

სინათლის სპექტრის ულტრაიისფერი დიაპაზონის გამოყენება ვირუსების გასანადგურებლად

ნ.შ. გოცირიძე, თ.ნ. გოცირიძე

თსსუ - ის ფიზიკის, ბიოფიზიკის, ბიომექანიკის და ინფორმაციული ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

ანოტაცია: ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ ცოცხალი სტრუქტურებისთვის გარეშე ველების ბიოეფექტური სიხშირეები შეიძლება განისაზღვროს არა მხოლოდ ექსპერიმენტების საშუალებით, არამედ გამოვთვალოთ პარამეტრული რეზონანსის თეორიის გამოყენების საშუალებით. როგორც მაგალითი, მოყვანილია დნმ-ის მოლეკულის საკუთარი სიხშირის შესაბამისი რეზონანსული სიხშირის გამოთვლა. აგრეთვე განხილულია, თუ როგორ პირობებში შეიძლება გამოვიყენოთ მაკრომოლეკულების კონა, როგორც ოპტიკური ბოჭკოები. სინათლის მიმართ მაკრომოლეკულების კონის დიელექტრიკული შეღწევადობა $\epsilon_{\text{დ}}$ მეტია ელექტროლიტების დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე $\epsilon_{\text{ელ}}$. უტოლობა $\epsilon_{\text{დ}} > \epsilon_{\text{ელ}}$ აუცილებელი პირობაა, რომ ელექტროლიტში ჩაძირული D-დიამეტრის მქონე მაკრომოლეკულების კონა ასრულებდეს ოპტიკური ბოჭკოს როლს. ამ პირობებიდან გამომდინარე, გამოთვლილია ბოჭკოების მინიმალური დიამეტრი $D_{\text{მინ}} \approx 2 \cdot 10^7 \text{ მ}$. გამოთქმულია ვარაუდი, რომ შესაძლებელია აიხსნას ღნიშნული დიაპაზონის, კერძოდ ულტრაიისფერი გამოსხივების გამანადგურებელი ზემოქმედება ვირუსებზე და უშუალოდ კორონავირუსებზე (COVID-19-ზე).

საკვანძო სიტყვები : ელექტრომაგნიტური ველი, პარამეტრული რეზონანსი, ულტრაიისფერი გამოსხივება, დიელექტრიკული შეღწევადობა და ოპტიკური ბოჭკო.

აღსანიშნავია რომ სინათლის ულტრაიისფერი დიაპაზონის მიზანმიმართულმა ზემოქმედებამ ნივთიერებაზე, შეიძლება გამოიწვიოს ამ ნივთიერების კრისტალური მესრის ატომთა შორის მანძილის ცვლილება. ანალოგიურად შესაძლებელია დასხივებული სინათლის სხივის ულტრაიისფერი დიაპაზონის ზემოქმედებამ გამოიწვიოს ელექტროლიტში მყოფი დნმ-ის და რნმ-ის რღვევა.

კორონავირუსის პანდემიამ COVID-19-მა უკვე მოასწრო გავლენის მოხდენა შუქტექნიკურ დარგზე (სინათლის ულტრაიისფერი გამოსხივების ცოცხალ ორგანიზმებზე ზემოქმედება). დღეს ძალიან მნიშვნელოვანია შუქდიოდური ულტრაიისფერი გამოსხივების გამოყენება მედიცინაში [1]. ცოცხალ ორგანიზმებში, როგორც წესი ოთხი სახის რნმ-ის მოლეკულები იმყოფებიან. ოთხივე მონაწილეობას ღებულობს ცილის სინთეზში,

1) სატრანსპორტო ტ-რნმ ყველაზე პატარებია (80 – 100 ნუკლეოტიდი) ისინი იკავშირებენ ამინომჟავებს და მიაქვთ ცილის სინთეზის ადგილზე.

2) ინფორმაციული რნმ(ი-რნმ) ისინი ათჯერ მეტნი არიან ვიდრე ტ-რნმ. მათი ფუნქციაა დნმ-ის მოლეკულიდან ცილის სინთეზის ადგილამდე მიიტანოს ინფორმაცია ცილის სტრუქტურის შესახებ.

