა.

$C_M$  - ის მნიშვნელობის ჩასმით განტოლება 2- ში მიიღება:

$$\Delta T_{\text{გაყინვის}} = K g \cdot 1000 / MG \quad (4)$$

საიდანაც

$$M = 1000Kg / G \Delta T \quad (5)$$

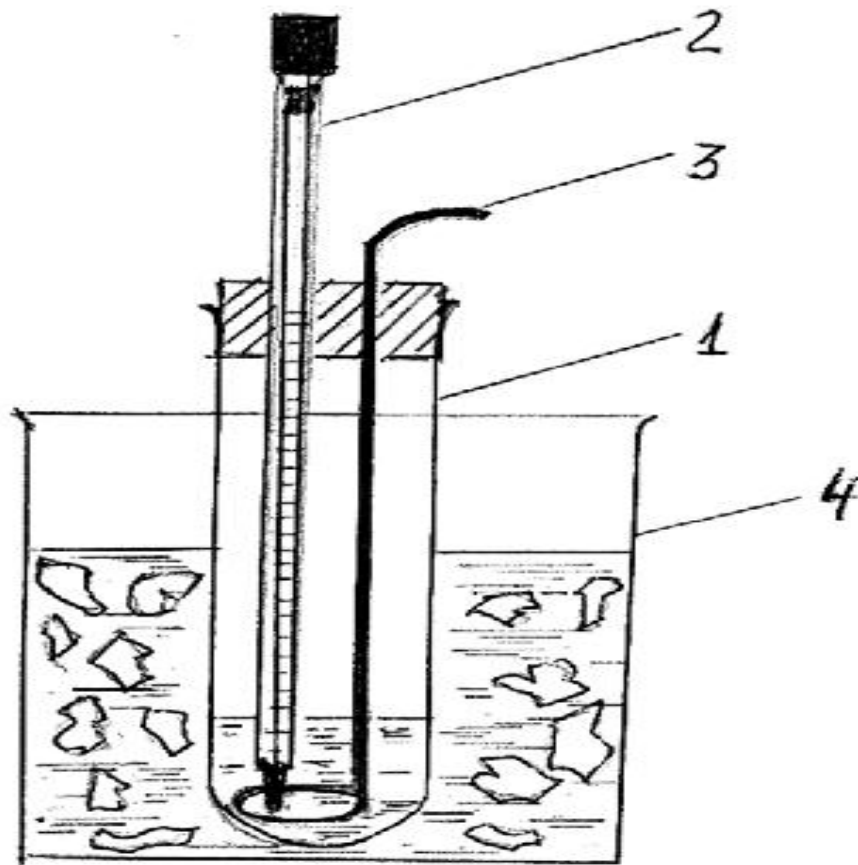
ამგვარად, გახსნილი ნივთიერების მოლეკულური მასის განსაზღვრა დაიყვანება ამ ნივთიერების ცნობილი კონცენტრაციის ხსნარის გაყინვის დაწვევის ტემპერატურის განსაზღვრამდე. ახდენენ მოცემული ხსნარების გაცივებას წყლის კრისტალების (ყინულის) წარმოქმნამდე. შესაბამისი ტემპერატურა წარმოადგენს გაყინვის ტემპერატურას. მისი განსაზღვრა ხდება ბეკმანის თერმომეტრით, მაგრამ გარდა ხსნარის გაყინვის

ტემპერატურის განსაზღვრისა აუცილებელია იმავე თერმომეტრით განისაზღვროს სუფთა წყლის გაყინვის ტემპერატურა. მიღებული მონაცემებით გამოითვლება გაყინვის ტემპერატურის დაწევა

$$\Delta T_{\text{გაყინვის}} = T_{\text{გაყინვის (წყლის)}} - T_{\text{გაყინვის (ხსნარის)}} \quad (6)$$

**სამუშაოს შესრულება:**

- ხსნარის გაყინვის ტემპერატურა განისაზღვრება კრიოსტატში, რომლის სქემა მოცემულია ნახ.1-ზე.



