

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისი სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის  
პირველი სემესტრის დოქტორანტი,  
ნათია მზარეულიშვილი

მოხსენება თემაზე:

**შებრუნებული მიცელების სტრუქტურის კვლევა ინსტრუმენტული მეთოდებით**

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ქ.მ.დ., პროფ. მ.რუხაძე

2013 წ

## სამეცნიერო კვლევის აქტუალობა და მისი დასაბუთება

ყველა ბიოლოგიური მოვლენა და მათი მიმდინარეობა დაკავშირებულია წყალთან. გარდა ბიოლოგიისა, წყლის ფენომენი უმნიშვნელოვანესია ფიზიკასა და ქიმიაში, ასევე მედიცინაში. წყლის სტრუქტურა ურთულესია და განსჯის საგნად გვევლინება. წყლის მოლეკულები შეიძლება იმყოფებოდნენ ყინულის-მსგავს გარემოცვაში (როცა წყალბადური ბმები ძლიერია) და სუსტი წყალბადური ბმების შემთხვევაში შეიძლება ჰქონდეთ „დამსხვრეული“ სტრუქტურა. ბიოპოლიმერები წყლის გარემოცვაში არსებით ცვლილებებს განიცდიან. მაგ. ფოსფოლიპიდების თვითასოციაცია, ცილა-ცილა, ცილა-მემბრანა, ცილა-დნმ ურთიერთქმედებები, დნმ-ის ორმაგი სპირალური სტრუქტურა უშუალოდ დაკავშირებულია ერთის მხრივ სიცოცხლესთან და მეორეს მხრივ წყლის სტრუქტურასთან. ამის გამო წყალს ბიოლოგიურ გამხსნელსაც უწოდებენ.

შებრუნებული მიცელები იზოლირებული, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებით გარემოცული წყლის წვეთებია, რომელიც ბიოლოგიურ სისტემებში ჩაჭერილი წყლის საუკეთესო მოდელს წარმოადგენს. შებრუნებული მიცელები ქმნიან უჯრედში ნორმალური მემბრანული სტრუქტურის ანალოგიურ სურათს. ამის გამო შებრუნებულ მიცელებში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესები კარგად იმეორებს მათ მიმდინარეობას მემბრანულ გარემოში. აღნიშნული გარემოებების გამო განსაკუთრებული აქტუალობით გამოირჩევა კვლევები, რომლებიც ეძღვნება შებრუნებული მიცელების გულში მყოფი წყლის თვისებების შესწავლას.

არსებული გამოცდილების მიმოხილვა ნაშრომის თემატიკასთან დაკავშირებით :

### მიკროემულსიების ზოგადი მიმოხილვა

მიკროემულსიების არსებობის ისტორია მრავალ წელს ითვლის, ყველაზე ძველი შრომები ეკუთვნის შულმანს (1943) და ვინსორს (1954). მათმა სამუშაოებმა მიკროემულსიების სისტემატურ შესწავლას დაუდო საფუძველი. ამავდროულად, ამ სისტემების ფართე გამოყენება იწყება 1970-იანი წლებიდან, მას შემდეგ რაც მათი გამოყენება დაიწყეს ნავთობის გაძლიერებული ამოკრებისთვის ენერგეტიკული კრიზისის დროს.

