

ი.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი



ლევან შველიძე

თბილისი 2024

კალორიმეტრული და სპექტროფოტომეტრული კვლევები Poly-Lysine
ნანონაწილაკების პრეპარატ ფარნესალის თანაობისას

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ბიოფიზიკის მაგისტრის
აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელები:

ასისტენტ პროფესორი: მარიამ ხვედელიძე

პროფესორი: თამაზ მძინარაშვილი

I. Javakhishvili Tbilisi State University
Faculty of Exact and Natural Sciences



LEVAN SHVELIDZE

Calorimetric and Spectrophotometric Studies of Poly-Lysine Nanoparticles in the Presence of Farnesal

The Master's thesis was completed to obtain an academic degree
in Master of Biophysics

Supervisors :
Assistant Professor Mariam Khvedelidze
Professor Tamaz Mdzinarashvili

Tbilisi 2024

აბსტრაქტი

ნანონაწილაკები ბოლო წლების განმავლობაში განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს მათი უნიკალური ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების გამო,

რომლებიც წარმოიქმნება მათი მცირე ზომისა და დიდი ზედაპირის ფართობისა და მოცულობის თანაფარდობით. ეს თვისებები ნანონაწილაკებს მნიშვნელოვან ელემენტებად ხდის მრავალ სფეროში, დაწყებული მედიცინიდან ელექტრონიკამდე. ეს სამაგისტრო ნაშრომი მიზნად ისახავს ნანონაწილაკების სინთეზის მეთოდების, თვისებებისა და გამოყენების სფეროების კომპლექსურ ანალიზს, განსაკუთრებით პოლილიზინისა და ფარნესოლის ნანონაწილაკების კვლევას.

პოლილიზინი არის ბიოდეგრადირებადი პოლიმერი, რომელიც გამოირჩევა მაღალი ეფექტურობით ბიოლოგიურ სისტემებში, ხოლო ფარნესოლი წარმოადგენს ბიოლოგიურ აქტიურ ნაერთს, რომელიც ავლენს უნიკალურ თვისებებს სხვადასხვა ბიოლოგიურ სისტემებში. კვლევის ძირითადი მიზანია პოლილიზინისა და ფარნესოლის ნანონაწილაკების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების დეტალური ანალიზი კალორიმეტრული და სპექტროფოტომეტრული მეთოდების გამოყენებით.

კალორიმეტრია საშუალებას იძლევა ნანონაწილაკების თერმული თვისებების შესწავლას, რაც მოიცავს ფაზურ გადასვლებსა და სტაბილურობას სხვადასხვა პირობებში. სპექტროფოტომეტრია კი გამოიყენება ნანონაწილაკების ოპტიკური თვისებების შესასწავლად, მათ შორის მათი აბსორბციისა და ემისიის სპექტრები. აღნიშნული მეთოდები იძლევა დეტალური ცოდნის მიღებას პოლილიზინისა და ფარნესოლის ურთიერთქმედებების შესახებ ნანომასშტაბზე.

კვლევისთვის გამოყენებულია DASM-4A კალორიმეტრი და მაღალი მგრძობელობის მქონე სპექტროფოტომეტრი, რაც შესაძლებელს ხდის ნანონაწილაკების ფაზური გადასვლებისა და სითბური თვისებების დეტალურ ანალიზს.

კვლევის შედეგები აჩვენებს, რომ პოლილიზინისა და ფარნესოლის კომბინაცია იწვევს ნანონაწილაკების ფორმირებას, რომლებსაც აქვთ განსხვავებული თერმული და ოპტიკური თვისებები. აღნიშნული თვისებები დამოკიდებულია ფარნესოლის კონცენტრაციაზე, ტემპერატურაზე და ხსნარის pH-ზე. დასკვნები მიუთითებს ამ ნანონაწილაკების გამოყენების პოტენციალზე ახალი დიაგნოსტიკური და თერაპიული მეთოდების შემუშავებისთვის, მათი უნიკალური თვისებების გამოყენებით სამიზნე მედიკამენტების მიწოდებისა და თანამედროვე სამედიცინო ვიზუალიზაციის ტექნოლოგიებისთვის.

პოლილიზინისა და ფარნესოლის ნანონაწილაკების კალორიმეტრული და სპექტროფოტომეტრული თვისებების დეტალური კვლევა მნიშვნელოვანი ნაბიჯია ბიოპოლიმერებზე დაფუძნებული ნანონაწილაკების და ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების შემდგომი კვლევისათვის. ეს ნანონაწილაკები შესაძლოა გახდეს ფუნდამენტური ელემენტი ახალი თერაპიული და დიაგნოსტიკური მეთოდების შექმნის პროცესში. ნანონაწილაკების უნიკალური თვისებები და მათი ბიოლოგიური

აქტივობა იძლევა ფართო შესაძლებლობებს ბიომედიცინის, ფარმაციის, გარემოსდაცვითი მეცნიერების და სხვა დისციპლინების განვითარებისათვის.

Abstract

Nanoparticles have garnered significant attention in recent years due to their unique physical, chemical, and biological properties that arise from their small size and large surface area-to-volume ratio. These properties make nanoparticles valuable in a wide range of applications, from medicine to electronics. This Master's thesis aims to provide a comprehensive analysis of the synthesis methods, properties, and applications of nanoparticles, with a specific focus on poly-lysine and farnesal nanoparticles.

Poly-lysine is a biodegradable polymer known for its high efficiency in biological systems, while farnesal is a biologically active compound that exhibits unique properties in various biological contexts. The primary objective of this research is to analyze the physical and chemical properties of poly-lysine and farnesal nanoparticles using calorimetric and spectrophotometric methods.

Calorimetry allows for the investigation of the thermal properties of nanoparticles, providing insights into their phase transitions and stability under different conditions.

Spectrophotometry, on the other hand, is used to study the optical properties of nanoparticles, including their absorption and emission spectra. Together, these techniques offer a detailed understanding of the interactions between poly-lysine and farnesal at the nanoscale.

The research employs a DASM-4A calorimeter and a high-sensitivity spectrophotometer to conduct the experiments. These instruments enable precise measurements of the thermal and optical characteristics of the nanoparticles, facilitating a thorough analysis of their phase transitions and thermal properties.

The results of this study indicate that the combination of poly-lysine and farnesal leads to the formation of nanoparticles with distinct thermal and optical properties. These properties are influenced by factors such as the concentration of farnesal, the temperature, and the pH of the solution. The findings suggest potential applications of these nanoparticles in the development of new diagnostic and therapeutic methods, leveraging their unique properties for targeted drug delivery and advanced medical imaging techniques.

The detailed investigation of the calorimetric and spectrophotometric properties of poly-lysine and farnesal nanoparticles contributes to the broader understanding of biopolymer-based nanoparticles and their interactions with biologically active compounds. This research represents a significant step forward in the study of nanoparticle-based systems, highlighting

their potential for innovative applications in biomedicine, environmental science, and beyond.

In conclusion, the study of poly-lysine and farnesal nanoparticles using calorimetric and spectrophotometric methods provides valuable insights into their unique properties and potential applications. The findings underscore the importance of further research into the synthesis and characterization of biopolymer-based nanoparticles, paving the way for the development of new technologies and approaches in various scientific fields.

სარჩევი

თავი I. ლიტერატურული მიმოხილვა.....	9
1.1 ნანონაწილაკების მოკლე დახასიათება.....	9
1.2 ნანონაწილაკების შემადგენლობა.....	9
თავი II. პოლილიზინის ნანონაწილაკები.....	14
2.1 ფარნესოლი.....	16
თავი III. ფაზური გადასვლები.....	18
ფაზური გადასვლის ტემპერატურა.....	19
თავი IV . კალორიმეტრიული მეთოდი	20
DASM-4A კალორიმეტრის ტექნიკური მონაცემები.....	Error! Bookmark not defined.
.....	24
თავი V : ცდის შედეგები	29
დასკვნა.....	38
გამოყენებული ლიტერატურა	38

შესავალი

ნანოტექნოლოგია დღეს ერთ-ერთი ყველაზე სწრაფად განვითარებადი მეცნიერების დარგია, რომელიც ფოკუსირებულია ადამიანთა ცხოვრების გამარტივებისთვის. ნანონაწილაკები, მცირე 1 დან 100 ნანომეტრამდე ზომისაა, თუმცა მათი ზომები შეიძლება უფრო დიდიც კი იყოს. მისი სახელი მომდინარეობს ბერძნული სიტყვიდან „ნანოს - ჯუჯა“. ნანონაწილაკების კლასიფიკაცია შესაძლებელია ზომების, შემადგენლობის მიხედვით, ორგანული თუ არაორგანულია ის და გამოყენების მიხედვითაც. დღეისთვის სამედიცინო პრაქტიკაში საკმაოდ პერსპექტიული მეთოდია ნანონაწილაკების გამოყენება მისი განსაკუთრებული ფიზიკური და ქიმიური თვისებების გამო, ასევე იძლევა ზედაპირული თვისებების მოდიფიცირებას. ნანომედიცინა წინ გადადგმული ნაბიჯია, რადგან წამლების გადამტანი სისტემების დამუშავება და განვითარება კაცობრიობას მისცემს სხვადასხვა დაავადებების პრევენციის და მათი ეფექტურად მართვის საშუალებას.

ნაშრომში დავახასიათებ ზოგადად ფარნესოლი და პოლილიზინი . კვლევა მოიცავს მათი ფიზიკური და ქიმიური თვისებების, სტრუქტურის, კომპოზიციისა და პოტენციური გამოყენების შესაძლებლობების ანალიზს. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამ ნანონაწილაკების ბიოლოგიურ და სამედიცინო გამოყენებისათვის კვლევა, რადგან ისინი საშუალებას იძლევიან შეიქმნას ახალი დიაგნოსტიკური და თერაპიული მიდგომები. ჩავატარებთ კალორიმეტრიული და სპექტოფოტომეტრიული კვლევები , რომლის მიხედვითაც ტემპერატურით ინდუცირებულ ნანონაწილაკების დენატურაცია მიმდინარეობს თერმოდინამიკური თვალსაზრისით მრავალფენოვანად.

პოლილიზინისა და ფარნესოლის ნანონაწილაკების კვლევა მნიშვნელოვანი ნაბიჯია ბიოპოლიმერების და ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების შემდგომი კვლევისათვის. ამ ნანონაწილაკების უნიკალური თვისებები და მათი ბიოლოგიური აქტივობა იძლევა ფართო შესაძლებლობებს ბიომედიცინის, ფარმაციის და სხვა დისციპლინების განვითარებისათვის.

თავი I. ლიტერატურული მიმოხილვა

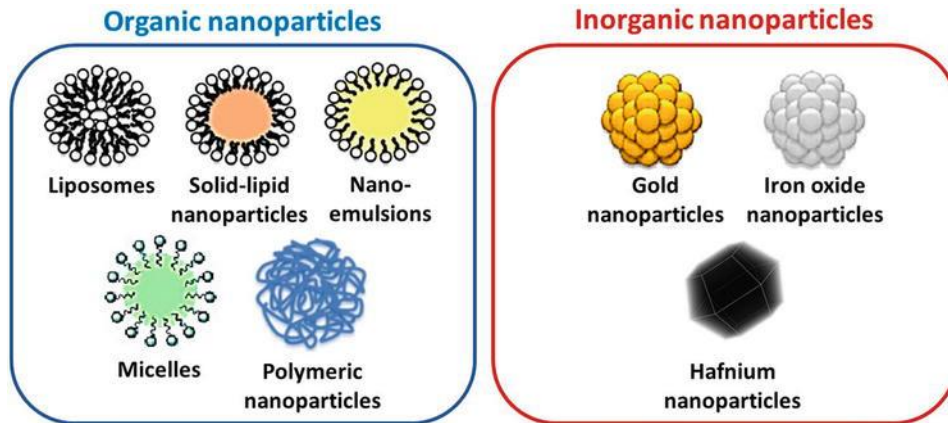
1.1 ნანონაწილაკების მოკლე დახასიათება

ნანონაწილაკები მატერიის ფართო კლასია, რომელიც სამყაროში არსებობს როგორც ბუნებრივი სახით ასევე შესაძლებელია მათი ხელოვნურად მიღებაც და გამოიყენება სხვადასხვა შფეროში. მათი ზომები მერყეობს 1 დან 700 ნმ-მდე. სახელი მომდინარეობს ბერძნული სიტყვიდან „ნანოს“, რაც ნიშნავს „ჯუჯას“. 1947 წელს წმინდა და გამოყენებითი ქიმიის საერთაშორისო კონფერენციაზე ოფიციალურად მიიღეს პრეფიქსი ნანო, რათა აღეწერათ ერთეულის ერთი მემილიარდედი ნაწილი

1.2 ნანონაწილაკების შემადგენლობა

ნანონაწილაკები შეიძლება შედგებოდეს სხვადასხვა მასალისგან, მათ შორის ლითონებისგან (როგორცაა ოქრო, ვერცხლი და პლატინა), ლითონის ოქსიდები (როგორცაა ტიტანის დიოქსიდი და თუთიის ოქსიდი), ნახევარგამტარები (როგორცაა სილიციუმი და კვანტური წერტილები), პოლიმერები, ნახშირბადზე დაფუძნებული მასალები. (როგორც გრაფენი და ნახშირბადის ნანომილები) და კერამიკა. ერთმანეთისგან არჩევენ ორგანულ და არაორგანულ ნანონაწილაკებს. მათგან ორგანულს მიეკუთვნება: დენდრიმერები, ლიპოსომები და პოლიმერული ნანონაწილაკები, ხოლო არაორგანულს ფულერენი, კვანტური წერტილები, ოქროს ნანონაწილაკები.