**ნახ.1** კრიოსტატი: 1 - შიდა ჭურჭელი; 2 - ბეკმანის თერმომეტრი; 3 - მავთულის სარეველა; 4 - კრიოსტატის გარე ჭურჭელი.

- კრიოსტატის შიდა ჭურჭელს (1) გამოავლებენ წყალს და ასხამენ დაახლოებით 30 მლ გამობდილ წყალს ( რომ ვერცხლისწყლის რეზერვუარი მთლიანად ჩაშვებული იყოს წყალში).
- კრიოსტატის გარე ჭურჭელს (4) ავსებენ დანაწევრებული ყინულით, ამატებენ 40-50 გ. ტექნიკურ ნატრიუმის ქლორიდს, დაასხამენ წყალს ყინულების ამოცურვამდე და მოურევენ. ნარევის ტემპერატურა უნდა იყოს დაახლოებით - 5° C;
- ჭურჭელს გამობდილი წყლით ათავსებენ კრიოსტატში და აცივებენ დაახლოებით 2-3° C-მდე, მაგრამ არა გაყინვამდე. აყენებენ ბეკმანის თერმომეტრს. რწმუნდებიან, რომ ის ჩაშვებულია წყალში და არ ეხება ჭურჭლის კედლებს.
- მავთულის სარეველით (3) ახდენენ სითხის განუწყვეტლივ მორევას და აკვირდებიან თერმომეტრის ჩვენებას. თავიდან კაპილარში გადადის ვერცხლისწყლის მთელი წვეთი, შემდეგ ვერცხლისწყლის სვეტი სწრაფად ჩამოდის, მისი ზედა მხარე აღწევს სკალამდე და მოძრაობს მის გასწვრივ;
- წყალი ჭურჭელში ცივდება 0° C-ის ქვემოთ. ყინულის წარმოქმნის მომენტში წარმოებს ტემპერატურის მკვეთრი აწევა, ხოლო შემდეგ ის სტაბილიზირდება, რამდენადაც წყლის გაყინვის პროცესი (აგრეგატული გადასვლა) მიმდინარეობს მუდმივი ტემპერატურის პირობებში;
- წყლის გაყინვის ტემპერატურას ჩაწერენ ცხ. 1-ში;
- ფრთხილად ამოიღებენ თერმომეტრს, შემდეგ - ჭურჭელს ხელით შეათბობენ ყინულის გაქრობამდე და კვლავ ორჯერ იმეორებენ გაყინვის ტემპერატურის განსაზღვრას;
- ამის შემდეგ ამოიღებენ თერმომეტრს, გადაღვრიან წყალს, ჭურჭელს გამოავლებენ საკვლევ ხსნარს და ჭურჭელში ჩაასხამენ იმდენ ხსნარს, რამდენი წყალიც იყო ჩასხმული (სასურველია ხსნარი იყოს წინასწარ გაცივებული). ჩაწერენ მოცემული ხსნარის კონცენტრაციას (ცხ.1 -ში მოყვანილია მასური წილი);
- ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის განსაზღვრას ახდენენ ისე, როგორც ეს აღწერილი იყო ზემოთ, წყლის შემთხვევაში. ხსნართან მუშაობის დროს მნიშვნელოვანია მისი განუწყვეტელი მორევა, რომელიც ეწინააღმდეგება სითხის ძლიერ გადაცივებას;

- ხსნარიდან წყლის გამოყინვასთან ერთად იზრდება ხსნარის კონცენტრაცია, და გაყინვის ტემპერატურა დამატებით მცირდება. ამიტომ ტემპერატურის მკვეთრად ზევით აწევის შემდეგ, კვლავ ნელა იწყება ტემპერატურის შემცირება. ცხ.1-ში ჩავწეროთ ტემპერატურის მკვეთრად აწევის მნიშვნელობა;
- ცდას იმეორებენ ორჯერ.

*ცხრილი 1*

*ექსპერიმენტის შედეგების დამუშავება*

<i>გაზომვები</i>	<i>გაყინვის ტემპერატურა</i>	
	<i>წყლის</i>	<i>ხსნარის მასური წილით</i>
1		
2		
3		
საშუალო		

ფორმულის (5) მიხედვით გამოთვლიან მოლეკულურ მასას.

ლაბორანტისაგან გაიგებენ თუ რომელი ნივთიერება იყო აღებული, გამოთვლიან ცდის ცდომილებას.

## ლ ა ბ ო რ ა ტ ო რ ი უ ლ ი ს ა მ უ შ ა ო №10

### კატალიზატორების გავლენა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე

( დროის შუალედის განსაზღვრა რეაქციის დასაწყისიდან შეფერილობის

წარმოქმნამდე ).