3) რიბოსომული რნმ (რ-რნმ) ყველაზე დიდი რიბოსომებია (3 – 5 ათასამდე ნუკლეოტიდი).

4) ვირუსი - ეს მიკროსკოპული ნაწილაკია (წარონაქმნი), რომელსაც შეუძლია გამრავლება, მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ იგი მოხვდება სხვა ორგანიზმის უჯრედში. იმის გამო, რომ ვირუსებს არ შეუძლიათ დამოუკიდებლად გამრავლება (მფლობელი უჯრედის გარეშე) ისინი არ ითვლებიან ცოცხალ ორგანიზმებად. ისინი ფაქტიურად წარმოადგენენ ცილოვან გარსში შეფუთულ (დნმ,რნმ)ნუკლეინის მჟავებს. დედამიწის მაგნიტური ველი, კოსმოსური სხივები, მაგნიტური ქარიშხლები, სხვადასხვა ხელოვნური და ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ველები უცილებელ ზემოქმედებას ახდენენ ადამიანის ორგანიზმზე, რამაც ამ პრობლემის შესწავლა აქტუალური გახადა [3]. სავარაუდოა, რომ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას გააჩნია როგორც სანოგენური, ასევე პათოგენური ეფექტები. გარეშე ელექტრომაგნიტურ ველებს შეუძლიათ შეცვალონ ბიოპოტენციალები როგორც უჯრედულ, ასევე ორგანიზმულ დონეზე, მოახდინონ სხვადასხვა ბიომაკრომოლეკულების კონფორმაციული გარდაქმნები და გამოიწვიონ ორგანიზმის და მისი შემადგენელი ტრუქტურების ფუნქციობის ცვლილებები. ი.ა. ჩერეპნევის [6] მიხედვით, ემტ-ის სიხშირის ზრდისას ორგანიზმში ტალღების შეღწევის სიღრმე მცირდება. ამასთან, ცხიმოვან ქსოვილებში იგი ერთი რიგით მეტი, ვიდრე ქსოვილებში, რომლებშიც წყლის შემცველობა მაღალია. ტალღის სიგრძეთა მილიმეტრულ დიაპაზონში $3 \cdot 10^{10}$ - $3 \cdot 10^{11}$ ჰც ემტ-ის შეღწევის სიღრმე შეადგენს 0,343-0,043 სმ-ს წყლის მაღალი შემცველობის ქსოვილებში, ხოლო მცირე რაოდენობის წყლის შემცველ ქსოვილებში იგი შეადგენს 3.39 სმ-ს. ადამიანებსაბცხოველებზე ემტ-ის ზემოქმედების მრავალრიცხოვანმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ არსებობს გამოყოფილი სიხშირეები რომლებიც ორგანიზმში მკვეტრ ცვლილებებს იწვევს. ასეთ სიხშირეებს ბიოეფექტურ უწოდებენ. ორგანიზმის მხრიდან მათზე გამოძახილი შეიძლება იყოს სხვადასხვაგვარი როგორც დადებითი (ორგანიზმის გადსვლა უფრო ოპტიმალურ მდგომარეობაში), ასევე უარყოფითი. არსებობს განსაზღვრული „სიხშირულ-ამპლიტუდური სარკმელები“, რომელთა ფარგლებშიც გვაქვს ბიოობიექტების დეტექტირებული რეაქციები. აასთან ბევრად, ბევრად უფრო ინფორმატიულია ზემოქმედების სიხშირე. ბიოეფექტური სიხშირეების გამოვლენა ძირითადად ექსპერიმენტების საშუალებით ხორციელდება. კერძო, მკვლევარები აღნიშნავენ შესაძლო რეზონანსს გარეშე ემგ-ის პარამეტრებსა და საკუთარ სიხშირეებს ჭსორის, თუმცა ხშირად არ ზუსტდება რა ტიპის რეზონანსთან გვაქვს საქმე [5]. პარამეტრები, რომლებიც განაზღვრავს მერხევი სისტემის ენერგიას, შეიძლება განიცდიდეს პერიოდულ ცვლილებებს - ასეთ რხევებს პარამეტრულს უწოდებენ. ცოცხალ ორგანიზმში პარამეტრული რხევების მაგალითია ელექტრული რხევები მიოკარდიუმში, ნეირონების აგზნებად მემბრანებსა და სხვა სტრუქტურებში. ასეთი ტიპის რხევების აღლზვრა გამოწვეულია ამ ამ სტრუქტურებისთვის დამახასიათებელი ისეთი ელექტრული და მექანიკური პარამეტრების პერიოდული ცვლილებები, როგორცაა: ელექტროტევადობა, აქტიური წინაღობა, ინდუქციურობა და სხვა.