ორგანული და არაორგანული ნანონაწილაკები რომ შევადაროთ ერთმანეთს : ორგანული ნანონაწილაკები - შედგება პროტეინების, კარბოჰიდრატებით, ლიპიდებით, პოლიმერებით ან ნებისმიერი ორგანული სტრუქტურებით. მისი ყველაზე უფრო თვალსაჩინო მაგალითია დენდრიმერები, ლიპოსომები, მიცელები და ცილოვანი კომპლექსები (ფერიტინი), როგორც წესი ზემოთ ჩამოთვლილი ნანონაწილაკები არატოქსიკური და ბიოდეგრადირებადია. ისინი სენსიტიურები არიან თერმული და ელექტრომაგნიტური რადიაციის - სითბოსა და სინათლის მიმართ



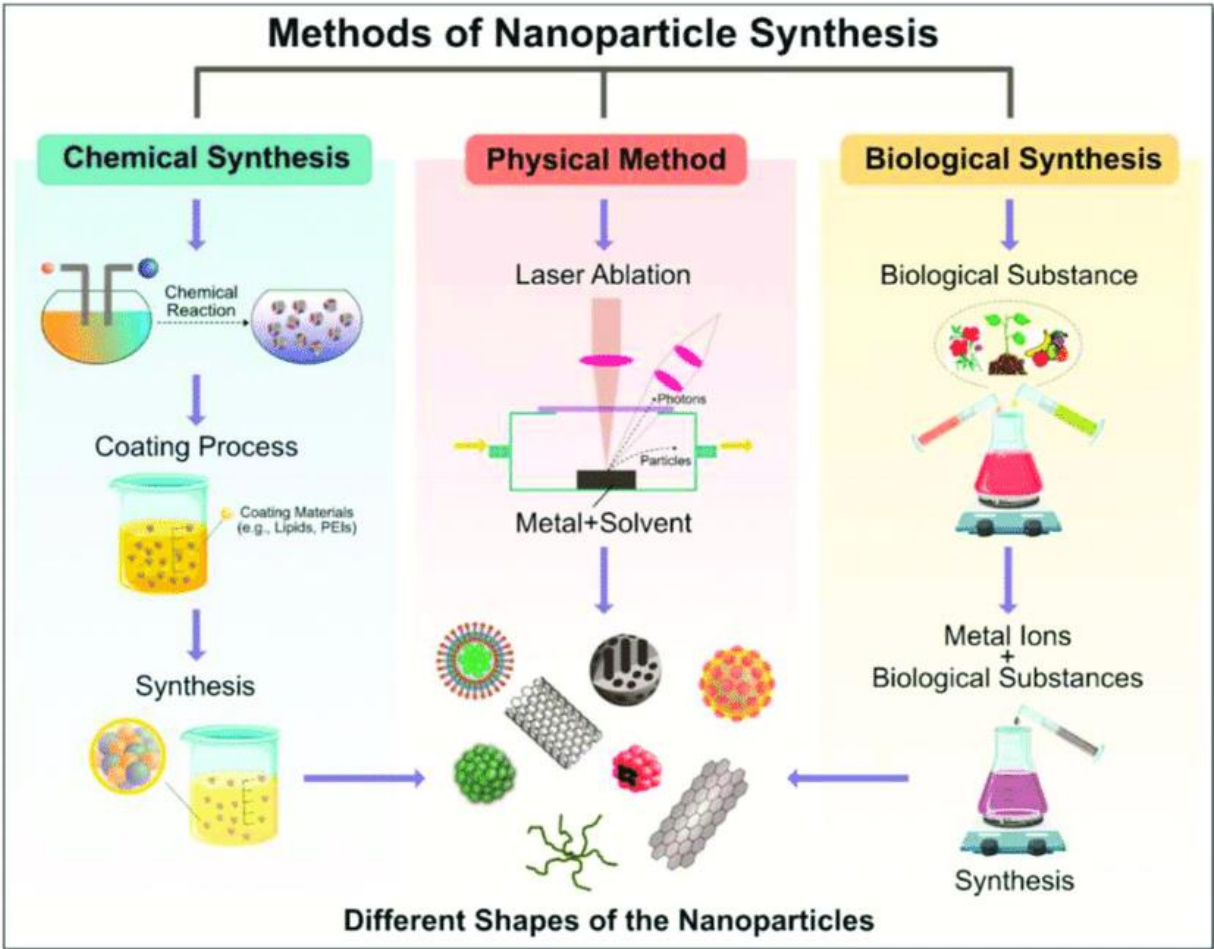
სურ.1 ორგანული და არაორგანული ნანონაწილაკები

ორგანული ნანონაწილაკები მრავალი სამრეწველო პროდუქტის მნიშვნელოვანი ნაწილია, რომელიც გვხვდება საკვებსა და კოსმეტიკაში.

არაორგანული ნანონაწილაკები - ეს კლასი მოიცავს ნანონაწილაკებს, რომლებიც არ არის დამზადებული ნახშირბადის ან ორგანული მასალებისგან. მაგალითად ლითონის, კერამიკის, ნახევარგამტარების ნანონაწილაკები. ლითონის ნანონაწილაკები შეიძლება იყოს მონომეტალური, ბიმეტალური, პოლიმეტალური. არაორგანული ნანონაწილაკები ჩვეულებრივ ქმნიან სამგანზომილებიან სტრუქტურას ლითონებთან შეთანხმებული კავშირით. არაორგანული ნანონაწილაკები ჩვეულებრივ წარმოიქმნება მარილების დალექვის შედეგად. ატომებს შორის კავშირი შეიძლება იყოს სხვადასხვაგვარი : კოვალენტური, მეტალის და ა.შ მაგრამ ნებისმიერ შემთხვევაში, არაორგანული სტრუქტურა შექმნის სამგანზომილებიან განლაგებას მასთან დაკავშირებულ ატომებთან მიმართებაში.

1.3 ნანონაწილაკების სინთეზი

ნანონაწილაკების სინთეზირების სხვადასხვა ტექნიკა არსებობს, თითოეული მორგებულია კონკრეტული ზომის, ფორმისა და კომპოზიციის ნანონაწილაკების წარმოებისთვის. ეს მეთოდები მოიცავს ქიმიურ სინთეზს, ფიზიკურ მეთოდებს, ბიოლოგიურ სინთეზს და ქვემოდან ზევით მიდგომებს, როგორცაა თვითშეკრება. ქიმიური სინთეზი, რომელიც მოიცავს შემცირების ან ნალექების რეაქციებს, არის ერთ-ერთი ყველაზე ხშირად გამოყენებული ტექნიკა ნანონაწილაკების წარმოებისთვის მათ თვისებებზე ზუსტი კონტროლით.



1.4 ნანონაწილაკების თვისებები

ნანონაწილაკების ზედაპირი გადამწყვეტ როლს თამაშობს მათი ქცევისა და მიმდებარე გარემოსთან ურთიერთქმედების განსაზღვრაში. ზედაპირის მოდიფიკაციები, როგორცაა ფუნქციონალიზაცია ორგანული მოლეკულებით ან საფარებით, შეიძლება მორგებული იყოს ისეთი თვისებების გასაკონტროლებლად, როგორცაა სტაბილურობა, ხსნადობა და ბიოთავსებადობა. ზედაპირის ეს ცვლილებები ასევე იძლევა სპეციფიკური ბიომოლეკულების ან სამიზნე ლიგანდების მიმაგრების შესაძლებლობას სპეციფიკურ ორგანოსთან ან უჯრედთან მიტანის შესაძლებლობას.

ნანონაწილაკები ავლენენ ზომაზე დამოკიდებულ თვისებებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ მათი ფიზიკური, ქიმიური და ოპტიკური მახასიათებლები შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს ზომის ცვლილებებით. მაგალითად, ლითონის ნანონაწილაკების ოპტიკური თვისებები, როგორცაა პლაზმური რეზონანსი, ძალიან მგრძნობიარეა ზომისა და ფორმის მიმართ, რაც საშუალებას იძლევა ზუსტი

რეგულირება მოხდეს მათი ოპტიკური თვისებების სხვადასხვა გამოყენებისთვის. ნანონაწილაკებს შეუძლიათ გაიარონ თვითაწყობის პროცესები, სადაც ისინი სპონტანურად ორგანიზებულნი არიან მოწესრიგებულ სტრუქტურებად ეს თვითშეკრება შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა მექანიზმების მეშვეობით, მათ შორის ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედების, ვან დერ ვაალის ძალებისა და წყალბადის კავშირის საშუალებით. ნანონაწილაკების კონტროლირებადი თვითშეკრება გამოიყენება ნანომასალაზე დაფუძნებული მოწყობილობების, სენსორების და ნანოკომპოზიტების წარმოებაში.

1.5 ტოქსიკურება და ბიოთავსებადობა

ნანონაწილაკების მცირე ზომამ და უნიკალურმა თვისებებმა შეიძლება გამოიწვიოს უარყოფითი ეფექტი მათი პოტენციური ტოქსიკურობის გამო ბიოლოგიური სისტემებისთვის. ნანოტოქსიკოლოგიაში კვლევა მიზნად ისახავს ნანონაწილაკებსა და ცოცხალ ორგანიზმებს შორის ურთიერთქმედების გაგებას, მათ შორის მათი შეთვისების, განაწილებისა და ბიოლოგიური ეფექტების ჩათვლით. ნანონაწილაკების ბიოთავსებადობისა და უსაფრთხოების გაუმჯობესების სტრატეგიები მოიცავს ზედაპირის მოდიფიკაციას, კაფსულაციას და ბიოდეგრადირებადი მასალების გამოყენებას. ნანოტექნოლოგიის სფეროს პროგრესირებასთან ერთად, იზრდება რეგულირებისა და სტანდარტიზაციის საჭიროება ნანონაწილაკების უსაფრთხო და პასუხისმგებელი განვითარებისა და გამოყენების უზრუნველსაყოფად. მარეგულირებელი სააგენტოები მთელს მსოფლიოში აქტიურად მუშაობენ ნანონაწილაკების წარმოების, დამუშავებისა და განადგურების სახელმძღვანელო მითითებების დადგენისთვის, ასევე მათი პოტენციური რისკები შესაფასებლად ადამიანის ჯანმრთელობისთვის და გარემოსთვის.

1.6 ნანონაწილაკების გამოყენების სფეროები

მედიცინა: ნანონაწილაკები გამოიყენება წამლების მიწოდების სისტემებში თერაპიული აგენტების ეფექტურობისა და მიზნობრიობის გასაზრდელად, სამედიცინო ვიზუალიზაციაში (როგორცაა კონტრასტული აგენტები MRI და CT სკანირებისთვის) და დიაგნოსტიკაში (როგორცაა ბიოსენსორები).

ელექტრონიკა: ნანონაწილაკები გამოიყენება ელექტრონულ მოწყობილობებში მათი ნახევარგამტარული თვისებების გამო, აგრეთვე გამჭვირვალე გამტარ ფილმებში და კვანტური წერტილების ჩვენებებში.

კატალიზი: ნანონაწილაკები ემსახურება მაღალეფექტურ კატალიზატორებს სხვადასხვა ქიმიური რეაქციებისათვის მათი დიდი ზედაპირისა და ზედაპირის უნიკალური თვისებების გამო.

გარემოს აღდგენა: ნანონაწილაკები გამოიყენება ჩამდინარე წყლების გაწმენდაში, ჰაერის გაწმენდაში და დაბინძურებული ნიადაგის რემედიაციაში, დამაბინძურებლების აღსორბციის ან დეგრადაციის უნარის გამო.

ენერჯის წარმოება: ნანონაწილაკები გამოიყენება მზის ბატარეებში ენერჯის გარდაქმნის ეფექტურობისა და შენახვის შესაძლებლობების გასაუმჯობესებლად.