ქიმიური რეაქციის სიჩქარე დამოკიდებულია არა მხოლოდ მორეაგირე ნივთიერებათა კონცენტრაციაზე და ტემპერატურაზე, არამედ ასევე სარეაქციო ნარევეში ზოგიერთი ნივთიერებების არსებობაზე. ეს ნივთიერებები არ შედიან რეაქციის საბოლოო პროდუქტის შემადგენლობაში, ცვლიან რეაქციის სიჩქარეს, ამავდროულად თვითონ არ იცვლებიან რაოდენობრივად და ქიმიურად უცვლელი რჩებიან. ასეთ ნივთიერებებს ეწოდება კატალიზატორი. მათი და მორეაგირე ნივთიერებების ბუნებიდან გამომდინარე კატალიზატორებს შეუძლიათ დააჩქარონ ან შეანელონ ქიმიური რეაქციის სიჩქარე. ამიტომ განასხვავებენ დადებით კატალიზს (კატალიზატორი ზრდის რეაქციის სიჩქარეს) და უარყოფით კატალიზს ( კატალიზატორი ამცირებს რეაქციის სიჩქარეს).

თუ კატალიზატორი იმყოფება იმავე ფაზაში როგორც მორეაგირე ნივთიერება, კატალიზი - *ჰომოგენურია*, ხოლო სხვადასხვა ფაზაში არსებობის შემთხვევაში - *ჰეტეროგენული*.

ზოგიერთი რეაქციისათვის შეიძლება შეირჩეს ნარევი ორი ან მეტი ნივთიერებებისაგან, რომლებიც შეიძლება აღმოჩნდნენ უფრო აქტიურები, ვიდრე ეს ნივთიერებები ცალკე აღებული. ნივთიერებები, რომლებიც თვითონ არ არიან აქტიურები, მაგრამ მათი მცირე რაოდენობით დამატება მნიშვნელოვნად ზრდის კატალიზატორების აქტიურობას, *იწოდებიან პრომოტორებად*.

**სამუშაოს მიზანი:** კატალიზატორების გავლენის შესწავლა ქიმიური რეაქციის სიჩქარეზე.

**სამუშაოსათვის საჭიროა:**

- ✓ რვა ცალი 100 მლ ჭიქა;
- ✓ 0,1 მლ. დანაყოფებიანი ოთხი ცალი 30 მლ.-ანი პიპეტი;
- ✓ მინის წკირები;

- ✓ ხსნარები: 0,1 ნ (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> S<sub>2</sub> O<sub>8</sub> ; 0,5 ნ KI; 0,5 ნ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ; 0,005 ნ სპილენძის კუპაროსი (0,6 გ/ლ CuSO<sub>4</sub> . 5 H<sub>2</sub>O); 0, 0067 ნ რკინის კუპაროსი ( 0.9გ./ლ. FeSO<sub>4</sub>. 7 H<sub>2</sub>O);  
0,1 ნ (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> MoO<sub>4</sub>;
- ✓ ახლადამზადებული სახამებლის ხსნარი.

**სამუშაოს აღწერა:**

**ცდა 1:** თეთრი ქაღალდის ფურცელზე ორ მწკრივად დგამენ რვა 100 მლ მოცულობის ჭიქებს. პირველი რიგის ჭიქებსი ასხამენ გოგირდმჟავას და ამონიუმის პერსულფატის ხსნარებს იმ რაიდენობით, რაც მითითებულია ცხრილი I მწკრივში, ხოლო მეორე რიგის ჭიქებში - კალიუმის იოდიდის, სპილენძისა და რკინის კვიპაროსის ხსნარებს იმ რაოდენობით , რაც მითითებულია ცხრილის II მწკრივში.