პარამეტრული რხევების თეორიიდან გამომდინარეობს, რომ პარამეტრული რეზონანსის განვითარების ყველაზე ეფექტური (პროცესის დასაწყები გაქანების) სიხშირეებია

$$f_g = 2f_0/n \quad (1)$$

სადაც f_0 ოსცილატორის საკუთარი სიხშირეა, n - მთელი რიცხვი. როგორც ცნობილია, მერხვე სისტემაში საკუთარი სიხშირე განისაზღვრება ამ სისტემაში აგზნების გავრცელების გავრცელების T მახასიათებელი დროით, რომელიც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ოსცილატორის ხაზოვან ზომებზე და აგზნების გავრცელების V სიჩქარეზე, კერძოდ:

$$f = 1/T \sim V/L \quad (2)$$

ამიტომ მერხვეი სისტემის ყველაზე მკვეთრი გამოძახილი უნდა ვეძებოთ

$$f_g = 2V/nL \quad (3)$$

სიხშირეთა მახლობლობაში. მაქსიმალური რეზონანსული ეფექტი გვექნება როდესაც $n = 1, 2, 3$. ბიოეფექტური სიხშირეების არსებობა შეიძლება აიხსნას ორგანიზმის მიკრორეზონატორებთან (მოლეკულები, სისხლის ელემენტები, უჯრედები, მემბრანები, დნმ) იძულებითი ან პარამეტრული რეზონანსით [5]. ხშირად სიხშირეების დამთხვევა შეიძლება იყოს მზის სისტემაში შემჩნეული საყოველთაო სინქრონიზაციის კერძო შემთხვევები ეს მჟღავნდება მრავალი ბიოსფერული და კოსმოსური რითმების ერთიანობაში [2]. ბიოლოგიასა და მედიცინაში ამ მოვლენას შემგუებლობას ან ადაპტაციას უწოდებენ. ამრიგად ჩვენ გამოვდივართ იმ მოსაზრებიდან, რომ ბიოეფექტური სიხშირეები არ არის შემთხვევითი მოვლენა, არამედ ისინი არიან რეზონანსული ორგანიზმის ავტორხვევითი სისტემები საკუთარი სიხშირეების მიმართ. მცირე ინტენსივობის ემ-თვის ადამიანის ორგანიზმის მკვეთრი გამოხმაურება დაიშორება სხვადასხვა სიხშირეებზე. ზოგიერთ შემთხვევაში იგი ემთხვევა დნმ-ის სპირალის რეზონანსულ სიხშირეს [7]. ითვლება, რომ აქ ადგილი აქვს იძულებით რეზონანსს. ჩვენ შევეცდებით გამოვითვალოთ ეს რეზონანსული სიხშირე დნმ-ის მოლეკულისთვის.