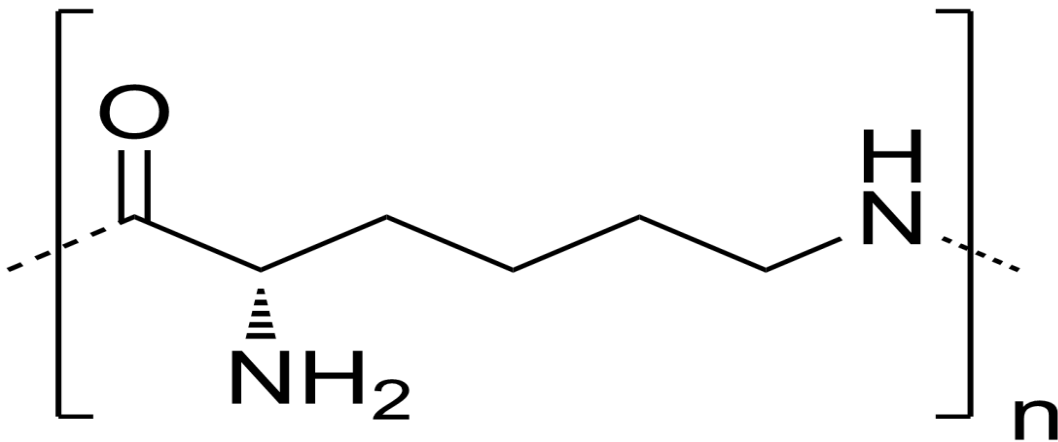
ჯანმრთელობა და უსაფრთხოება: მათი მცირე ზომისა და მაღალი ზედაპირის გამო, ნანონაწილაკებს შეუძლიათ ბიოლოგიურ სისტემებთან ურთიერთქმედება ისე, როგორც დიდ ნაწილაკებს არ შეუძლიათ. შესაბამისად, მიმდინარეობს კვლევები ნანონაწილაკების პოტენციურ ჯანმრთელობასა და გარემოზე ზემოქმედებაზე, ისევე როგორც მცდელობები, შემუშავდეს უსაფრთხო დამუშავების პრაქტიკა და მათი გამოყენების რეგულაციები.

ნანონაწილაკები რევოლუციას ახდენს მრავალ ინდუსტრიაში და მოსალოდნელია, რომ მომავალშიც გააგრძელებენ მნიშვნელოვან როლს ტექნოლოგიურ წინსვლაში. თუმცა, მათი ფართოდ მიღება ასევე მოითხოვს მათი პოტენციური რისკებისა და ეთიკური შედეგების გულდასმით განხილვას. ნანონაწილაკები განაგრძობენ ინოვაციური საშუალებების შთაგონებას სხვადასხვა სფეროში. მაგალითად, სოფლის მეურნეობის სფეროში ნანონაწილაკებს იკვლევენ მოსავლის დაცვის, საკვები ნივთიერებების მიწოდებისა და ნიადაგის აღდგენის მიზნით. ენერჯის შენახვაში, ნანონაწილაკებზე დაფუძნებული მასალები დაპირებაა ბატარეებისა და სუპერკონდენსატორების მუშაობისა და გამძლეობის გასაუმჯობესებლად. გარდა ამისა, ნანომედიცინაში მიღწევები იწვევს პერსონალიზებული თერაპიის, წამლების მიწოდების მიზანმიმართული სისტემების და დიაგნოსტიკური ხელსაწყოების განვითარებას გაძლიერებული მგრძობელობითა და სპეციფიკით.

ნანონაწილაკების კვლევის სამომავლო მიმართულებები მოიცავს ახალი აპლიკაციების შესწავლას, როგორცაა ნანომედიცინა, ნანოელექტრონიკა და ნანოკომპოზიტები, რათა გამოიყენონ ნანონაწილაკების სრული პოტენციალი. გამოწვევები და მომავალი მიმართულებები: მიუხედავად მათი პერსპექტიული გამოყენებისა, ნანონაწილაკები ასევე წარმოადგენენ გამოწვევებს, რომლებიც დაკავშირებულია მათ ტოქსიკურობასთან, გარემოზე ზემოქმედებასთან და სინთეზის მეთოდების მასშტაბურობასთან. ამ გამოწვევების გადაჭრა მოითხოვს ინტერდისციპლინურ კვლევით ძალისხმევას, რომელიც მიზნად ისახავს ნანონაწილაკებსა და ბიოლოგიურ სისტემებს შორის ურთიერთქმედების გაგებას, მდგრადი სინთეზის მარშრუტების შემუშავებას და მარეგულირებელ შესაბამისობის უზრუნველყოფას

მთლიანობაში, ნანონაწილაკები წარმოადგენს სამეცნიერო კვლევის საზღვარს, რომელსაც აქვს უზარმაზარი პოტენციალი საზოგადოების წინაშე მდგარი ზოგიერთი ყველაზე მწვავე გამოწვევის გადასაჭრელად, ჯანდაცვისა და ენერგიიდან დაწყებული გარემოს მდგრადობამდე. მეცნიერებს, ინჟინრებს, მარეგულირებლებსა და დაინტერესებულ მხარეებს შორის. უწყვეტი კვლევა და თანამშრომლობა არსებითი იქნება ნანოტექნოლოგიის სრული სარგებელის გამოსავლენად, მისი პასუხისმგებლიანი და ეთიკური გამოყენების უზრუნველსაყოფად.

თავი II. პოლილიზინის ნანონაწილაკები



პოლილიზინი $((C_6H_{12}N_2O)_n)$, რომელიც ასევე ცნობილია როგორც პოლი-ლიზინი, არის სინთეზური ნაერთი, რომელიც შედგება მრავალი ლიზინის ამინომჟავისგან, რომლებიც დაკავშირებულია ჯაჭვში. ლიზინი არის 20 სტანდარტული ამინომჟავიდან ერთ-ერთი, რომელიც წარმოადგენს ცილების სამშენებლო ბლოკებს, და შესაბამისად, უსაფრთხოა ჯანმრთელობისთვის როგორც წამლის გადამტანი სისტემა. პოლილიზინს აქვს რამდენიმე გამოყენება სხვადასხვა სფეროში:

ბიოსამედიცინო: პოლილიზინი ჩვეულებრივ გამოიყენება უჯრედების კულტურასა და ქსოვილების ინჟინერიაში. მისი დადებითი მუხტი საშუალებას აძლევს მას ძლიერად დაუკავშირდეს უარყოფითად დამუხტულ ზედაპირები, როგორცაა უჯრედის მემბრანები და ქსოვილის კულტურები. ეს თვისება გამოიყენება უჯრედების გადაბმისა და ზრდისთვის *in vitro* წამლის მიწოდებისას. პოლილიზინი შეიძლება იყოს კონიუგირებული წამლებთან ან სხვა თერაპიულ მოლეკულებთან, რათა გააძლიეროს მათი მიწოდება სამიზნე უჯრედებში ან ქსოვილებში.

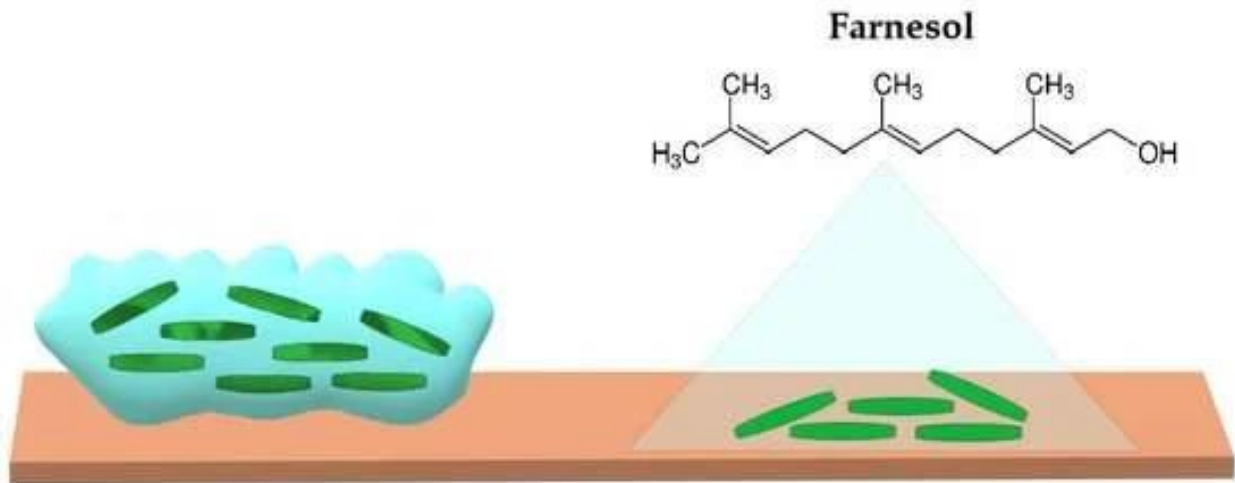
პოლილიზინის ურთიერთქმედების უნარი უჯრედულ მემბრანებთან, შეიძლება დაეხმაროს წამლით დატვირთული პოლილიზინის ნანონაწილაკების კონიუგატების უჯრედებში ინტერნალიზებას.

გენის მიწოდება: პოლილიზინის ნანონაწილაკები ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც გენის მიწოდების სისტემა. მას შეუძლია შექმნას კომპლექსები დნმ-ის ან რნმ-ის მოლეკულებთან, იცავს მათ დეგრადაციისგან და ხელს უწყობს უჯრედების მიერ მათ ათვისებას. პოლილიზინზე დაფუძნებული ვექტორები გამოიყენება გენური თერაპიისა და გენის რედაქტირებისთვის.

ანტიმიკრობული საფარი: კათიონური ბუნების გამო, პოლილიზინს აქვს ანტიმიკრობული თვისებები. ის შეიძლება ჩაერთოს სამედიცინო მოწყობილობების, საკვების შეფუთვისა და სხვა ზედაპირების საფარებში ბაქტერიების და სხვა მიკროორგანიზმების ზრდის შესაჩერებლად.

ბიოპოლიმერების წარმოება: პოლილიზინი შეიძლება იყოს წინამორბედი სხვა ბიოპოლიმერების ან სპეციფიკური თვისებების მქონე ფუნქციური მასალების სინთეზისთვის. მისი მოდიფიცირება ან ჯვარედინი დაკავშირება შესაძლებელია სხვადასხვა აპლიკაციისთვის სასურველი მახასიათებლების მქონე მასალების შესაქმნელად. დროზე დამოკიდებული წამლის გამოთავისუფლების, შეკავშირების და ინტერნალიზების უნარისა და ციტოტოქსიური ბუნების *in vitro* ანალიზმა აჩვენა, რომ წამლის მიწოდების ეს სისტემა (DDS) არის ძალიან ეფექტური. ეფექტურობის ანალიზმა არაჭარბი დიაბეტური/მძიმე კომბინირებული იმუნოდეფიციტის (NOD-SCID) მქონე თაგვების გამოყენებით ასევე აჩვენა, რომ საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით, DDS-ს შეუძლია ეფექტურად შეამციროს სიმსივნის მოცულობა. როგორც ჩანს, თაგვები, რომლებმაც მიიღეს DDS, უფრო სწრაფად იმატებენ წონაში რაც იმაზე მეტყველებს, რომ დენდრიმერს თაგვები უფრო ადვილად იტანენ, ვიდრე სხვა პრეპარატებს. ეს პოლიმერი ასევე გამოიყენება წამლების მიწოდების სისტემებში და როგორც სტაბილიზატორი სხვადასხვა ბიოქიმიურ გამოყენებაში.

2.1 ფარნესოლი

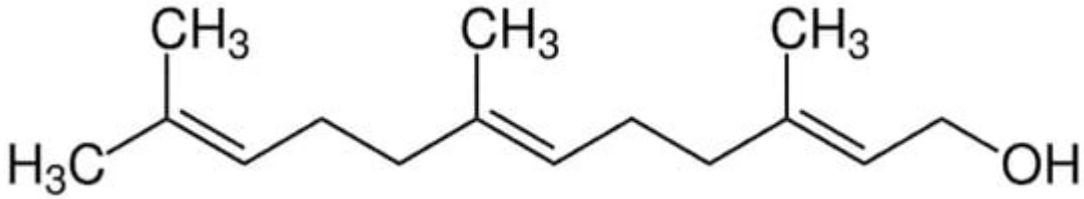


ქიმიურად, ფარნესოლი ($C_{15}H_{26}O$) არის აციკლური სესკვიტერპენის ალკოჰოლი. ენდოგენურად სინთეზირებული ერგოსტეროლის გზის მეშვეობით, რომელიც გვხვდება მიკრობული, მცენარეული და ძუძუმწოვრების უჯრედებში. ეს ნაერთი სხვადასხვა მცენარეული ეთერზეთების ძირითადი კომპონენტია, მაგალითად, ხეობის შროშანა (*Convallaria majalis*), ციტრუსი (*Citrus* sp.) და მუსკატის კაკალში (*Myristica fragrans*). ძუძუმწოვრების უჯრედებში FOH არის ძირითადი შუალედური ქოლესტერინის დე ნოვო სინთეზში [10]. ფარნესოლი, ბუნებრივი გარემოსთვის არატოქსიკური, შეიძლება იყოს ძალიან საინტერესო ალტერნატივა ანტიბიოტიკებით მკურნალობისთვის, რომლებიც ხშირად არაეფექტურია და იწვევს მიკრობული რეზისტენტობის გაზრდას.