*ცხრილი I*

<i>I მწკრივი</i>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 10 მლ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 10 მლ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 10 მლ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 10 მლ
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> - 10 მლ	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> - 10მლ	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> - 10 მლ	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> 10მლ
	სახამებელი - 1მლ	სახამებელი - 1მლ	სახამებელი - 1მლ	სახამებელი1მლ
<i>II მწკრივი</i>	KI - 5 მლ	KI - 5 მლ	KI - 5 მლ	KI - 5 მლ
		FeSO <sub>4</sub> - 5 მლ	CuSO <sub>4</sub> - 5 მლ	CuSO <sub>4</sub> - 5 მლ FeSO <sub>4</sub> - 5 მლ
	წყალი - 19 მლ	წყალი - 14 მლ	წყალი - 14 მლ	წყალი - 9 მლ
<i>შეფერილობის წარმოქმნის დრო</i>				

სწრაფად ასხამენ II მწკრივის პირველი ჭიქიდან ხსნარს I მწკრივის პირველ ჭიქაში (რეაქციის დაწყების დრო) წკირით მორევის პირობებში აღნიშნავენ შეფერილობის წარმოქმნის დროს. ანალოგიურად იმეორებენ დანარჩენი ჭიქებისთვისაც.

**ცდა 2:** ავიღოთ ორი 200 მლ ჭიქა. ერთში ჩავასხათ 30 მლ. ამონიუმის პერსულფატის და 1 მლ. სახამებლის ხსნარი, მეორეში - 30 მლ. გოგირდმჟავას და 1 მლ. სახამებლის ხსნარი. ერთდროულად პირველ ჭიქაში დავამატოთ 5 მლ KI, ხოლო მეორეში - 5 მლ KI და 2 წვეთი ამონიუმის მოლიბდატი  $(\text{NH}_4)_2 \text{MoO}_4$  გახსნილი 5 მლ წყალში.

მივაქციოთ ყურადღება შეფერილობის წარმოქმნას პირველ და მეორე ჭიქაში.

**ანგარიში სამუშაოს შესახებ.** მიღებული მონაცემები ჩაიწეროს ცხრილში.

## *ლ ა ბ ო რ ა ტ ო რ ი უ ლ ი ს ა მ უ შ ა ო №11*

### *ძმარმჟავას დისოციაციის მუდმივას და ხარისხის განსაზღვრა*

#### *კალორიმეტრიული მეთოდით*

#### **სამუშაოს აღწერა:**

- სუსტი მჟავის ძლიერი ფუძით ნეიტრალიზაციისათვის იღებენ კალორიმეტრს. ნეიტრალიზაციის დროს ადგილი აქვს სითბოს გამოყოფას. ჯერ განსაზღვრავენ კალორიმეტრის მუდმივას (იხ. ლაბორატორიული სამუშაო №1), შემდეგ საზღვრავენ ნეიტრალიზაციის სითბოს;
- 6 გ. ყინულოვან ძმარმჟავას ათავსებენ 500 მლ. მოცულობის საზომ კოლბაში, ანზავებენ გამოხდილი წყლით და შეავსებენ ნიშანხაზამდე, გადააქვთ კალორიმეტრში და დაჰყავთ ოთახის ტემპერატურამდე;

- აწონიან 4 გ ნატრიუმის ტუტეს (მყარს), ათავსებენ 50 მლ ტევადობის საზომ კოლბაში, მცირე ულუფებით ამატებენ გამოხდილ წყალს, ხსნიან ტუტეს თან აცივებენ. ხსნარს შეავსებენ წყლით ნაშანხაზამდე და დაჰყავთ ოთახის ტემპერატურამდე;
- მჟავისა და ტუტის ოთახის ტემპერატურამდე დაყვანის შემდეგ, ტუტის ხსნარს ნელა ამატებენ კალორიმეტრში მოთავსებულ მჟავას ხსნარს, მორევის პირობებში საზღვრავენ ტემპერატურის მომატებას -  $\Delta t$ .

ნეიტრალიზაციის სითბოს გამოთვლიან ფორმულით:

$$Q = K \Delta t \quad (1)$$

სადაც :

- $Q$  - ნეიტრალიზაციის დროს გამოყოფილი სითბოს საერთო რაოდენობაა;
- $K$  - კალორიმეტრის მუდმივა;
- $\Delta t$  - ცდის დროს ტემპერატურის მატება.

ნეიტრალიზაციისათვის იყო აღებული 0,1 მოლი მჟავა და 0,1 მოლი ტუტე.