ტერმინი მიკროემულსია გამოიყენება ნარევისთვის, რომელიც შედგება მინიმუმ სამი კომპონენტისაგან. ზეთის ფაზა, წყალის ფაზა და ე.წ. ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება (ზან). ზოგიერთ შემთხვევაში მეოთხე კომპონენტი თანა-ზან შეიძლება იყოს/ან უნდა იყოს. კომპონენტების თანაფარდობაზე დამოკიდებულებით არჩევენ მიკროემულსიების განსხვავებულ, ზღვრულ ტიპებს მიკროსტრუქტურების მიხედვით, რომელიც იცვლება წყლის ძალიან მცირე წვეთებიდან ზეთის ფაზაში (წ/ზ მიკროემულსია) ზეთის მცირე წვეთებამდე წყალის ფაზაში (ზ/წ მიკროემულსია). ნარევის მიკროსტრუქტურა განუწყვეტლივ იცვლება ერთი ზღვრული მდგომარეობიდან მეორეში, უფრო ზუსტად, სფერულიდან ცილინდრულში, მილისებური და ურთიერთშეერთებული უწყვეტი ზეთის და წყლის ფაზები, რომლებიც გაყოფილია ზან-ის მოლეკულების ძალიან თხელი ფენით ფაზებს შორის, რომელიც განისაზღვრება როგორც ურთიერთუწყვეტი მიკროემულსია. თითოეული ტიპის მიკროემულსია არის თერმოდინამიკურად სტაბილური და გამჭვირვალე ხსნარი. ემულსიებსა და მიკროემულსიებს შორის არის ბევრი სხვაობა სტრუქტურასა და სტაბილურობას შორის. მიკროემულსიებისაგან განსხვავებით, ემულსიები არასტაბილური სისტემებია და გარე ფაქტორების ჩარევის გარეშეც კი ხდება ფაზათა გაყოფა. მეორე განსხვავება არის ნაწილაკების ზომა, რომელიც ემულსიებში არის მიკრომეტრების რიგის, ხოლო მიკროემულსიებში იცვლება 5-100 ნმ ფარგლებში და დამოკიდებულია რამდენიმე პარამეტრზე, როგორც არის მაგალითად ზან-ის ტიპი და კონცენტრაცია, დისპერსული ფაზის მოცულობა. ამიტომ, ხანდახან ტერმინი მიკროემულსია დამაბნეველია, რადგან

ის არ ასახავს დისპერსული ფაზის წვეთების ზომებს ისეთ სისტემებში, რომლებიც არის ნანომეტრების რიგის. გარდა იმისა, რომ ზან მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მიკროემულსიის მომზადებაში, მეორე მნიშვნელოვანი პარამეტრი რაც გავლენას ახდენს მიკროემულსიის ძირითად მახასიათებლებზე არის ელექტროლიტის არსებობა წყალის ფაზაში [1]. მიკროემულსიები ემულსიებია წვეთების დიამეტრით 0.01-0.1 მკმ. ამის გამო მცირე სიმღვრივე ახასიათებთ. მიკროემულსიის წარმოქმნა დაკავშირებულია ზეთი-წყალში ემულსიის ისეთ მდგომარეობასთან, როცა ფაზათაშორისი დაჭიმულობა უახლოვდება ნულს (ან დროებითად უარყოფითი კი არის). ემულსიის წვეთების ზომას განსაზღვრავს წყლის მოლური კონცენტრაციის ფარდობა ზან-ის მოლურ კონცენტრაციასთან ( $W$ ).  $W=[H_2O]/[ზან-ი]$  მხოლოდ იონური ზან-ებით და მითუმეტეს მხოლოდ არაიონური ზან-ებით ეს არ არის შესაძლებელი, რადგან  $\sigma$  ზწ საკმაოდ სიდიდისაა მწკვ-ზე ანუ ხსნადობის ზღვარის მიღწევისას.  $\sigma$  ზწ-ის შესამცირებლად სისტემაში თანა-ზანის თანაობა ხდება აუცილებელი. მაგალითად, ზ/წ მიკროემულსიები შეიძლება მიღებულ იქნას კალიუმის ოლეატის და პენტანოლის მამულგირებელი ნარევით. ზოგადად, თანა-ზან უფრო მცირე რაოდენობითაა საჭირო ზ/წ ემულსიებისათვის, ვიდრე წ/ზ მიკროემულსიებისათვის, ელექტროლიტები ხელს უწყობენ წ/ზ მიკროემულსიების წარმოქმნას.

მამულგირებელი რეაგენტის წილი მიკროემულსიაში უნდა იყოს მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი, ვიდრე ჩვეულებრივ ემულსიაში, რათა გაიზარდოს ზეთი-წყალი ფაზათაშორისი ზედაპირი ტიპური მიკროემულსიური სისტემა უნდა იყოს 10-70% ზეთი, 10-70% წყალი და 5-40% მამულგირებელი რეაგენტი.