- ის ჩვეულებრივ გვხვდება ეთერზეთებში, როგორცაა ციტრონელას ზეთი და ცნობილია სასიამოვნო ყვავილოვანი არომატით.

- ეს ნაერთი ასევე გამოკვლეულია მისი პოტენციური გამოყენებისთვის სუნამოების ინდუსტრიაში და როგორც არომატიზატორი.

წყალში მისი უხსნადობა ყველაზე დიდი დაბრკოლებაა მისი გამოყენებისთვის ბაქტერიული ბიოფილმების სამკურნალოდ, რადგან ის ამცირებს ბიოშედქვალობას. ბოლო დროს, მზარდი ინტერესი ფარნესოლის ინკაფსულაციის ან პოლიმერული მასალებში დატვირთვის მიმართ შეიძლება აღინიშნოს აქტიური მაკრომოლეკულური სისტემების ხანგრძლივი მოქმედების გამო.



ბიოფილმები იგივე ბაქტერიული კოლონიები არის ბაქტერიული საზოგადოებები, რომლებიც იცავს ცოცხალ ან არაცოცხალ ზედაპირებს და სტრუქტურირებულია დამცავი უჯრედული პოლიმერიზებული ნივთიერებით. მიკროორგანიზმების მიერ ბიოფილმის წარმოქმნა არის რთული ფენომენი, რომელიც მათ საშუალებას აძლევს იცხოვრონ არახელსაყრელ გარემოში. ბიოფილმის ინფექციები შეადგენს ყველა ინფექციის 65% ან მეტს, მათ შორის ინსტრუმენტებთან დაკავშირებულ ინფექციებს, ქრონიკულ ინფექციებს, ან კანისა და რბილი ქსოვილების ინფექციებს. ბიოფილმები, რომლებიც ფარავს როგორც აბიოტურ, ისე ბიოტურ ზედაპირებს, უზრუნველყოფს დამცავ გარემოს პათოგენური ბაქტერიების და სოკოების ეფექტური ზრდისთვის. ფარნესოლი ძალიან საინტერესო ალტერნატივაა სადეზინფექციო/ანტიბიოტიკებით მკურნალობისთვის. განსაკუთრებით საინტერესოა ახალი ანტიმიკრობული სისტემები, რომლებიც აღმოფხვრის მულტიბიოტიკების მიმართ რეზისტენტულ ბიოფილმებს. მიკროორგანიზმებში ფარნესოლი ცნობილია, როგორც კვორუმის აღმძვრელი მოლეკულა, რომელსაც შეუძლია მნიშვნელოვნად გაზარდოს უჯრედგარე პოლიმერული ნივთიერებების წარმოება პოლისაქარიდების ბიოსინთეზის ხელშეწყობის გზით. მიუხედავად იმისა, რომ ტერპენოიდი მნიშვნელოვანი ბიოაქტიური აგენტია, ამ ნაერთის პირდაპირი ბიოგამოყენება შეზღუდულია წყალში მისი უხსნადობით. ეთერზეთების ნანონკაფსულაცია ნანოსტრუქტურულ სისტემებში იქნა გამოყენებული მათი ქიმიური არასტაბილურობის დასაძლევად და მათი ბიოშეღწევადობის გასაუმჯობესებლად კონტროლირებადი გამოშვების პირობებში. სოწედ ამ მიზნით ვატარებდით ჩვენც ცდებს, რომ გვენახა ამ პრეპარატის ფიზიკური თვისებები და შეგვესწავლა ის. ჩვენ გვინტერესებდა მაგალითად ჩვენი პრეპარატი 20-25 °C დაიშლებოდა ან სტრუქტურას შეიცვლიდა ესეიგი ის არაეფექტურია, ადამინის ორგანიზმში ხომ 36-37 გრადუსია. ამ მიდგომამ ასევე შეიძლება გააუმჯობესოს ფარნესოლის ურთიერთქმედება პლანქტონურ უჯრედებთან, წყლის სისტემებში მისი უკეთესი დისპერსიის გამო. ფარნესოლი, როგორც დამხმარე საშუალება, აძლიერებს თერაპიის ეფექტურობას სხვა პრეპარატების მიმართ. პოლიმერული სისტემები, რომლებიც შეიცავს ტერპენოიდულ ალკოჰოლს, ასევე პერსპექტიული გამოსავალია კანის რეპარაციული თერაპიისთვის, რომელიც ავლენს არა მხოლოდ ანტიბიოფილმის თვისებებს და რეპარაციულ ეფექტებს, არამედ ასევე UVB სკრინინგს. მიუხედავად იმისა, რომ მაკრომოლეკულურ მასალებზე დაფუძნებული

წამლების მიწოდების სისტემამ შეიძლება შესთავაზოს მრავალი პრობლემის გადაჭრა და თერაპიული ეფექტის მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება, ასევე საჭიროა ცოდნა ამ მეთოდების შეზღუდვებზე.

თავი III. ფაზური გადასვლები

ფიზიკაში ფაზური გადასვლები ეხება მატერიის მდგომარეობის ცვლილებებს, რომლებიც ხდება გარე პირობების ცვალებადობის საპასუხოდ, როგორცაა ტემპერატურა, წნევა ან მაგნიტური ველი. ეს გადასვლები გულისხმობს ნივთიერების ფიზიკურ თვისებებში მკვეთრ ცვლილებებს, როგორცაა მისი სიმკვრივე, სპეციფიკური სითბოს სიმძლავრე ან მაგნიტური მგრძობელობა.

აქ არის ფაზის გადასვლის ძირითადი ტიპები:

მყარი თხევადი (დნობა): ეს გადასვლა ხდება მაშინ, როდესაც მყარი ნივთიერება შთანთქავს საკმარის თერმულ ენერგიას, რათა გადალახოს მიზიდულობის ძალები, რომლებიც აკავებენ მის ნაწილაკებს ფიქსირებულ, მოწესრიგებულ განლაგებაში. ნივთიერება გარდაიქმნება სითხეში, სადაც ნაწილაკებს მეტი თავისუფლება აქვთ გადაადგილებისთვის.

სითხე გაზამდე (აორთქლება): როდესაც სითხე შთანთქავს საკმარის თერმულ ენერგიას, მისი ნაწილაკები იძენენ საკმარის კინეტიკურ ენერგიას, რათა გათავისუფლდნენ მოლეკულური ძალებისგან და გაიქცნენ აირისებრ ფაზაში. ეს გადასვლა შეიძლება მოხდეს თანდათანობით (აორთქლება) ან სწრაფად (ადუღება).

მყარი გაზზე (სუბლიმაცია): სუბლიმაცია ხდება მაშინ, როდესაც მყარი ნივთიერება გვერდს უვლის თხევად ფაზას და პირდაპირ გარდაიქმნება გაზად ტემპერატურისა და წნევის სპეციფიკურ პირობებში. მშრალი ყინული (მყარი ნახშირორჟანგი) სუბლიმაცია ნახშირორჟანგის გაზად არის ჩვეულებრივი მაგალითი.

გაზი სითხეში (კონდენსაცია): კონდენსაცია არის აორთქლების საპირისპირო. ეს ხდება მაშინ, როდესაც გაზი კარგავს თერმულ ენერგიას, რის შედეგადაც მისი

ნაწილაკები შენელები და ერთმანეთს ქმნიან სითხეს. ეს პროცესი ხშირად ხდება, როდესაც თბილი, ნოტიო ჰაერი კლებულობს, რაც იწვევს წვეთების წარმოქმნას (მაგ., ნამი, ღრუბლები).

თხევადი მყარ მდგომარეობაში (გაყინვა ან გამაგრება): გაყინვა არის ფაზური გადასვლა თხევადიდან მყარ მდგომარეობაში. როდესაც სითხე კარგავს საკმარის თერმულ ენერგიას, მისი ნაწილაკები კარგავენ კინეტიკურ ენერგიას და მათი მოძრაობა იზღუდება, რაც იწვევს მყარი სტრუქტურის ფორმირებას.

გაზი პლაზმაში (იონიზაცია): იონიზაცია ხდება, როდესაც აირი თბება უკიდურესად მაღალ ტემპერატურაზე, რის შედეგადაც მისი ატომები კარგავენ ელექტრონებს და წარმოქმნიან პლაზმას - მატერიის მდგომარეობას, რომელიც შედგება დამუხტული ნაწილაკებისგან (იონები) და თავისუფალი ელექტრონებისაგან. ეს გადასვლა დამახასიათებელია ვარსკვლავებისთვის, ელვისა და გარკვეული ტიპის ცეცხლისთვის.

პლაზმა გაზამდე (დეიონიზაცია): დეიონიზაცია არის იონიზაციის საპირისპირო პროცესი, სადაც პლაზმა რეკომბინირებულია ნეიტრალურ ატომებად და მოლეკულებად, როგორც წესი, გაგრილებით ან ენერგიის შეყვანის შემცირებით.

ფაზური გადასვლის ტემპერატურა - T_m - შეესაბამება გადასვლის შუა წერტილს. ორ მდგომარეობას შორის გადასვლისას განისაზღვრება წერტილი სადაც

$$\Delta G^0 = 0$$

$$\Delta G^0 = 0 = \Delta H - T_m \Delta S \quad (1)$$

$$T_m = \Delta H / \Delta S \quad (2)$$

სადაც G არის გიფსის თავისუფალი ენერგია

გადასვლის ენტალპია - ΔH - სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა გადასვლის განსახორციელებლად გათვლილი ნივთიერების 1 მოლზე ან ერთეულ მასაზე, ხოლო ΔS ენტროპია

ფაზის გადასვლები აუცილებელია მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების სხვადასხვა დარგში, მათ შორის ფიზიკაში, ქიმიაში, მატერიალურ მეცნიერებაში და ინჟინერიაში. ისინი გადაამწყვეტ როლს ასრულებენ მატერიის ქცევის გაგებაში სხვადასხვა პირობებში და ხშირად იყენებენ ისეთ პროგრამებში, როგორცაა გათბობის და გაგრილების სისტემები, წარმოების პროცესები და მატერიის ეგზოტიკური მდგომარეობის შესწავლა.

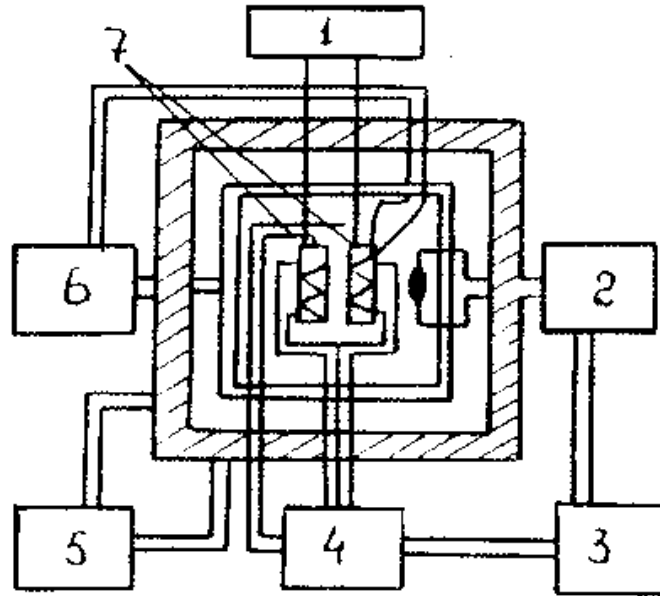
თავი IV . კალორიმეტრიული მეთოდი

მაკრომოლეკულური და პოლიმოლეკულური სტრუქტურები ნატიურ მდგომარეობაში დაფიქსირებულია უამრავი სუსტი კავშირებით, რომლებიც გაცხელებისას და გაციებისას დაახლოებით 200-1300C ინტერვალში განიცდიან კონფორმაციულ და/ან ფაზურ გადასვლებს. შესაბამისად, სითბოტევადობის ცვლილების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მოლეკულის სტრუქტურულ და კონფორმაციულ ცვლილებებზე. ამიტომ იყენებენ კალორიმეტრულ მეთოდს, კერძოდ მაღალ მგრძნობიარე დიფერენციალურ სკანირებად მიკროკალორიმეტრს. დიფერენციალური კალორიმეტრი ზომავს გამხსნელისა და ხსნარის (ნიმუში + გამხსნელი) სითბოტევადობებს შორის სხვაობას გაცხელების უწყვეტ რეჟიმში ფიქსირებულ სიჩქარეზე. განვიხილოთ მისი მოქმედების პრინციპი უფრო დაწვრილებით: დიფერენციალური სკანირებადი კალორიმეტრი შედგება ორი კამერისაგან: მათგან ერთში თავსდება გამხსნელი, მეორეში – გამხსნელისა და გამოსაკვლევი ნივთიერების ნარევი. ვინაიდან კალორიმეტრის კამერები აბსოლუტურად იდენტური ვერ იქნება, გაზომვის სიზუსტისათვის თავდაპირველად კამერებს ავსებენ ერთი და იგივე სტანდარტული სითხით (გამხსნელით) და იწერენ ე.წ. ბაზისურ ხაზს ტემპერატურის საჭირო ინტერვალში. როდესაც იწყება კამერებისათვის სითბოს გადაცემა (ტემპერატურის გაზრდისას), კალორიმეტრის კამერებს შორის ტემპერატურული წონასწორობის შესანარჩუნებლად, ნიმუშის კამერას მიეწოდება ნაკლები ან მეტი სიმძლავრე, იმის და მიხედვით პროცესი ენდოთერმულია, თუ ეგზოთერმულია, ანუ პროცესი სითბოს შთანთქმით მიმდინარეობს თუ გამოყოფით – ამ პრინციპით კალორიმეტრი ათანაბრებს ტემპერატურებს კამერებში. კალორიმეტრი იწერს იმ ელექტრული სიმძლავრის