განსაზღვრავენ ნეიტრალიზაციის სითბოს მოცემული რაოდენობა მჟავასათვის, გამოთვლიან ნეიტრალიზაციის სითბოს  $Q_1$  გრამ-ექვივალენტ მჟავაზე. ცნობილია, რომ ძლიერი მჟავას ძლიერი ტუტით ნეიტრალიზაციისას გამოიყოფა 57,1 კჯ სითბო, ჰესის კანონის თანახმად ძმარმჟავას დისოციაციის სითბო გამოითვლება ფორმულით:

$$Q_{\text{დისოგ.}} = Q - 57,1 \quad (2)$$

**ანგარიში სამუშაოს შესახებ.**

- გამოითვალოს კალორიმეტრის მუდმივა
- გამოითვალოს სუსტი მჟავის ძლიერი ტუტით ნეიტრალიზაციის სითბო ნივთიერებების აღებული რაოდენობებიდან
- გამოითვალოს დისოციაციის სითბო

## ლაბორატორიული სამუშაო №12

### ლითონთა კოროზია წყალში და მარილხსნარებში

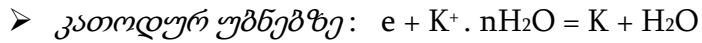
გარე პირობების გავლენით (ჰაერის, სხვადასხვა გაზების, წყლის, ტუტეების, მჟავების, მარილთა ხსნარების მოქმედებით) მეტალები ექვემდებარებიან რღვევას. მეტალების რღვევამ, რომელიც გამოწვეულია მათზე იმ გარემომცველი არეს, რომელშიც ისინი იმყოფებიან, ქიმიური ან ელექტროქიმიური მოქმედების შედეგად, მიიღო კოროზიის სახელწოდება. კოროზიის ერთ-ერთი გავრცელებული მაგალითია - მეტალების დაჟანგვა.

ანსხვავებენ ქიმიურ და ელექტროქიმიურ კოროზიას. ქიმიური კოროზიის დროს მეტალები ექვემდებარებიან სხვადასხვა გაზების, წყლის ორთქლის (მაღალ ტემპერატურაზე), ასევე სითხეების, რომლებიც არ ატარებენ ელექტრულ დენს, მოქმედებას. ელექტროქიმიური კოროზიის ადგილი აქვს სხვადასხვა ელექტროლიტის ხსნარების მოქმედების შედეგად.

მეტალების ზედაპირის ცვლილებას ჰაერზე ხსნიან იმით, რომ მათი ზედაპირი იფარება ოქსიდების თხელი ფენით - მეტალის ჰაერის ჟანგბადთან ურთიერთქმედების პროდუქტით. როგორც წესი, ტემპერატურის მომატებით ეს პროცესი ჩქარდება. თუ მეტალის ზედაპირზე წარმოქმნილი აფსკი მკრივია, როგორც მაგალითად ალუმინის და თუთიის შემთხვევაში, მაშინ ის იცავს მეტალს შემდეგი რღვევისაგან. სხვა მეტალებს, კერძოდ რკინას, ზედაპირული აფსკი აქვს ფოროვანი, ამიტომ ჰაერის ჟანგბადი აღწევს ფორებში და ასეთი აფსკი ვერ იცავს მეტალს შემდგომი რღვევისაგან.

თუ მეტალის ზედაპირი ეხება ელექტროლიტებს, ადგილი აქვს *ელექტროქიმიურ კოროზიას*. ძალიან ძნელია ზღვარის გავლება ქიმიურ და ელექტროქიმიურ კოროზიას შორის. ასე, მაგალითად, გაზები წყლის ფენაში გახსნისას, რომელიც თითქმის ყოველთვის იმყოფება მეტალის ზედაპირზე, ქმნიან პირობებს ელექტროქიმიური კოროზიისათვის. აღსანიშნავია, რომ სხვადასხვა ჩანართვებმა და მინარევებმა მეტალში შეიძლება ითამაშონ ელექტროდების როლი: ერთნი - ანოდისა, სხვები - კათოდისა.

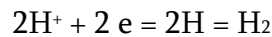
სქემატურად მეტალის გახსნა (კოროზია) შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც ორი პროცესის შედეგი:



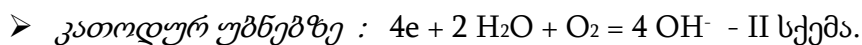
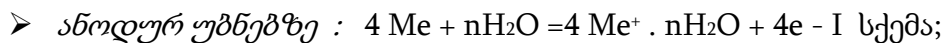
სადაც :

- $Me$  - მეტალის ატომია;
- $Me^{+} \cdot nH_2O$  - მეტალის ჰიდრატირებული იონი;
- $e$  - ელექტრონი;
- $K^{+} \cdot nH_2O$  - ჰიდრატირებული კათიონი.