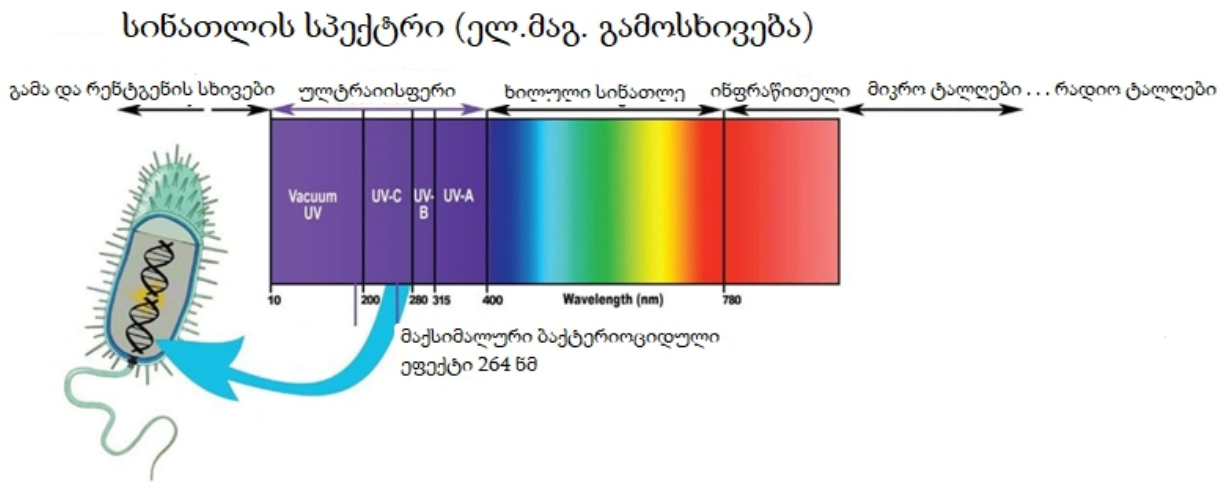
განვიხილოთ რადიოტექნიკაში კარგად ცნობილი ტალღათსატარი, რომელიც წარმოადგენს ღრუ გრძელ გამტარს. ზოგჯერ სიღრუე შევსებულია დიელექტრიკული შეღწევადობის მქონე დიელექტრიკით. სიმარტივისათვის განვიხილოთ R -რადიუსის დიელექტრიკით შევსებული ღრუ ცილინდრული ფორმის მილი. თუ ასეთი მილის ერთ ბოლოზე დაეცემა λ_0 ტალღის სიგრძის მქონე ელექტრომაგნიტური ტალღა, მაშინ, თუ λ_0 ნაკლებია λ კრიტიკულ მნიშვნელობაზე, ტალღათსატარი ასეთ ტალღებს გაატარებს ცილინდრის გასწვრივ დიდი სიჩქარით და მცირე დანაკარგებით. კრიტიკული ტალღის სიგრძე ცილინდრული მილის ტალღათსატარისთვის გამოითვლება ფორმულით (4):

$$\lambda_{cr} = aD \quad (4)$$

სადაც a დამოკიდებულია ტალღათსატარის ფორმაზე. ცილინდრული მილებისთვის იგი 1. 71-ის ტოლია, D კი ამ მილის დიამეტრია. როგორც ცნობილია, დიელექტრიკში ემტ-ის სიჩქარე მცირდება და იგი ტოლია $v = c/\sqrt{\epsilon}$. აქ c -სინათლის სიჩქარეა ვაკუუმში. ვაკუუმიდან დიელექტრიკში გადასვლისას ემტ-ის სიხშირე არ იცვლება, მაგრამ იცვლება ტალღის სიგრძე $\lambda_{\epsilon} = V/f = c/f\sqrt{\epsilon} = \lambda_0/\sqrt{\epsilon}$. აქ λ_0 ტალღის სიგრძეა ვაკუუმში, ხოლო λ_{ϵ} - მოცემულ გარემოში. თუ ტალღათსატარი შევსებულია დიელექტრიკით, მაშინ ის გაატარებს ტალღებს, რომლებიც აკმაყოფილებს პირობას $\lambda_{\epsilon} < \lambda_{\epsilon_{კრიტ}}$, სადაც

$$\lambda_{\epsilon_{კრიტ}} = 1.71D\sqrt{\epsilon} \tag{5}$$

გამოვიყენოთ აღნიშნული პირობები, მაგალითად, დნმ-ის მოლეკულისთვის. როგორც ცნობილია, დნმ-ის ორმაგი სპირალის რადიუსი $R = 10^9$ მ, ხოლო ერთი სრული ბიჯი დნმ-ის სპირალის გასწვრივ $\ell = 3.4 \cdot 10^9$ და მოიცავს 10 ნუკლეინის მყავას (სურათი 1).