მიკროემულსიები ზედაპირული დაჭიმულობის დაახლოებით ნულოვანი მნიშვნელობით ( $\sigma$  ზწ=0), წარმოიქმნება სპონტანურად და არის თერმოდინამიკურად მდგრადი. მიკროემულსიების წვეთები ფაქტიურად მონოდისპერსიულია. მიკროემულსია შეიძლება წარმოიქმნას როგორც ცალკე ფაზა, რომელიც წონასწორობაშია ზეთის (ზ/წ) ან წყლის (წ/ზ) სიჭარბესთან. ეს ნიშნავს, რომ მიკროემულსია გაჯერებულია წვეთების ფაზის მიმართ. მიკროემულსიები ძირითადად მცირე სიბლანტისაა. მიკროემულსიები წარმოადგენს გარდამავალ (საშუალებდო)

მდგომარეობას მიცელებს და ჩვეულებრივ ემულსიებს შორის. სადაოა, მიკროემულსია უნდა განხილულ იქნას როგორც გაბერილი (გაზრდილი მოცულობაში) მიცელები თუ მცირე ზომის წვეთებიანი ემულსია. წვეთების ზომა, თუმცა მცირე, მაინც იძლევა საშუალებას რომ ისინი ემულსიების (0.1-10მკმ) კლასიფიკაციაში იქნან განხილული. მეორეს მხრივ მიკროემულსიების თერმოდინამიკური მდგრადობა ჩვეულებრივი ემულსიების მახასიათებელს არ წარმოადგენს[1].

### **შებრუნებული მიკროემულსიების კვლევა ულტრაიისფერი-ხილული სპექტროსკოპიის მეთოდით.**

ულტრაიისფერი გამოსხივების შთანთქმა მოლეკულების მიერ დამოკიდებულია მოლეკულის ელექტრონულ სტრუქტურაზე. ამის გამო ულტრაიისფერ სპექტრს ელექტრონული სპექტრი ეწოდება.

ქრომოფორი არის ფუნქციური ჯგუფი, რომელიც შთანთქავს დამახასიათებელ ულტრაიისფერ და ხილულ უბანს: 210 ნმ ორმაგი ბმები, 233 ნმ შეუღლებული დიენები, 268 ნმ შეუღლებული ტრიენები, 315 ნმ შეუღლებული ტეტრაენები.

ჩამნაცვლებლებს შეიძლება ჰქონდეთ ქრომოფორზე ერთ-ერთი ჩამოთვლილი ოთხი ეფექტიდან: - ბატოქრომული გადანაცვლება (წითელი წანაცვლება) – გადანაცვლება გრძელი ანუ დაბალი ენერჯის ტალღებისკენ; - ჰიპსოქრომული გადანაცვლება (ლურჯი წანაცვლება) –გადანაცვლება მოკლე ანუ მაღალი ენერჯის ტალღებისკენ; - ჰიპერქრომული ეფექტი – ინტენსიურობის გაზრდა;- ჰიპოქრომული ეფექტი – ინტენსიურობის შემცირება.

მოლეკულური სინჯების ტექნიკა, სპეციფიური სპექტრალური პარამეტრების როგორც არის სპინური, ფლუორესცენციული და UV\_VIS სინჯები, იძლევა მნიშვნელოვან ინფორმაციას შებრუნებულ მიცელაზე, მისი მიკროგარემოს მახასიათებლების შესახებ: პოლარობა, სიბლანტე და წესრიგის ხარისხი. სინჯის ლოკალიზაცია დგინდება შესადარებელი ხსნარის საშუალებით, პოლარობის მონაცემები მიყვანილ იქნა საერთო მაშტაბებზე (Kosower's polarity factor), რათა ყოფილიყო შესაძლებელი შედარება სხვადასხვა სპექტრალური ანალიზით მიღებულ შედეგებთან. მიცელის აგრეგაციის რიცხვი მიღებული იქნა ფლუორესცენციული მეთოდით. შებრუნებული მიცელების