თუ მეტალის გახსნა მიმდინარეობს მჟავა ხსნარებში, მაშინ უარყოფითად დამუხტულ კათოდურ უბნებში, ანუ სადაც ელექტრონების სიჭარბეა, მიემართებიან წყალბადის იონები. იქ განიმუხტებიან, წარმოქმნიან წყალბადის ატომებს, რომლებიც შემდეგ ხსნარიდან გამოიყოფებიან გაზის ( $H_2$ ) ბუშტუკების სახით. ეს პროცესი სქემატურად შეიძლება ჩავწეროთ:



თუ მეტალის გახსნა მიმდინარეობს ჟანგბადის თანაობისას, მაშინ პროცესი შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სქემით:



მაშასადამე, ანოდურ უბნებზე ხსნარში გადადიან მეტალის იონები, ანუ მეტალი იხსნება, ხოლო გამონთავისუფლებული ელექტრონები მიედინებიან კათოდური უბნებისაკენ, აიონიზირებენ ჟანგბადს და წარმოქმნიან ჰიდროქსილის ( $OH^{-}$ ) იონებს.

კოროზია, რომელიც მიდის I სქემით იწოდება კოროზიად წყალბადის გამოყოფით, ხოლო II სქემით მიმდინარე - კოროზიად ჟანგბადის შთანთქმით, ასეთი კოროზია ხშირად

მიმდინარეობს ჟანგბადით გაჯერებულ წყალხსნარებში.

**სამუშაოს მიზანი:** ნეიტრალურ არეებში მეტალთა ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესის გაცნობა.

**სამუშაოსათვის საჭიროა:**

- ✓ U -მაგვარი მინის მილი;
- ✓ თუთიისა და რკინის ფირფიტები ზომით 20 x 50 x 2 მმ;
- ✓ მავთული - სპილენძის, თუთიის, რკინის;
- ✓ ფაიფურის ჯამი;
- ✓ 3% ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარი;
- ✓ ფენოლფტალეინის ხსნარი;
- ✓ სისხლის წითელი მარილი  $K_3[Fe(CN)_6]$  ხსნარი: 0,2 გ სისხლის წითელი მარილი  $K_3[Fe(CN)_6]$  უნდა გაიხსნას 200 მლ წყალში.

**სამუშაოს აღწერა:** კოროზია წყალში და ნეიტრალურ წყალხსნარებში მიმდინარეობს

- ანოდზე :  $4 MeO + n H_2O = 4 Me^+ + nH_2O + 4e^-$ ;
- კათოდზე :  $2 H_2O + O_2 + 4e^- = 4 OH^-$

კათოდურ უბნებზე გროვდება ჰიდროქსილის იონები.

**ცდა 1:** U -მაგვარ მინის მილში ასხამენ 3% ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარს, მილის ერთ თავში ჩაუშვებენ ახლად გახეხილ (ჟანგის მოსაცილებლად) თუთიის, მეორეში - სპილენძის ფირფიტებს. ორივე ფირფიტას აერთებენ სპილენძის მავთულით. მილის ორივე თავში ამატებენ 2-3 წვეთ ფენოლფტალეინს. 0,5 – 1 სთ. შემდეგ სპილენძის ელექტროდთან (კათოდი) აკვირდებიან ჟოლოსფერი შეფერილობის წარმოქმნას.

**ცდა 2:** ფაიფურის ჯამში ასხამენ 3% ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარს, რომელსაც უმატებენ 5-6 წვეთ ფენოლფტალეინის ხსნარს. ხსნარში ჩაუშვებენ წინასწარ გახეხილ სპილენძის მავთულს, შემოხვეულს თუთიის მავთულით. 2-3 წთ შემდეგ სპილენძის ზედაპირზე

წარმოიქმნება ჟოლოსფერი შეფერილობა, რომელიც მიუთითებს ჰიდროქსიდის იონების სიჭარბეზე.

**ცდა 3:** სპილენძის მავთულის ნაცვლად იღებენ რკინის ლურსმანს და მასზე მჭიდროდ ახვევენ თუთიის მავთულს. ლურსმნის ჩაშვებისას ხსნარში, რომელიც გამოყენებული იყო ცდა 2-ში, ჟოლოსფერი შეფერილობა შეიმჩნევა რკინის ლურსმანზე.