სურ. 1. დნმ-ის ორმაგი სპირალის დაშლა ულტრაიისფერი გამოსხივებით.

კრიტიკული ტალღის სიგრძე $\lambda_{კრიტ}$ დნმ-ისთვის, თუ მას განვიხილავთ როგორც $R = 10^9$ მ, რადიუსის ცარიელი ღრუ ტალღათსატარის ტოლიიქნება $\lambda_{კრიტ} = 3.42 \cdot 10^9$ მ. $\lambda_{კრიტ} \approx \ell$, ე. ი. სპირალის ერთი ბიჯია. ეს დამთხვევა გვიჩვენებს, რომ დნმ-ში ტალღების გავრცელებას რეზონანსული ხასიათი აქვს. როგორც ცნობილია, ელექტრული ველის ცვლილების სიხშირის ზრდისას ფარდობითი დიელექტრიკული შეღწევადობა მცირდება, ამის გამო სინათლის შემთხვევაში ϵ -ის ნაცვლად იყენებენ სინათლის გარდატეხის მაჩვენებელს $n = \sqrt{\epsilon}$, აღმასისთვის $n_{ალ} = 2.42$, ხოლო $n_{წყ} = 1.33$. ბიოლოგიური მაკრომოლეკულებისთვის $n_{წყ} \leq n_{ბიო} \leq n_{ალ}$, ჩვენ ჩავთვლით რომ $n_{ბიო} = 2$. გარემოს გარდატეხის მაჩვენებელი, რომელშიც ისინია ჩაძირული, შეგვიძლია მიახლოებით მივიღოთ წყლის გარდატეხის მაჩვენებლად. როგორც ვხედავთ, სრულდება სრული შინაგანი არეკვლის პირობა $n_{ბიო} > n_{ელ}$ ე. ი. მაკრომოლეკულების კონას, რომელიც ჩაძირულია ასეთ ელექტროლიტურ გარემოში, სრული შინაგანი არეკვლის თვისება და მან შეიძლება შეასრულოს ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ტალღათსატარის როლი. ნ. გოცირიძის და დ.კურდღელაიძის [1] მიხედვით, ბიოლოგიური ბიოლოგიური მაკრომოლეკულების კონა დიამეტრით $D \geq 2 \cdot 10^7$ მ,

რომელიც ჩამირუღია ელექტროლიტურ გამტარ გარემოში, წარმოადგენს სინათლის ტალღათსატარს და ამავე დროს, იგი არის ოპტიკური მაკრომოლეკულური ბოჭკო.

ლიტერატურა

1. გოცირიძე ნ., კურდღელაიძე დ. ბიოლოგიური მაკრომოლეკულების ოპტიკური ბოჭკოები. თსსუ-ის სამეცნიერო შრომათა კრებული, 2005/2006, ტ.XLI,გვ.20-21.
2. Владимирский Б.М. и др. Космос и биологические ритмы. Симферопол. 1995.
3. Птицина Н.Г. Усп. Физ. Наук. 1998, 168, 7, 768-791.
4. Фуйман Р.,Леймон Р. Феймановские лекции по физике – Электродинамикаб 1961, 231с.
5. Хабарова О.В. Бимедицинские технологии и радиоэлектроники. 2002, 5, 56-66.
6. Черепнев И. А. Системы управления навигации, 2007, 3, 228-124.
7. Weisburg S. Science News, 1984, 125, 16, 248.
8. Anil Kumar, Archana Sagdeo, Possibility of using ultraviolet radiation for disinfecting the novel COVID-19. Photodiagnosis and photodynamic Therapy. (2021), 34, 102234
9. Livingston SH, Cadnum JL, Benner KJ, Donskey CJ (2020) Efficacy of an ultraviolet-A lighting system for continuous decontamination of health care-associated pathogens on surfaces. Am. J. Infect. Control ,2019, 48: 337-339. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2019.08.003>
10. <https://ledjournal.info/byt/ultrafioletovaya-lampa.html>

Article received: 2021-06-03