

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Vor fi propuse diferite modalități de împachetare a unor cristale fotonice formate din sfere. În cazul împachetării a patru sfere în tetraedru sau a 8 sfere în împachetare cubică se va găsi funcția de undă pentru excitările colective la introducerea unei sfere de cuarț mai mică în centrul tetraedrului sau în centrul cubului regulat din microsferă. Se va găsi o posibilitate de transfer a conceptului de localizare a câmpului electromagnetic din celulele fotonice la conceptul de vibrații locale sub formă de fononi ale lanțului de aminoacizi din tubulinele legate slab între ele. Posibilități de cuplaj a acestor oscilații locale dintre două, trei, patru și mai multe tubuline va fi examinat. Soluții exacte ale vibrațiilor colective ale unor astfel de macromolecule vibraționale (fononice) va fi propus.

2. Obiectivele etapei anuale

1. Vor fi evidențiate posibilități de cooperare dintre emițători (nuclee, atomi, molecule, biomolecule), atât la emisie cât și absorbție pentru utilizarea acestora în echipamente moderne de diagnostică, holografie și control cuantic.
2. În baza efectelor cooperative observate într-o serie de experimente de laborator, vor fi propuse metode și modele noi de interacțiune neliniară a subsistemului mic cu setul de oscilatori anarmonici ai termostatului.
3. Se va propune o metodă selectivă de ionizare și rupere de legături peptidice primare dintre unii aminoacizi ai proteinelor tubulare, a unor clase de viruși și bacterii.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Folosind diferitele forme de împachetare a metamaterialelor (sfere, fibre optice, fibre conice, etc.), propunem să dezvoltăm un echipament nou bazat pe metamateriale moderne. Aceste metamateriale au fost obținute prin reîmpachetarea sferelor/fibrelor optice mici și mari, cu diverse dimensiuni, cuprinse în domeniul începând cu microni până la milimetri.
2. S-a demonstrat că în astfel de metamateriale, suprafața de contact dintre fluidele contaminate (apă, plasma sanguină, aer, etc.) crește semnificativ odată cu scăderea dimensiunilor elementelor. Teoretic se stabilește că această suprafață de contact crește într-un astfel de metamaterial și este proporțională cu suprafața componentelor mici a metamaterialului, propuse în model.
3. Testele noastre experimentale demonstrează că utilizarea doar a sferelor mici pentru decontaminare este eficientă pentru difuzia semnificativă a radiației ultraviolete C (UVC) în apropierea suprafeței metamaterialelor. Mai mult decât atât, într-o astfel de situație, fricțiunile dintre apa (fluid, inclusive transcendent) contaminată și suprafața elementelor metamaterialului cresc odată cu scăderea dimensiunilor.
4. Pentru evitarea acestor obstacole în elaborarea de noi echipamente cu suprafața de contact bună și eficiența de decontaminare sporită, ne propunem să combinăm elemente mari și mici ale metamaterialului (sfere, fibre conice, fibre cilindrice). Elementele mari (cilindrii din sfere, conuri) permit pătrunderea mai ușoară a fluidului,
5. Sa demonstrat experimental ca elementele mai mici aflate în contact cu cele mari stimulează

dispersia radiației în adâncimea volumului fluidului, volum local dintre elementele metamaterialului.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Laboratorul propune trei tipuri de decontaminatoare pe fluide (lichide, aer) în baza reîmpachetării fibrelor subțiri cu cele groase.
2. Decontaminator în baza cuarțului granulat.
3. Decontaminator în baza reîmpachetării a două tipuri de bile cu dimensiuni 0.5 – 1.5 mm.

5. Rezultatele obținute

Au fost propuse echipamente și tehnologii noi de decontaminare cu ajutorul radiației ultraviolete (UVC), care utilizează spațiul liber dintre elementele unei structuri periodice din material transparent pentru UVC, similare cu metamaterialele din cuarț (set de fibre, structuri conice, bile). Procedeele eficiente de decontaminare utilizează zona evanescentă a fiecărui element al metamaterialelor și duc la creșterea substanțială a suprafeței de contact dintre fluidul (lichid sau gaz) contaminat și radiația UVC (vezi Fig. 1).