სიდიდეს, რომელიც მას დასჭირდა გადაეცა ნიმუშის კამერისათვის ტემპერატურული ბალანსის დასამყარებლად. ეს სიდიდე პროპორციულია სითბოტევადობების სხვაობისა კამერებში მოთავსებულ ხსნარებს შორის და წარმოადგენს ტემპერატურის ფუნქციას. ამ ზოგად პრინციპზე დაყრდნობით არსებობს სხვადასხვა ტიპის კალორიმეტრები. ჩვენ ვიყენებთ DAშM 4A (ცხრილი 1) ტიპის მიკროკალორიმეტრს. გარემოსთან სითბოცვლის გამოსარიცხად მისი ორივე კამერა გარშემორტყმულია ადიაბატური გარსით, რომლის ტემპერატურაც კამერების ტემპერატურის ტოლია (ნახ.1,2). ტემპერატურათა თუნდაც მცირე სხვაობას კალორიმეტრი აღმოაჩენს არა მარტო კამერებს შორის, არამედ გარსსა და კამერას შორისაც, ეს კი ააქტივებს გაცხელების მექანიზმს და აღადგენს ტემპერატურულ ბალანსს ზემოთ აღწერილი პრინციპით. ასეთი სისტემა კიდევ უფრო ზუსტად იცავს ტემპერატურული წონასწორობას. კალიბრებისთვის ერთ-ერთი კამერა აღჭურვილია დამატებითი ელექტრული გამაცხელებლით. ასეთი კალორიმეტრის სიზუსტე საკმაოდ მაღალია (ცდომილება <0.1%). ეს ნიშნავს, რომ ის შეიძლება გამოვიყენოთ განზავებული ხსნარებისთვის, (<10⁻⁴ M ნიმუში), რაც საჭიროა ჰომოგენურ მაკრომოლეკულებს შორის ურთიერთქმედებების თავიდან ასაცილებლად. ასეთი კალორიმეტრი ასახავს მხოლოდ თერმულად ინდუცირებულ მოვლენებს, რომლებსაც ადგილი აქვს ნიმუშში, და არა სხვა პარამეტრებს, მაგ; კამერების არაიდენტური გათბობა და სხვა. ყველა ზემოთჩამოთვლილი თვისებების გამო საბაზისო ხაზი გამოდის მდგრადი.

სითბოტევადობათა სხვაობის გაზომვა	მაქსიმალურიდან (-0,32ჟ/K+0,32 ჟ/K-მდე) მინიმალურამდე (-0,005 ჟ/K+0.005 ჟ/K-დე)
კამერის ტემპერატურის გაზომვის დიაპაზონი	10-დან 150°C-მდე
ხმაურის დონე 1.0 K/min სიჩქარის დროს	არაუმეტეს 12μ J/K (0.2μW)
ბაზისური ხაზის გადახრა სწორი ხაზიდან 1.0 K/min გახურების სიჩქარის დროს (1.66მჰ)	არაუმეტეს 100μ J/K
საშუალო კვადრატული გადახრა, რომელიც ახასიათებს ბაზისური ხაზის განმეორებადობას ხუთი გადატვირთვისას და 1.0 K/min სიჩქარის დროს	არაუმეტეს 180μ J/K (2μW)
სითბოტევადობათა სხვაობის მაჩვენებლის დაფიქსირების დრო	არაუმეტეს 40sec
ტემპერატურის გაზომვის აბსოლუტური ცდომილება	±0.1°C
კამერების გაცხელების სიჩქარე	0.03; 0.06; 0.125; 0.25; 0.5; 1.00; 2.00; 4 K/min
სიჩქარის დამყარების ფარდობითი ცდომილება	±2%
კამერების მართვადი გაციების სიჩქარე	1.0 და 0.5 K/min
საკვლევი სითხის წნევა	500-დან 600kpa-მდე
კამერის სამუშაო მოცულობა	0,46ml

DASM-4A კალორიმეტრის ტექნიკური მონაცემები



ნახ.1

DASM-4A კალორიმეტრის ბლოკ-სქემა

1. მონოსტატი

2. თერმომეტრი

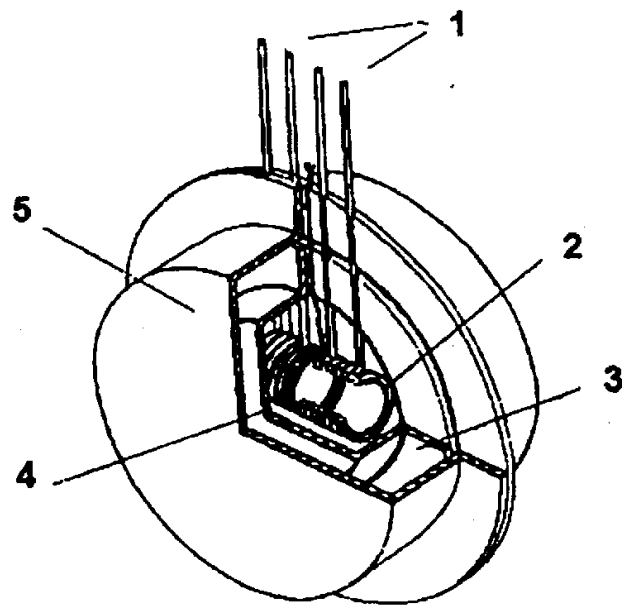
3. თვითმწერი

4. სითბური ეფექტის გამზომი

5. თერმოსტატის თერმორეგულატორი

ადიაბატიზირებული გარსის თერმორეგულატორი

მიკროკალორიმეტრის გამზომი კამერები



ნახ.2

DASM-4A-s კალორიმეტრიული ბლოკი

1-ჩატვირთვის კაპილარები, 2-სპირალური კალორიმეტრული კამერა გამახურებლით. 3-შიდა ადიაბატური გარსი, 4-კამერებს შორის ტემპერატურათა

სხვაობის მზომი, 5-გარე სითბური ეკრანი (რომელიც აღკვეთს მილის გარე ნაწილის გავლენას კამერაზე).

დიფერენციალურ კალორიმეტრთან მუშაობის ერთ-ერთი ყველაზე რთული პრობლემაა კამერების ჩატვირთვა განსაზღვრული, თანაბარი რაოდენობით: კამერებში ნიმუშის რაოდენობის ჩატვირთვის სიზუსტე არ უნდა აღემატებოდეს 10-5-ს. ცხადია, ასეთი სიზუსტის დაცვა ნიმუშების აწონვით შეუძლებელია. გარდა ამისა, არ შეიძლება კამერის ბოლომდე გავსება, რადგან სითხისა და კამერის სითბური გაფართოების კოეფიციენტი სხვადასხვაა. მეორეს მხრივ, თუ კამერაში თავისუფალ მოცულობას დავტოვებთ, მაშინ სითხის გახურებისას ხდება დამატებით ორთქლწარმოქმნა, რაზეც დამატებითი ენერგია იხარჯება. არსებობს კიდევ ერთი პრობლემა: მიუხედავად იმისა, რომ გამხსნელსა და ხსნარის ზევით ორთქლის დრეკადობა მცირედ განსხვავდება, ორთქლის წარმოქმნის დიდი კუთრი სითბოს გამო, სხვაობრივი სითბური ეფექტი შესამჩნევი ხდება. ამიტომ კამერაში არ უნდა დარჩეს ჰაერის ბუშტუკები.

ამ უზუსტობების თავიდან ასაცილებლად, კამერაში ნიმუში შეჰყავთ კაპილარული მილის საშუალებით ისე, რომ ის ავსებს კამერას. გახურების პროცესში კამერაში ბუშტუკების გამოსარიცხად კაპილარული მილების გარე გამოსასვლელებს მოდებული აქვთ ჭარბი წნევა (რამდენიმე ატმ.). რადგან მოდებული წნევა არც ისე დიდია, იგი არ მოქმედებს ხსნარის სითბურ თვისებებზე. სითხეში არსებული აირის წნევასა და ჭარბ წნევას შორის სხვაობას მონოსტატი არეგულირებს. ასე რომ, ხსნარის შესაძლო გაფართოება, აორთქლება ან კონდენსაცია გაზომვის პროცესში გავლენას არ ახდენს კუთრი სითბოტევადობის განსაზღვრაზე (მჩკ).

როგორც ავღნიშნეთ, DAშM-4A კალორიმეტრი დიფერენცირებული ტიპის ხელსაწყოა, ანუ ის ზომავს არა აბსოლუტურ სითბოტევადობებს, არამედ კამერებში მოთავსებულ ხსნარებს შორის სითბოტევადობების სხვაობას. თუ კამერებში მოთავსებული სითხეების სითბური თვისებები განსხვავებულია, მათი ერთნაირი სიჩქრით გაცხელებისას წარმოიშვება კამერათა შორის ტემპერატურული სხვაობა. ეს სხვაობა კამერებს შორის

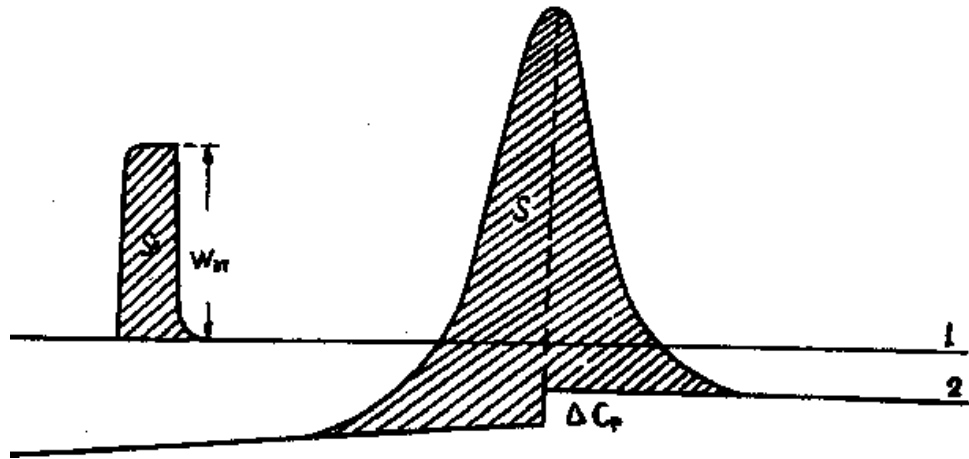
არსებული თერმოწყვილების მიერ გარდაიქმნება ელექტრულ სიგნალად. მას აძლიერებს გამაძლიერებელი და ხვდება გამახურებლის სქემაში. გამახურებლის სქემა ისე არეგულირებს გახურების დენებს, რომ კამერებს შორის ტემპერატურათა

სხვაობა იყოს მინიმალური. მაკომპენსრებელი სიმძლავრის პროპორციული დაბვარევისტირდება ორკოორდინატიანი თვითჩამწერის ორდინატაზე, ხოლო აბსცისაზე ფიქსირდება ტემპერატურა ტემპერატურის ინდიკაციის ბლოკიდან.