კვლევისას აგრეგაციის რიცხვი იზრდება  $W$  -სთან ერთად და მცირდება ტემპერატურის მიხედვით, ხოლო გამხსნელი თამაშობს დიდ დროს მიცელის ზომაზე [8-10] . UV-vis მეთოდში, აბსორბციული ნიმუშები არის ის მოლეკულები, რომლებიც ავლენენ წმინდა სოლვატოქრომულ ეფექტს. აბსორბციული ნიმუშები, 4-ნიტროპირიდინი-N-ოქსიდი (NP), ორთო-ნიტროანილინი და მეთილ ნარინჯი (MO) აღმოჩნდა მისაღები შებრუნებული მიცელების შესასწავლად [2-4].

### შებრუნებული მიკროემულსიების კვლევა ელექტრული გამტარობის მეთოდით

შებრუნებული მიცელების სტრუქტურას იკვლევენ მრავალი მეთოდით: ულტრაიისფერი და ხილული სპექტრომეტრიის, ინფრაწითელი სპექტრომეტრიის, მცირე კუთხეების ნეიტრონული განზნევის, ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსული სპექტრომეტრიის, დიფერენციულ სკანირებადი კალორიმეტრიული მეთოდით, სინათლის დინამიკური განზნევის, ელექტრული გამტარობის მეთოდებით და ა.შ. [3-8]. შებრუნებული მიცელების შინაგანი დინამიკის კვლევა მჭიდროდაა დაკავშირებული ელექტრული პერკოლაციის მოვლენასთან. ელექტრული გამტარობის გაზომვები მნიშვნელოვანია მიკროემულსიური გამტარობის თეორიული მოდელების შესამოწმებლად. ელექტრული პერკოლაციის პროცესის ბუნების და საფუძვლების კვლევები კარგადაა შესწავლილი. სხვადასხვა სახის დანამატების გავლენა ელგამტარობის პერკოლაციაზე წყალი-ზეთში მიკროემულსიებში ვლინდება ან პერკოლაციის შეგვიანებაში, ან პერკოლაციის ადრე დადგომაში [5].

ცნობილია, რომ წყლის უწყვეტ ფაზაში (ზ/წ ურთიერთუწყვეტი) მიკროემულსიებს გააჩნია ზეთის უწყვეტ ფაზაში (წ/ზ)-თან შედარებით მაღალი ელგამტარობა. ამის საწინააღმდეგოდ, წ/ზ მიკროემულსიების ელგამტარობა ( $10^{-6} \div 10^{-5} Sm^{-1}$ ) შეიძლება უფრო მეტი იყოს, ვიდრე აპოლარული გამხსნელების ტიპური ელგამტარობა .  $10^{-16} \div 10^{-12} Sm^{-1}$

გამტარობის მქონე მიკროემულსიების 2 ტიპს აღწერენ. პირველ მათგანში ადგილი აქვს გამტარობის  $\sigma$ , როგორც წყლის მოცულობითი წილის ( $\Phi_w$ ) ფუნქციის მკვეთრ ზრდას

კრიტიკული მნიშვნელობის ზევით. ეს ტიპი ცნობილია, როგორც პერკოლაციის მქონე მიკროემულსია, რადგანაც მისი ქცევა ისეთივეა, როგორც აღწერილია გამტარობის პერკოლაციურ თეორიაში.  $\sigma$ -ს მკვეთრი ზრდა მიეწერება წყლის პერკოლაციას. მიკროემულსიების მეორე ჯგუფს გააჩნია ბევრად უფრო დაბალი ელგამტარობა, რომელიც ხასიათდება მაქსიმუმისა და მინიმუმის არსებობით; მათ ეწოდება პერკოლაციის არ მქონე მიკროემულსიები.  $\sigma$  -ს მნიშვნელობის პირველი ზრდა შეიძლება აიხსნას ზან-ის დისოციაციის ზრდით წყლის შემცველობის მომატებისას. მაქსიმუმის შემდეგ  $\sigma$ -ს შემცირების მიზეზი შეიძლება იყოს ჰიდრატირებული აგრეგატების ჩანაცვლება მიკროემულსიების წვეთებით; ხოლო  $\sigma$  -ს მინიმუმის შემდგომი მკვეთრი ზრდა - წვეთების კლასტერიზაციით.