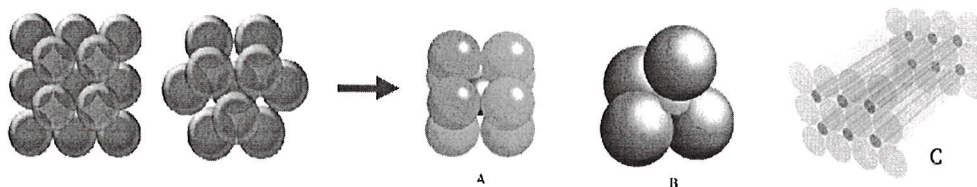


Fig. 1 Împachetare la contact cu sfere de aceeași dimensiune (stânga). În dreapta, figura A reprezintă reîmpachetarea cubului și a tetraedrului cu alte sfere mici. Aici suprafața sferelor mari și a celor reîmpachetate este: $S_{u1} = \pi d_1^2 N$ and $S_{u2} = \pi d_2^2 N$ astfel că suprafața totală de contact cu fluidul este $S = S_{u1} + S_{u2}$. Diametrul d_2 depinde de metoda de reîmpachetare: pentru tetraedru, $d_2 = (\sqrt{3/2} - 1)d_1$ și pentru cub $d_2 = (\sqrt{3} - 1)d_1$ sunt reprezentate în Fig. B și A corespunzător. Reîmpachetări similare pot avea loc și pentru fibre. În dreapta este reprezentată o reîmpachetare în pătrat a fibrelor mai groase cu fibre subțiri.

Astfel de metamateriale avem în laborator (vezi Fig. 2) și am putut simula eficiența decontaminării la reîmpachetare stimulată de introducerea bilelor cu diametru mic printre bilele de diametru mai mare. De asemenea o reîmpachetare a fibrelor mai groase cu fibre mai subțiri a fost posibilă în multe experimente realizate în acest an (vezi unele rezultate publicate în [2] (IFMBE Proceedings, V. 77, Springer, 2020, p. 373—377. Doi: 10.1007/978-3-030-31866-6_69). În echipamentul “Decontaminator de lichide”, DK_liquid, pot fi utilizate diferite clase de metamateriale reîmpachetate cu proprietăți optice și structuri topologice variate, luându-se în considerare influența lor asupra eficienței tratamentului cu UVC. În experimentele noastre este utilizat un tub de cuarț cu diametrul de 1,5-2 cm și lungimea de 100 cm, numit “tubul de bază”, care a fost umplut consecutiv cu elementele metamaterialului, constând din granule mici, cum ar fi granulele neordonate de SiO₂ (cuarț) transparente la UVC (254 nm), sfere de

sticlă (netransparente pentru UVC, dar transparente pentru lumina cu lungimea de undă mai mare de 290 nm), și sfere de plastic negre (netransparente la UVC, UV și lumina vizibilă).

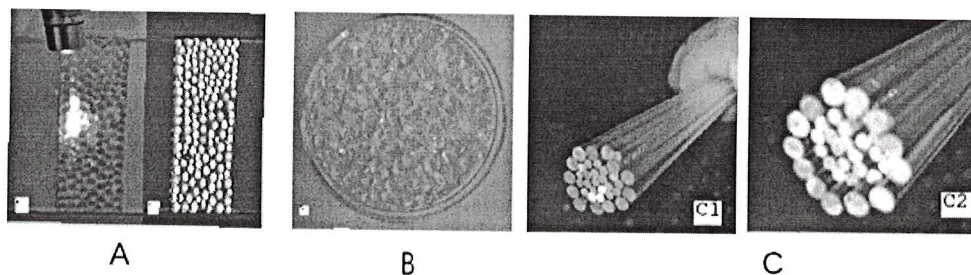


Fig. 2 : A. Bile de cuarț cuarț în care sunt prezente doua subsisteme cu raze diferite $S=S_1+S_2$. B. Cuarț granulat cu dimensiuni de la 10-3– 3 mm. C. Reimpachetarea fibrelor optice cu diametrul 1mm- 2 mm.

A fost analiza comparativă a ratei de decontaminare pentru aceste trei tipuri de metamateriale. S-a accentuat influența topologiei sistemului de elemente ale metamaterialului asupra adâncimii de penetrare și a pierderilor radiației UV în zona de contact optic dintre lichidul contaminat translucid și radiația aplicată ca funcție de dimensiunea granulelor, a proprietăților optice ale fluidului (lichid, gaz, aer) și ale metamaterialului. Considerând că pierderile de radiație UV în zona evanescentă a metamaterialelor neordonate cresc substanțial comparativ cu cele sferice, am efectuat o serie de experimente cu cuarț granulat neordonat. Experimentele au demonstrat avantajele decontaminării cu metamateriale din cuarț, cât și cu metamateriale din sticlă. Astfel microorganismele prezente în fluide translucide UV, sunt eficient inactivate de echipamentul descris mai sus.