ნახ.3-ზე გამოსახულია ტიპიური კალორიმეტრული მრუდი, რომელიც მიიღება ბიოპოლიმერების (ცილების, ნუკლეინის მჟავების და ა.შ) ხსნარების გაცხელებისას. პიკი ქვემოდან შემოსაზღვრულია ნატიური და დენატურირებული ბიოლოგიური სტრუქტურის სითბოტევადობების ექსტრაპოლაციური მნიშვნელობებით. პიკის ქვეშ მოხვედრილი ფართობის მიხედვით შეგვიძლია დავთვალოთ სითბო, რომელიც გამოიყოფა ან შთაინთქმება მაკრომოლეკულების სტრუქტურული დენატურაციის დროს: $Q=K1 \cdot S$, სადაც Q არის სითბოს რაოდენობა (დენატურაციის სითბო), S - პიკის ფართობი, K1 - ჩანაწერის ერთეულოვანი ფართობის ფასი ენერგეტიკულ ერთეულებში. $K1=Wet \cdot t/Set$, W-ეტალონური სიმძლავრე, რომელიც t დროში გადაეცემა ერთერთ კამერას. მრუდის მიხედვით შეგვიძლია დავითვალოთ გახსნილი ნივთიერების პარციალური სითბოტევადობა ნებისმიერ ტემპერატურაზე შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$-\Delta C = [C]_p^p \cdot m_p - [C]_p^s \cdot \Delta m_s,$$

სადაც $[C]_p^p$ და $[C]_p^s$ - გახსნილი ნივთიერების და გამხსნელი ნივთიერებების პარციალური სითბოტევადობებია შესაბამისად. m_p –



ნახ.3

.ტიპიური მაკროკალორიმეტრული ჩანაწერი სითბოშთანთქმის პიკით.

1-საბაზისო ხაზი. 2-ჩანაწერის მრუდი ნიმუშისათვის.

გახსნილი ნივთიერების მასა კამერის სამუშაო მოცულობაში, ხოლო Δm_s – მის მიერ გამოდევნილი გამხსნელის მასა. ცხადია $\Delta m_s = m_p \frac{[V]^p}{[V]^s}$, აქ $[V]^p$ და $[V]^s$ ნიმუშის და ხსნარის პარციალური მოცულობებია შესაბამისად

ბოლო ფორმულის გათვალისწინებით

$$[C]_p^p = [C]_p^s \frac{[V]^p}{[V]^s} - \frac{\Delta C}{m_p},$$

სადაც, $\Delta C = k_2 h$ არის გამხსნელსა და ხსნარს შორის სითბოტევადობების სხვაობა, h – წერტილის გადახრა ბაზისური ხაზიდან ნებისმიერ ტემპერატურაზე, ხოლო k_2 – წრფიდან გადახრის ერთეულის ფასი J/Ksm -ში .

რადგან, $k_2 = W_{et}/V_{let}$, სადაც W - კალიბრული სიმძლავრეა, V - გაცხელების სიჩქარე, l_{et} - საკალიბრო ნიშნის გადახრა, საბოლოოდ მივიღებთ:

$$[C]_p^p = [C]_p^s \frac{[V]^p}{[V]^s} - \frac{W_{et} \cdot h}{V_{let} \cdot m_p},$$

კალორიმეტრულ გაზომვებში ბიოპოლიმერების ტემპერატურული გადასვლის სითბურ ეფექტებს განსაზღვრავს ენტალპიის ცვლილება (ΔH), რომელიც თან ახლავს ამ გადასვლებს :

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p(T) dT$$

სადაც, $C_p(T)$ – სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს, იგი ტემპერატურის ფუნქციაა, ხოლო, T_1, T_2 – ტემპერატურის შუალედი, რომელშიც ტარდება გაზომვები. სითბური დენატურაციის დროს ნატიურიდან დენატურირებულ მდგომარეობაში გადასვლისას ბიოპოლიმერების სითბოტევადობა იცვლება. ამ გადასვლის ენტალპიის ცვლილება გამოითვლება შემდეგი ფორმულით.

$$\Delta H_{den} = \int_{T_1}^{T_2} C_p^d dT - \int_{T_1}^{T_d} C_p^n dT - \int_{T_d}^{T_2} C_p^d dT = \Delta H_d - \int_{T_1}^{T_d} \Delta C_p dT$$

სადაც, ΔH_d – გადასვლის მოლური ენტალპიაა; T_d – გადასვლის ტემპერატურაა (ღლობის პიკის მაქსიმუმი); C_p^n, C_p^d – ბიოპოლიმერების პარციალური სითბოტევადობები ნატიურ და დენატურირებულ მდგომარეობებში შესაბამისად ΔC_p

= $C_p^d - C_p^n$ - პარციალური სითბოტევადობების სხვაობა გადასვლის Tდ ტემპერატურაზე.

თავი V : ცდის შედეგები

ჩვენი ექსპერიმენტების მიზანი იყო, რომ კალორიმეტრიულად და სპექტროფოტემეტრიულად შეგვესწავლა ფარნესოლის და პოლილიზინის შენაერთი. ამ პრეპარატების ფიზიკური თვისებების დადგენა გვეხმარება იმაში თუ რამდენად მდგრადია ეს ნანონაწილაკი ადამიანის ორგანიზმში და რა კონფრომაციებს განიცდის.

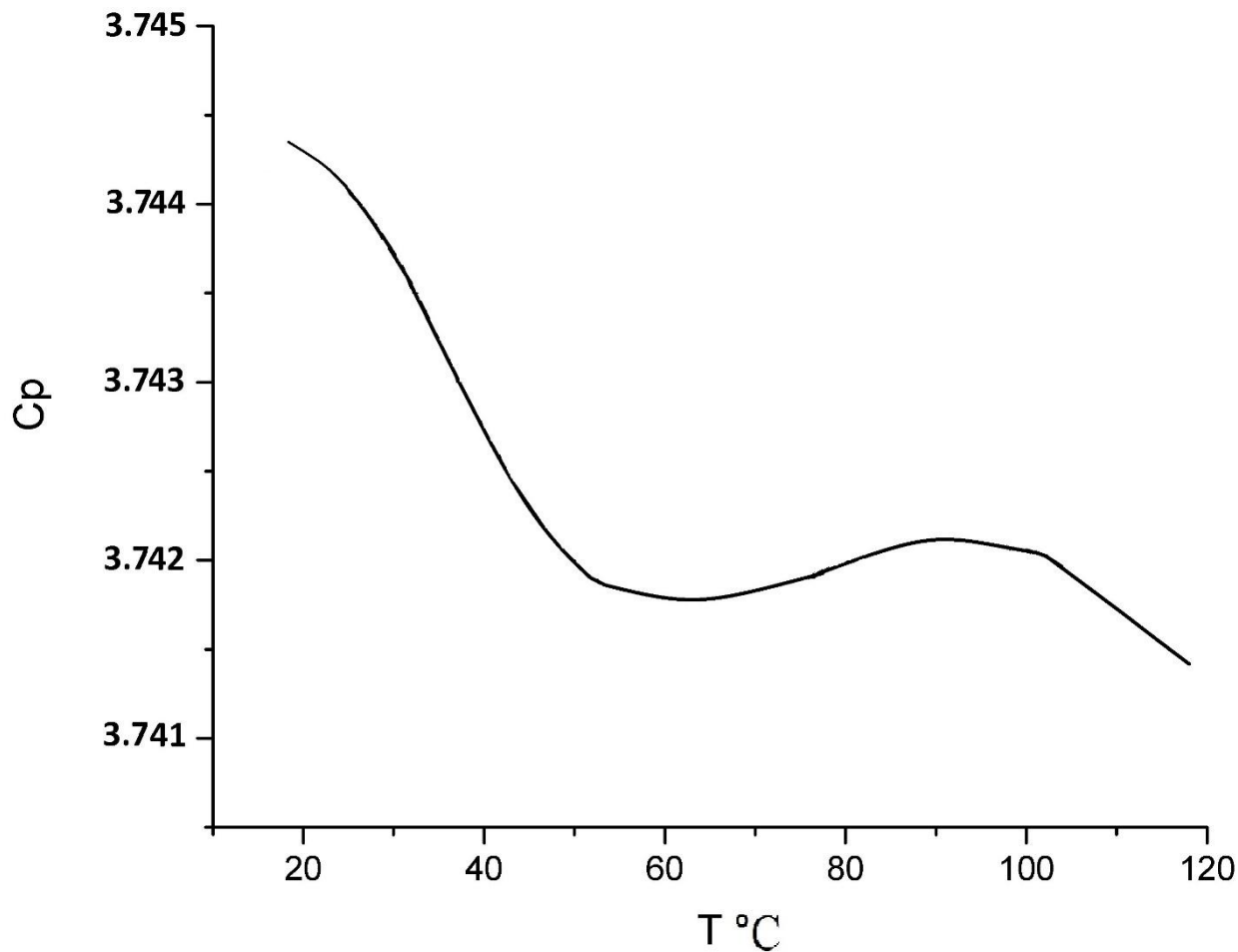
ჩვენ გვქონდა ფარნესოლ -პოლილიზინის შვიდი ნიმუში რომელიც ხსნარში სხვადასხვა პროცენტობით შედიოდა.ნაერთი ხსნარში შედიოდა შესაბამისად 30%, 50% და 100 % .აქ არის მოცემული ნიმუშები, გამხსნელები და მათი თანაბარდობები

- 1 Far-PL30% მეთანოლი
- 2 Far-PL50% მეთანოლი
- 3 Far-PL100% მეთანოლი
- 4 NP-Far-PL30% (ემულსია) წყალი
- 5 NP-Far-PL30% (ნანოპრეციპიტაცია) წყალი
- 6 პოლი-ლიზინი წყალი
- 7 NP-Far-PL100% წყალი

ასევე განსხვავებული იყო მათი მომზადების მეთოდებიც .

ხსნარი მომზადდა ორი გამხსნელით . პირველი გამხსნელი იყო წყალი , ხოლო მეორე გამხსნელი კი მეთანოლი. სანამ

სურ.5.1 ფარნესოლ-პოლილიზინის კალორიმეტრიული მრუდი

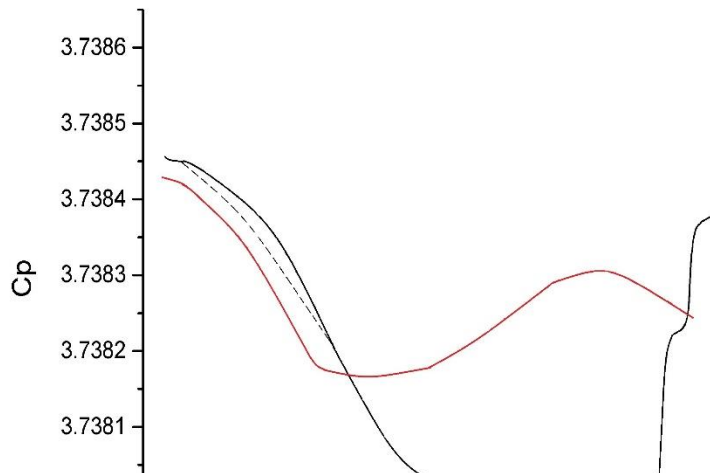


გადავალთ უშუალოდ სხვა ნიმუშებზე ჯერ ვნახოთ ფარნესოლ-პოლილიზინის, გამხსნელის გარეშე, სითბოტევადობების გრაფიკი (სურ.5.1) . აქ კარგად ჩანს რომ ამ ნაერთს ფაზური გადასვლა არ ახასიათებს და ეს ასეც უნდა იყოს , რადგან მისი ლღობის ტემპერატურა 130 °C - ია.

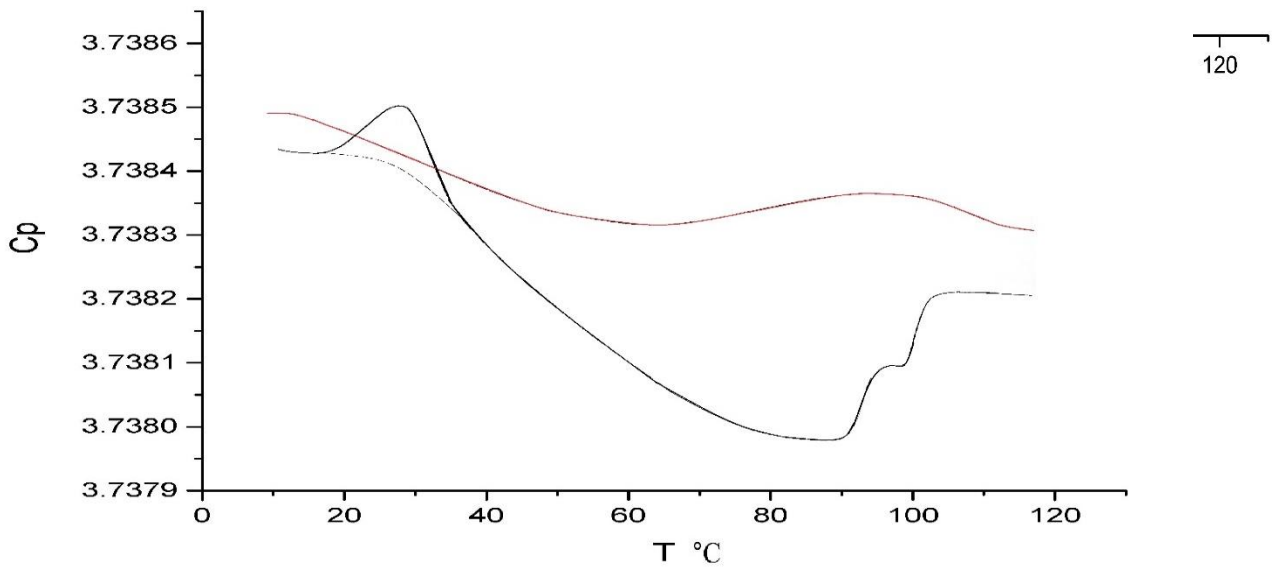
შემდეგ სურათებში , შავი ფერის მრუდები წამრმოადგენენ პირველადი ცდის შედეგებს , ხოლო წითელი ფერის მრუდები უკვე განმეორებითი ცდის შედეგებს ასახავს.