ცნობილია აგრეთვე, რომ განზავებული წ/ზ მიკროემულსიებისთვის, პერკოლაციის უბანზე მნიშვნელოვნად დაბლა და ზან-ის მუდმივი კონცენტრაციის პირობებში, წვეთის რადიუსზე ელგამტარობის დამოკიდებულების მრუდებს გააჩნია მაქსიმუმი გარკვეულ  $r_{max}$ -ზე. ამას შემდეგნაირად ხსნიან: როდესაც  $r < r_{max}$ , ელგამტარობა ძირითადად განისაზღვრება წვეთების მუხტით (charge state of droplets), რაც წარმოადგენს წვეთის ზომის ზრდად ფუნქციას; ხოლო, როდესაც  $r > r_{max}$ , ელგამტარობა ძირითადად დამოკიდებულია წვეთის ძვრადობაზე, რაც წვეთის ზომის ზრდასთან ერთად მცირდება. ნაჩვენებია, რომ ელგამტარობა დამოკიდებულია არა მარტო წვეთის ზომაზე, არამედ წვეთებს შორის საშუალო მანძილზე (ანუ წვეთების კონცენტრაციაზე) [5].

შებრუნებული მიცელების შიდა დინამიკის გამოკვლევა დიდწილად კონცენტრირებულია ელექტრული პერკოლაციის შესწავლაზე. ეს ფენომენი ხასიათდება ელექტროგამტარობის უეცარი ზრდით, როდესაც ტემპერატურა ან დისპერსიული ფაზის მოცულობითი წილი მიაღწევს გარკვეულ მნიშვნელობას - პერკოლაციის ზღურბლს. პერკოლაციური პროცესის ბუნება შესწავლილია მრავალი მკვლევარის მიერ. გაზრდილი ელგამტარობა ახსნილია ზეთის უწყვეტ არეში ამფიფილური ზანებით დასტაბილურებული წყლის წვეთების მრავალრიცხოვანი კლასტერების (ასოციატების) წარმოქმნით. მუხტების (იონების) ადვილი დინება (flow)

მიიღწევა მათი გადახტომით (hopping) წვეთიდან წვეთზე ან მათი გადატანით „შერწყმის, მასის გადატანის და მასის მიმოცვლის გზით“. ელგამტარობა ( $\sigma$ ), როგორც იონთა გადატანის შედეგი, შეიძლება გაიზარდოს 100-1000-ჯერ. წყლის შემცველობა და სხვა ფაქტორები, როგორც არის ტემპერატურა, წნევა და დანამატები გავლენას ახდენს პერკოლაციის ზღურბლზე [6-7].

**შებრუნებული მიკროემულსიების კვლევა დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიული მეთოდით.** დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიული მეთოდი (დსკ) ფართოდ გამოიყენება თერმოდინამიკური სიდიდეების ნივთიერებათა სითბოტევადობის, ფაზური გარდაქმნების ტემპერატურისა და სითბოს, ქიმიურ რეაქციათა სითბური ეფექტებისა და ენტროპიის ცვლილების განსაზღვრისათვის. ტემპერატურის ცვლილების გამო ნივთიერებაში (ქიმიურ ან კოლოიდურ სისტემაში) აღიმკვრება გარკვეული პროცესები, რაც თავის გამოხატულებას პოულობს თერმოდინამიკური პარამეტრების ცვლილებაში. ამ ცვლილებების განსაზღვრა მეტად მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა სისტემის მდგომარეობის, მასში მიმდინარე ფიზიკური და ქიმიური გარდაქმნების შესახებ [8].