**ცდა 4:** ორი მეტალის კონტაქტის დროს, კათოდური და ანოდური უბნები რომ აღმოვაჩინოთ, 3% ნატრიუმის ქლორიდის ხსნარს უმატებენ რამდენიმე წვეთ 0,2გ/200 მლ სისხლის წითელი მარილის  $K_3[Fe(CN)_6]$  ხსნარს და რამდენიმე წვეთ (5-6) ფენოლფტალეინს. შემდეგ ხსნარში ჩაუშვებენ სპილენძის მავთულს, რომელზედაც შემოხვეულია რკინის მავთული. სპილენძზე 2-3 წთ. შემდეგ წარმოიქმნება წითელი შეფერილობა, ხოლო რკინაზე - მუქი ლურჯი.

აქ რკინა - ანოდია; შესაბამისად, ხსნარში გადადიან  $Fe^{2+}$  იონები, რომლებიც მოქმედებენ  $K_3[Fe(CN)_6]$  - თან, წარმოქმნიან მარტივ ტურნბულის ლურჯს  $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ .

ლურჯი შეფერილობა მიუთითებს ხსნარში რკინის იონების არსებობაზე მისი ხსნარში გახსნის (კოროზიის) შედეგად, ხოლო ჟოლოსფერი შეფერილობა - ჰიდროქსიდის იონების სიჭარბეზე, რომლებიც წარმოიქმნებიან ჟანგბადის აღდგენის შედეგად.

**ანგარიში სამუშაოს შესახებ:** ჩაიწეროს თითოეული ცდის შედეგი და მიეცეს ახსნა.

ლაბორატორიული სამუშაო №13

ფენოლ-წყალი სისტემის გახსნის კრიტიკული ტემპერატურის განსაზღვრა

სამუშაოს მიზანია:

- ✓ თერმიული ანალიზის ტექნიკის ათვისება;
- ✓ სისტემის ფენოლი - წყალი ფაზური დიაგრამის აგება;
- ✓ ხსნადობის კრიტიკული ტემპერატურის გრაფიკული განსაზღვრა;
- ✓ ფაზური დიაგრამის გამოყენების შესაძლებლობის გამოვლენა.

ცდის ჩატარება

- გავაცხელოთ წყალი წყლის აბაზანაში 70 - 80°C ტემპერატურამდე;
- სინჯარაში მოვათავსოთ 0,5 გ. ფენოლი და მჭიდროდ დავახუროთ საცობი, რომელშიც მოთავსებულია თერმომეტრი;
- მოვათავსოთ სინჯარის ქვედა ნაწილი ცხელ წყალში და ფენოლის გაღობის შემდეგ გავაცხელოთ იგი 50<sup>0</sup>-მდე;
- ამოვიღოთ სინჯარა აბაზანიდან და გავაცივოთ ფენოლი ოთახის ტემპერატურამდე, ყოველ 0,5 წთ.-ში ჩავიწეროთ ტემპერატურის ჩვენება და ჩავწეროთ ცხ.2-ში. მიღებული მონაცემებით ავაგოთ ფენოლის გაცივების მრუდი კოორდინატებში: ტემპერატურა - დრო, განვსაზღვროთ ფენოლის ლღობის (გამყარების) ტემპერატურა

ცხრილი 1

დრო, წთ													
T, °C													

- სინჯარიდან ფრთხილად ამოვიღოთ თერმომეტრი, ისე, რომ არ დაგვარგოთ მასში მყოფი ფენოლის რაოდენობა და პიპეტით შევიტანოთ მასში გამოხდილი წყლის პირველი დანამატი, რომელიც მითითებულია ცხრილში 2

ცხრილი 2

№.№	ფენოლის მასა გრ	დამატებული წყლის რაოდენობა ,მლ	ნარევის საერთო მასა, გრ	ნარევი ფენოლის შემცველობა, %	ნარევი წყლის შემცველობა, %	ჰეტეროგენიზაცი ტემპერატურა, T, °C
1		0,25				
2		0,05				
3		0,05				
4		0,05				
5		0,1				
6		0,1				
7		0,1				
8		0,1				
9		0,2				
10		0,5				
11		0,5				
12		0,5				