დავიწყით წყალში გახსნილი ნიმუშებიდან ავიღეთ NP-Far-PL30%-იანი ნიმუშები , რომლებიც მომზადებული იყო სხვადასხვა მეთოდით .

პირველი ნიმუში მომზადებული იყო ემულსიით (სურ 5.2), ხოლო მეორე ნანოპრეციტიპაციით(სურ 5.3). ემულსიის მეთოდით მომზადებული ნიმუში 1.05 მილიგრამი გავხსენით ერთ



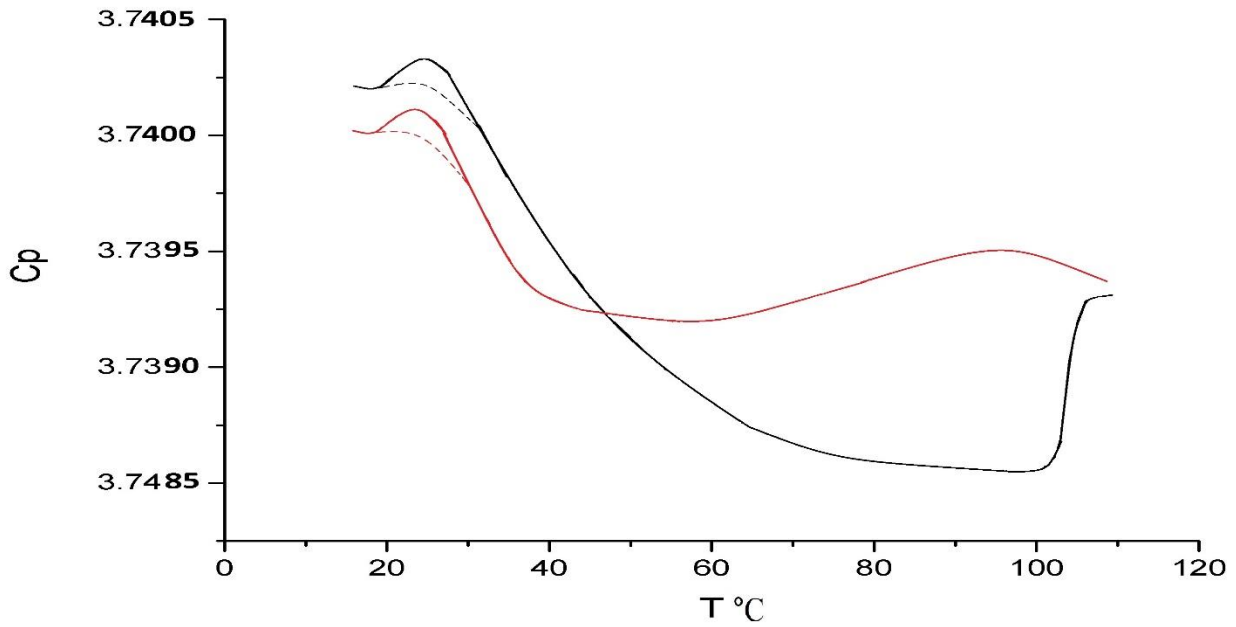
სურ 5.2 Far-PL30%



სურ 5.3 Far-PL30%

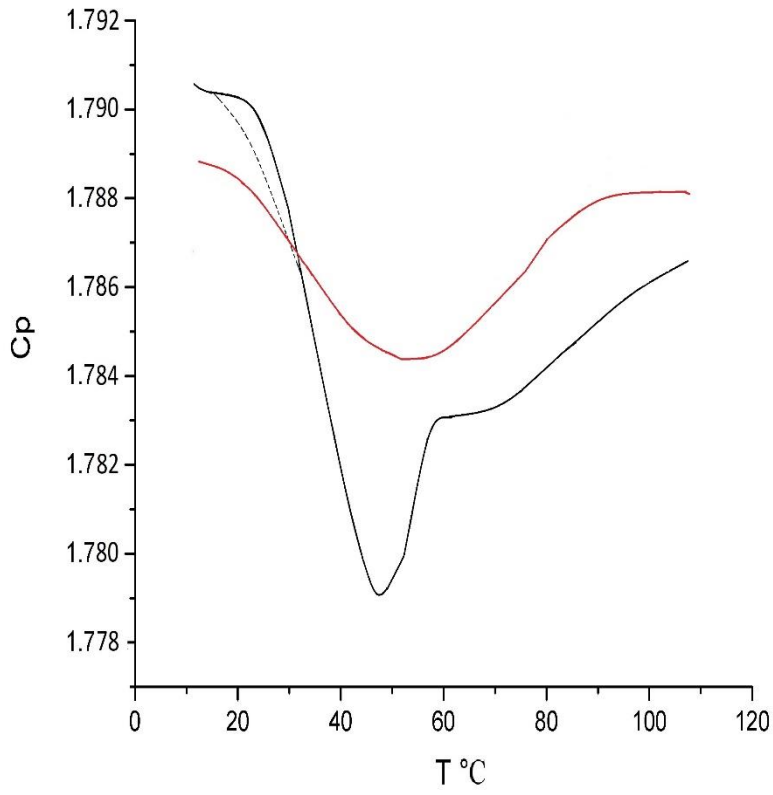
მილილიტრ წყალში , ხოლო მეორე შემთხვევაში 1.3 მილიგრამი ერთ მილილიტრში . სურ. 5.2-დან ჩანს, რომ ემულსიით მომზადებულ ნიმუშში პირველი რიგის ფაზური გადასვლა გაცილებით ნელა მიმდინარეობს , ვიდრე ნანოპრეციტიპაციით მომზადებულ ნიმუშში, რაც ადასტურებს იმას , რომ განსხვავებული მეთოდებით მომზადებულ , ერთი და იგივე მასალის ნანონაწილაკებს , გააჩნიათ განსხვავებული თვისებები.

შემდეგი ნიმუშიც ნანოპრეციტიპაციით არის მომზადებული Far-PL100% . აქ კი ნამდვილად საინტერესო შედეგი მივიღეთ, განმეორებითი ცდის ჩატარების დროს ისევ მივიღეთ პირველი რიგის ფაზური გადასვლა რაც არცერთ სხვა ცდაში არ

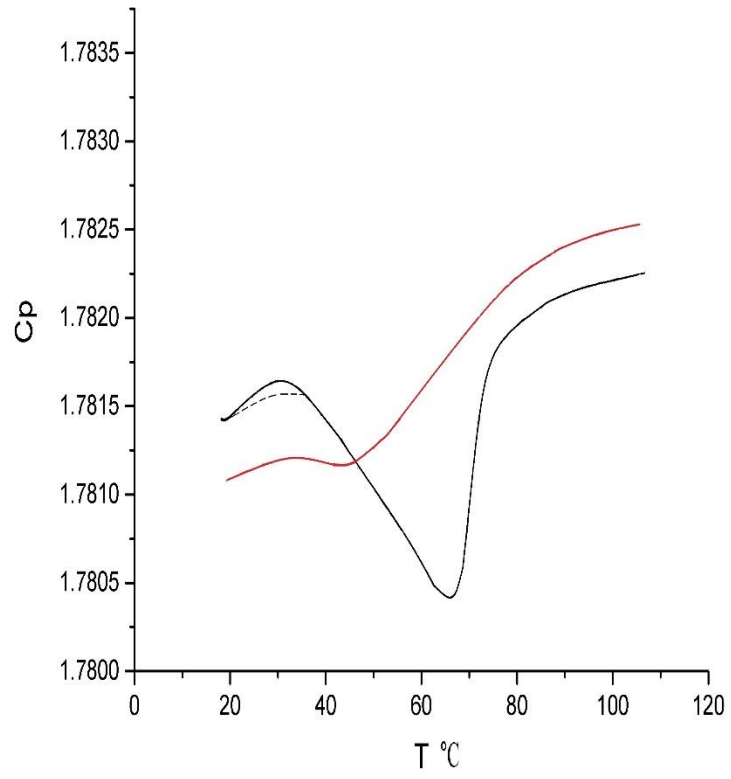


სურ 5.3 Far-PL100%

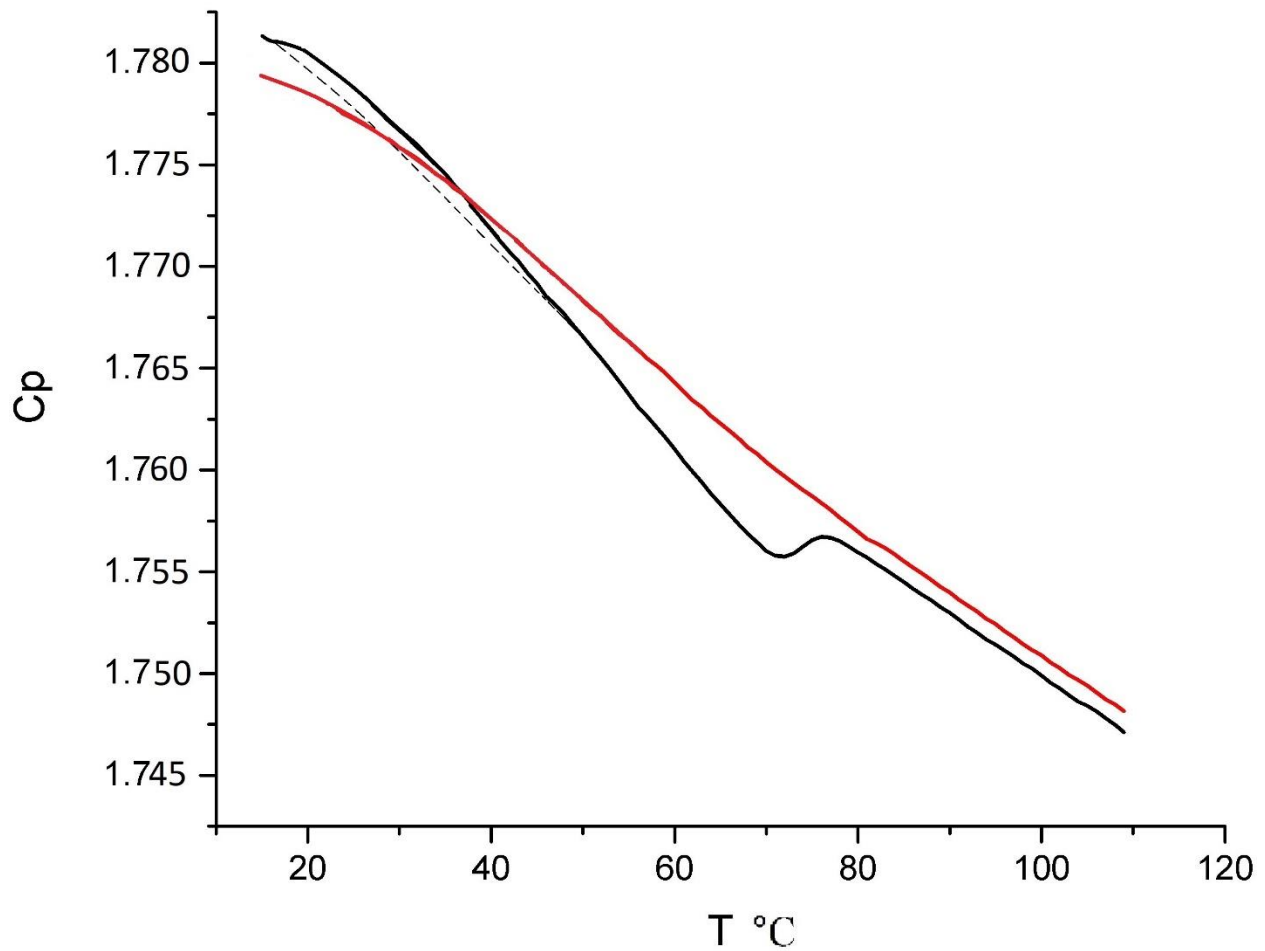
რაც შეეხება მეთანოლში გახსნილ ნიმუშებს . ნიმუშები უნდა გახსნილიყო მეთანოლში , თუმცა აღმოჩნდა რომ კალორიმეტრს არ შეუძლია სუფთა მეთანოლის სითბოტევადობის გამოთვლა, რადგან მეთანოლის სითბოტეხადობა დაახლოებით ოთხჯერ მეტია წყლის სითბოტევადობაზე . ამიტომ მეთანოლი განვაზავეთ წყალთან. ერთ მილილიტრში ავიღეთ 0.6 მილილიტრი მეთანოლი და 0.4 მილილიტრი წყალი . შემდეგ სურათებზე მოცემული არის მიღებული კალორიმეტრიული მრუდები (სურ.5.4, სურ.5.5, სურ .5.6)