მიკროემულსიებში ერთმანეთისაგან ზან-ის თხელი ფენით გამოყოფილი წყლისა და ზეთის ფაზები წარმოქმნის სხვადასხვა შინაგან მეტასტაბილურ წარმონაქმნებს, როგორცაა წყალი/ზეთი, ზეთი/წყალი, ურთიერთუწყვეტი წარმონაქმნები და ლამელური ფაზები. თერმოდინამიკურად დასაშვებია მათი ურთიერთგარდაქმნა. ამიტომაც მიკროემულსიების კვლევაში ფართოდ გამოიყენება დიფერენციალური მასკანირებადი კალორიმეტრია, მით უფრო, რომ მეთოდი მაღალმგრძნობიარეა სითბოს მცირე ცვლილებების მიმართ, რომლებიც უკავშირდება ნიმუშებში სტრუქტურულ გადასვლებს. დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიული მეთოდი ფართოდ გამოიყენება მიკროემულსიების არსებული წყლის მდგომარეობის და მიკროემულსიის წყლის გავლენის შესასწავლად [9].



## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Reza Najjar. Microemulsions – A Brief Introduction. p.3-30, Published by InTech.
2. Qi L. and Ma J. Investigation of the Microenvironment in Nonionic Reverse Micelles Using Methyl Orange and Methylene Blue as Absorption Probes. Journal of colloid and interface science. 1998 , 197, 36 - 42.
3. Zhu D. and Schelly Z.A. Investigation of the Microenvironment in Triton X-100 Reverse Micelles in Cyclohexane , Using Methyl Orange as a Probe. Langmuir . 1992, 8 (1), 48-50.
4. Correa M, Biasutti A and Silber J. Micropolarity of Reversed Micelles: comparison between anionic, cationic, and nonionic reversed micelles. Journal of Colloid and Interface Science. 1996, 184, 570-578.
5. MICROEMULSIONS –AN INTRODUCTION TO PROPERTIES AND APPLICATIONS. Edited by Reza Najjar, 67-82, Published by InTech, 2012.
6. Bumajdad A., Eastoe J. Conductivity of water-in-oil microemulsions stabilized by mixed surfactants. Journal of Colloid and Interface Science, 274 (2004) 268–276.
7. Paul B.K., Mitra R.K. Conductivity of reverse micellar systems of water/AOT + Brij-56 or Brij-58/IPM and their percolation under varied concentrations of amphiphiles and different additives. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects , 273 (2006) 129–140.
8. Senatra D., Zhou Z., Pieraccini L. A study of the properties of water-in-oil microemulsions in the subzero temperature range by differential scanning calorimetry. Progr Colloid & Polymer Sci, 73 (1987) 66-75.
9. Senatra D. Comparative analysis of complex liquids based on a multi-experimental approach. Advances in Colloid and Interface Science. 128-130 (2006) 65-75.

## კვლევის მიზანი და ამოცანები

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია შებრუნებული ტიპის მიკროემულსიების სტრუქტურის კვლევა კონდუქტომეტრული, ულტრაიისფერი სპექტროსკოპიული და დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიული მეთოდებით. ამ მიზნის მისაღწევად დასახულია შემდეგი ამოცანები:

a) შებრუნებული ტიპის მიკროემულსიების ელექტრული გამტარობის შესწავლა, იონური და არაიონური დანამატების გავლენის კვლევა მიკროემულსიის ელგამტარობაზე.

b) შებრუნებული მიკროემულსიების მიკროგარემოს კვლევა ულტრაიისფერ-ხილული სპექტროსკოპიის მეთოდით მოლეკულურ სინჯად ორთო-ნიტროანილინის გამოყენებით ოპტიკური სინჯების გამოყენებით. მოლეკულური სინჯების შებრუნებულ მიცელებთან შეკავშირების კონსტანტებზე კოსმოტროპული და ქაოტროპული იონების გავლენის შესწავლა ულტრაიისფერი-ხილული სპექტროსკოპიის მეთოდით;

გ) შებრუნებული მიკროემულსიის სხვადასხვა ფაზებში განაწილებული წყლის ფრაქციების შეფასება დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიული მეთოდით. აღნიშნულ განაწილებაზე მარილების გავლენის დადგენა;

ჩამოთვლილი ამოცანებიდან ულტრაიისფერ-სპექტროსკოპიული ექსპერიმენტები და კონდუქტომეტრიული გაზომვები ჩატარდება თბილისში, ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში, ხოლო დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიული გაზომვები დაგეგმილია ჩატარდეს უცხოეთში.