13		0,5				
14		1,0				
15		1,0				

- მოვათავსოთ სინჯარა ცხელ წყალში. ნარევის ჰომოგენიზაციის (წყლისა და ფენოლის ურთიერთ გახსნა) შემდეგ , ამოვიღოთ სინჯარა წყლიდან და გავაცივოთ ის ჰეტეროგენიზაციამდე (სიმღვრივემდე). ჰეტეროგენიზაციის ტემპერატურა ჩავწეროთ ცხრილში 2;
- ბოლო ორ პუნქტში აღწერილი ოპერაციები თანმიმდევრობით გავიმეოროთ წყლის ყველა დანამატისათვის;
- ჰეტეროგენიზაციის ტემპერატურის მონაცემების მიხედვით ავაგოთ ხსნადობის დიაგრამა

### *ლ ა ბ ო რ ა ტ ო რ ი უ ლ ი ს ა მ უ შ ა ო №14*

#### *ნახშირის დასველების სითბოს განსაზღვრა*

ნახშირი წარმოადგენს ერთ-ერთ გავრცელებულ მშანთქმელს. ნახშირის მშთანთქმელობითი უნარი (ადსორბცია) განპირობებულია მისი დიდი ზედაპირით. მშთანთქმელის ხსნარში ჩაშვებისას გამოიყოფა სითბო სითხის მშთანთქმელის (ადსორბენტის) ზედაპირით ადსორბციის გამო. ეს სითბური ეფექტი იწოდება *დასველების სითბოდ*.

### *სამუშაოსათვის საჭიროა:*

- ✓ 200 მლ. მოცულობის ორი ჭიქა;
- ✓ ორი თერმომეტრი;
- ✓ ფაიფურის ჯამი;
- ✓ ბენზოლი;
- ✓ ნახშირი.

*სამუშაოს მსვლელობა:* 200 მლ ჭიქას ავსებენ ნახშირით. შემდეგ ნიმუშს სრულად გადმოყრიან ფაიფურის ჯამში და გასრესენ ფხვნილად. იღებენ ორ 300 მლ მინის ჭიქას. ერთში ჩაყრიან ნახშირის საკვლევ ნიმუშს დაახლოებით იმდენს , რომ შეავსოს ჭიქის მესამედი, მეორე ჭიქაში იმავე რაოდენობით ბენზოლს. თერმომეტრების დახმარებით რწმუნდებიან, რომ ტემპერატურა ორივე ჭიქაში ერთნაერია. დასაშვებია ტემპერატურებს შორის სხვაობა არა უმეტეს  $0,3^{\circ}$  .

ბენზოლს სწრაფად ასხამენ ნახშირიან ჭიქაში და მუდმივი მორევის პირობებში აკვირდებიან ტემპერატურის მატებას. მასის მორევას შეწყვიტენ, როცა შეწყდება ტემპერატურის მატება.

ნახშირის ხარისხის შესახებ მსჯელობენ საწყის და საბოლოო ტემპერატურების სხვაობით. თუ ტემპერატურის მატებამ შეადგინა  $7^{\circ}$  და მეტი, მაშინ ნახშირი მაღალი ხარისხისაა; თუ ტემპერატურამ მოიმატა  $4-7^{\circ}$  ფარგლებში, მაშინ ნახშირი საშუალო ხარისხისაა; თუ ტემპერატურის მატება  $3,5^{\circ}$  ნაკლებია, მაშინ ნახშირი უხარისხია.

### ლიტერატურა:

1. გ.ბეზარაშვილი. ფიზიკური ქიმია - 2: ლაბორატორიული პრაქტიკუმი. თბილისი: [გ.გ.], 2016, 67გვ.
2. Пармон В., Рогов В. Экспериментальные методы физической химии. Лабораторный практикум. М., 2017.
3. Сметанина Е.И., Колпаков В.А. Лабораторный практикум по физической хими.Учебное пособие. - Томск, ТПУ, 2012. - 272 с.
4. Хомич В.А., Эмралиева С.А. Лабораторный практикум по физической химии.Учеб. пособие для вузов. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 38 с.
5. Карпович Е.Ф., Колонтаева Т.В. (сост.) Лабораторный практикум по дисциплине Физическая химия. Часть 2Минск: БНТУ, 2004. — 62 с.