სურ 5.4 Far-PL30%



სურ 5.5 Far-PL50%



სურ 5.6 Far-PL100%

ამ გრაფიკებიდან ჩანს რომ რაც უფრო მეტია ნაერთში ფარნესოლის რაოდენობა ,მით უფრო მეტია მეორე რიგის ფაზური გადასვლების ტემპერატურაც . მას შემდეგ, რაც დამთავრდა ნანონაწილაკების თერმული

სრული დენატურაცია და მოხდა ნანონაწილაკების

სტრუქტურის ცვლილებები ნიმუშის გაციებით ,ფიქსირდება

ის გარემოება, რომ დაბალ ტემპერატურაზე გვაქვს

ნატიურთან განსხვავებით სხვა სტრუქტურის

ნანონაწილაკები, რომლის ახლიდან გაცხელებით

პრაქტიკულად აღარ მიიღება არც პირველი და არც მეორე

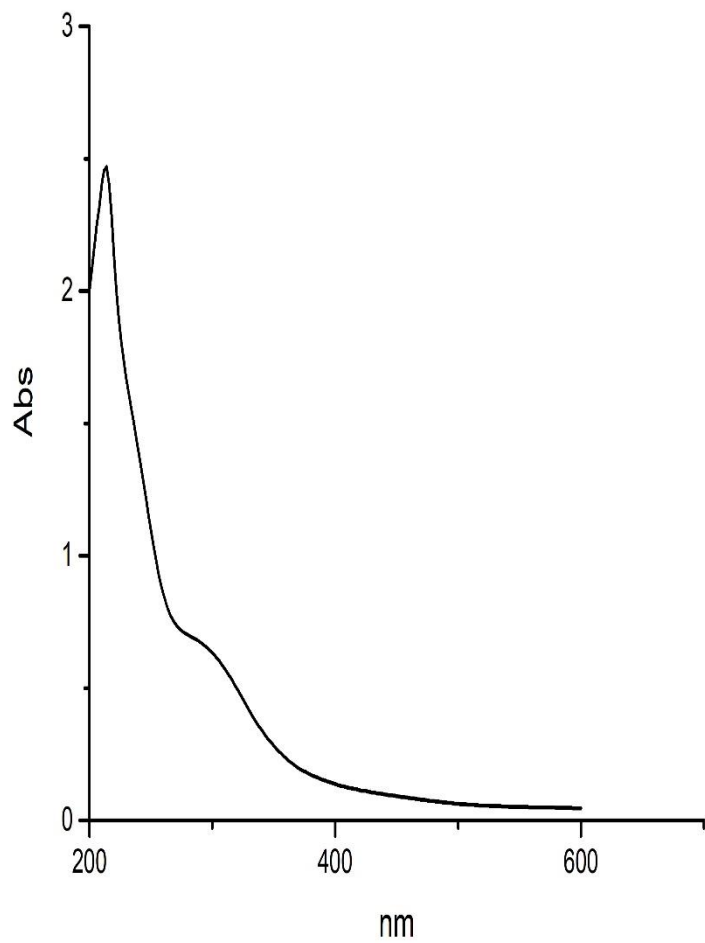
ფაზური გადასვლები.

ცხრილში მოყვანილია ნიმუშები და მათი ფაზური გადასვლების ტემპერატურები

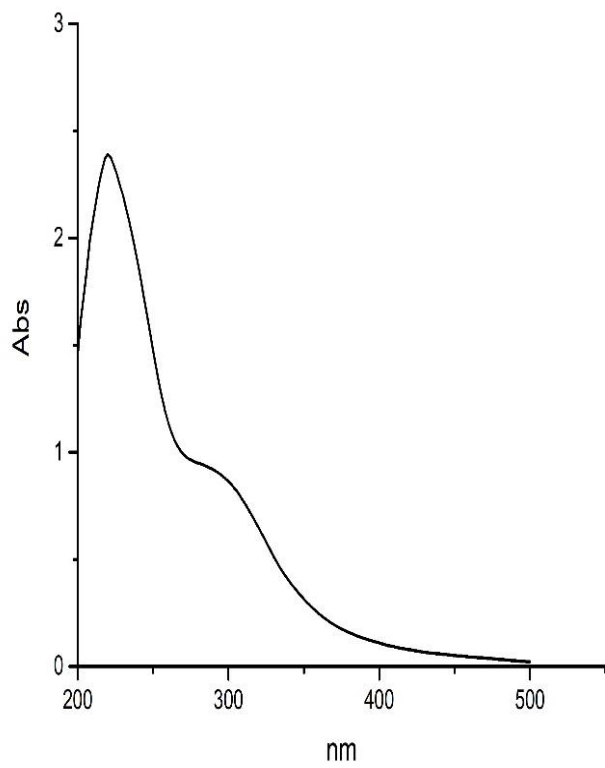
ფაზური გადასვლები →		პირველი რიგი	მეორე რიგი
ნიმუში ↓			
Far-polylysine 30% (emulsion)		20 °C	110 °C
Far-polylysine 30%((Nanoprecipitation))		23 °C	107 °C
Poly-Lysine			
NP-Far-PL 100%		26 °C	108 °C
Far-PL 30% (Methanol)		28 °C	60 °C
Far-PL 50% (Methanol)		30 °C	76 °C
Far-PL 100% (Methanol)		30 °C	78 °C

სპექტროსკოპულ კვლევებში გვაქვს ტალღის სიგრძის შთანთქმის დამოკიდებულება დაცემულ ტალღისათვის (300-600ნმ), რომელიც მიიღება ნანონაწილაკებზე რელეის გაბნევით და ადასტურებს რომ ნიმუშებში ნამდვილად არიან ნანონაწილაკები

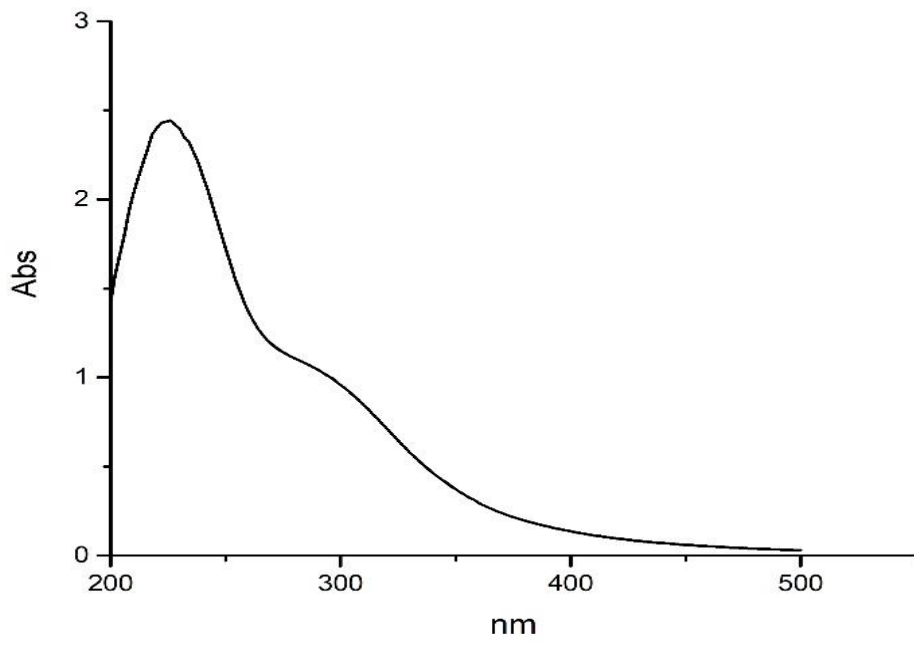
ასევე შევამოწმეთ ჰქონდა თუ არა ლუმინესცენსიური და ფლუროსცენციური ნათება ჩვენს ნანონაწილაკებს და აღმოჩნდა რომ არ აქვს, მიუხედავად იმისა რომ პოლილიზინს აქვს ფლუროსცენციული ნათება წყალბადური ბმების წყალობით . პრეპარატ ფარნესოლის არსებობისას კი ეს მოვლენა არ გამოვლინდა



სურ 5.7 Far-PL30%



სურ 5.8 Far-PL50%



სურ 5.9 Far-PL100

დასკვნა

1. სპექტროსკოპულ კვლევებში ნაჩვენებია, რომ ფანესოლ-პოლილიზინის ნიმუშები, რომლებიც ...ამინომჟავით არის წარმოდგენილი წარმოქმნიან მცირე ზომის ნანონაწილაკებს. ეს გამოიხატება იმაში, რომ გვაქვს ტალღის სიგრძის შთანთქმის დამოკიდებულება დაცემულ ტალღისათვის (300-600ნმ), რომელიც მიიღება ნანონაწილაკებზე რელეის გაბნევით.
2. მიკროკალორიმეტრულად შესწავლილი ფარნესოლ-პოლილიზინის ნანონაწილაკების კვლევები გვიჩვენებს რომ ტემპერატურით ინდუცირებულ ნანონაწილაკების დენატურაცია მიმდინარეობს თერმოდინამიკური თვალსაზრისით მრავალფენოვანად. კერძოდ, ნიმუშების თერმული დენატურაცია მიმდინარეობს როგორც პირველი რიგის ისე მეორე რიგის ფაზური გადასვლებით.
3. ავლნიშნავთ, რომ დაბალ ტემპერატურაზე ნანონაწილაკების დენატურაცია იწყება დაბალ ტემპერატურაზე და პიკი არის საკმაოდ არა კოოპერატიული ანუ გადასვლა გაჭიმულია $\Delta T =$, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ნანონაწილაკების თერმული დაშლა მიმდინარეობს მონოტონულად ტემპერატურით გაჭიმულ რეჟიმში. განვიხილავთ, რომ ნანონაწილაკების დაშლის ასეთი მონოტონური რეჟიმის შემდეგ ხდება ნანონაწილაკებში მეორე რიგის ფაზური გადასვლა რაც მიანიშნებს იმაზე, რომ ტემპერატურის აღნიშნულ ინტერვალში ხდება მხოლოდ ნანონაწილაკების სტრუქტურულ ცვლილებას.
4. მას შემდეგ, რაც დამთავრდა ნანონაწილაკების ტერმული სრული დენატურაცია და მოხდა ნანონაწილაკების სტრუქტურის ცვლილებები ნიმუშის გაციებით ფიქსირდება ის გარემოება, რომ დაბალ ტემპერატურაზე გვაქვს ნატიურთან განსხვავებით სხვა სტრუქტურის ნანონაწილაკები, რომლის ახლიდან გაცხელებით პრაქტიკულად აღარ მიიღება არც პირველი და არც მეორე ფაზური გადასვლები.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005273605001203>

2. <https://www.mdpi.com/search?q=farnesol%3B+antibiofilm%3B+quorum-sensing%3B+adjuvant%3B+polymers%3B+encapsulation&journal=surfaces&volume=3&issue=2>
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Farnesol>
4. https://www.bondingchemical.com/inc/sdetail/_949_polylysine/9145?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwm_SzBhAsEiwAXE2Cv1-jb7ldA39x4CY1QDgU8SgP4zFYChdyV3WVOVCU2hVMb0KAwiKRm3BoC6UMQAvD_BwE
5. http://cn-polylysine.com/products/natural-antimicrobial/epsilon-polylysine-.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwm_SzBhAsEiwAXE2Cv9rFtJpiKQK2Kdv_WrPwS_e1VqxxsB5kKB_7sq1Q8Xw2nOemL8B9kBoCeEgQAvD_BwE
6. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005273604000173?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=89a5ca238b87996c
7. მათე მირიანშვილი „ზოგადი ფიზიკის კურსი“ ნაწილი 2