## კვლევის მეთოდика

ექსპერიმენტულ სამუშაოებში გამოყენებული იქნება ულტრაისფერი სპექტრომეტრი, კონდუქტომეტრი, დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრი.

მიკროემულსები მომზადდება ტეტრაეთილენგლიკოლ მონოდოდეცილის ეთერის (Brij-30) და სორნიტანის სტეარატისგან(Arlacel60). არე ჰექსანი, თანა-ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება ნ-ბუტანოლი. არაიონურ და იონურ დანამატებად გამოყენებული იქნება ნატრიუმის აცეტატის, ფთორიდის, პერქლორატის და იოდიდის წყალხსნარები, ასევე გლუკოზის და შარდოვანას დანამატები.

მოლეკულურ სინჯებად გამოვიყენებთ ორთო-ნიტროანილინს, მეთილ-ნარინჯს და მეთილენის ლურჯს.

## სასწავლო და სამეცნიერო კომპონენტების განხორციელების გეგმა–გრაფიკი

N	სასწავლო კურსის სახელწოდება	კრედიტი	სემესტრი
	<i>სავალდებულო კურსები</i>	40–45	
1.	სწავლების მეთოდები	5	2
2.	აკადემიური წერა	5	2
3.	პროფესორის ასისტენტობა	5	3
4.	დოქტორანტის სემინარი 1	15	2
5.	დოქტორანტის სემინარი 2	15	4
	<i>არჩევითი კურსები</i>	15–20	
6.	მეცნიერების მენეჯმენტი	5	1
7.	საუნივერსიტეტო კურიკულუმის შემუშავების პრინციპები	10	3
	<i>კვლევითი კომპონენტები:</i>	120	
8.	დოქტორანტის 1 კოლოკვიუმი	20	4
9.	დოქტორანტის 2 კოლოკვიუმი	20	5
10.	სადისერტაციო ნაშრომის მომზადება/დაცვა	80	6

### მოსალოდნელი შედეგები ფუნდამენტური და გამოყენებითი თვალსაზრისით

აბსორბციული უი-ხილული სპექტროსკოპიის გამოყენებით მიღებული იქნება ინფორმაცია წყალი-ზეთში მიკროემულსიის მიკროგარემოცვის შესახებ. განისაზღვრება მოლეკულური სინჯის შებრუნებულ მიცელასთან შეკავშირების კონსტანტები. კოსმოტროპული და ქაოტროპული იონების გავლენით ცვლილებები გამოვლინდება მოლეკულური სინჯის შებრუნებულ მიცელასთან შეკავშირების მუდმივებში.

მოსალოდნელია თავისუფალი და ბმული, ასევე გაყინვადი და არაგაყინვადი წყლის სხვადასხვა თანაფარდობებით არსებობა ტემპერატურის მოცემულ ინტერვალში დიფერენციალურ-სკანირებადი კალორიმეტრიული მეთოდით შესწავლისას.

ელგამტარობის კვლევებით მოსალოდნელია შებრუნებული მიკროემულსიის სტრუქტურის ცვლილებების დადგენა.

პროექტით გათვალისწინებული პრობლემები განეკუთვნება ფუნდამენტურ კვლევათა კატეგორიას. პროექტით გათვალისწინებული კვლევების შედეგები სასარგებლო იქნება მეცნიერებისათვის, რომლებიც იკვლევენ ფუნდამენტურ საკითხებს, როგორცაა

ბიოსისტემების ჩაჭერილი წყლის სტრუქტურა, ბიომემბრანების მოდელირება, მემბრანული ტრანსპორტი, წამალი-მემბრანა ურთიერთქმედებები ,სოლუბილიზაცია და ა.შ.