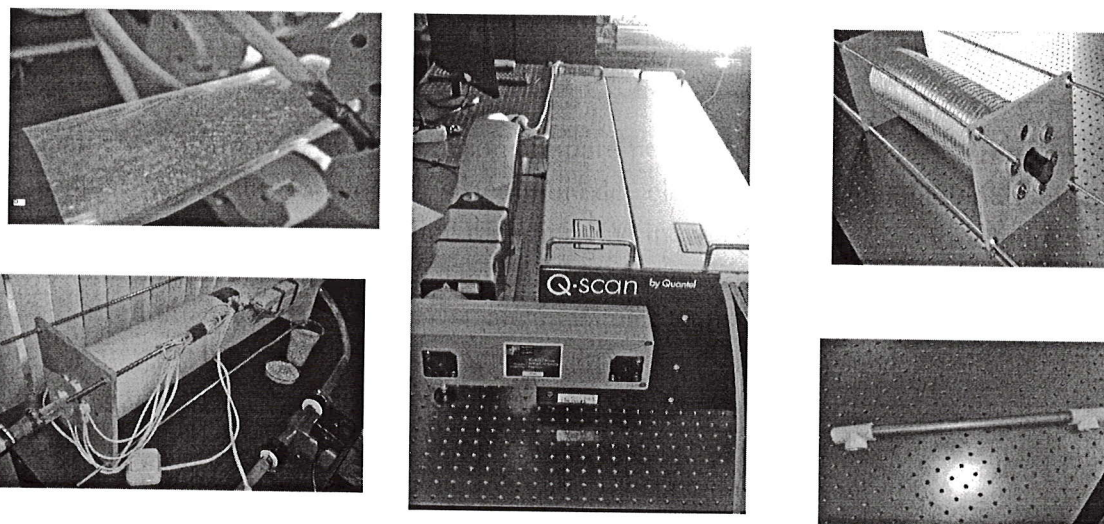


Fig. 3 . Trecerea de la decontaminatoarele ce utilizează iradierea in cavitatea reflectantă de tip

rezonator a 6 becuri UVC la lungimea de undă de 254 nm (vezi Figurile din stânga) la decontaminatoare mai moderne ce folosesc pulsuri laser cu durata de 1-10 ns (figura din centru) la frecvența de 260 nm. În dreapta (sus) este reprezentat un decontaminator ce poate utiliza metamaterialele descrise în Fig. 2 pentru reactorul sau din centru (culoare neagră, tub de cuarț umplut cu fibre optice) care poate folosi atât pulsuri laser introduse lateral cât și radiația a 6 becuri cu vapori de mercur. Figura de jos este un decontaminator ce utilizează metamaterialele descrise în Fig. 2, care pot fi excitate doar cu pulsuri laser.

Eficiența decontaminării cu metamateriale este analizată în regimurile de tratament dinamic și static. Pentru a controla eficiența acestor materiale la inactivarea patogenilor (viruși ori bacterii) au fost utilizate coloniile de funghi de drojdii cu o rezistență mult mai mare la radiația UVC în comparație cu patogenii tradiționali. Pentru evaluare s-a propus metoda statistică în care numărul de colonii și dimensiunile lor sunt date de o distribuție normală după numărul de colonii n și diametrul lor d , unde numărul mediu de colonii n_0 , diametrul lor mediu d_{0n} sunt

$$W(n, d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n} \exp\left[-\frac{(n - n_0)^2}{2\sigma_n^2}\right] \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{d_n}^2} \exp\left[-\frac{(d_n - d_{0n})^2}{2\sigma_{d_n}^2}\right]$$

determinate dintr-un set de circa 50 de picături de drojdie dizolvată în zahăr apoi pusă sub microscop (12 din ele sunt prezentate în Fig. 4 : $n_0 = 9$; $\sigma_n = 2$; $d_0 = 0.3$ and $\sigma_{dn} = 0.1/d_{sp}$

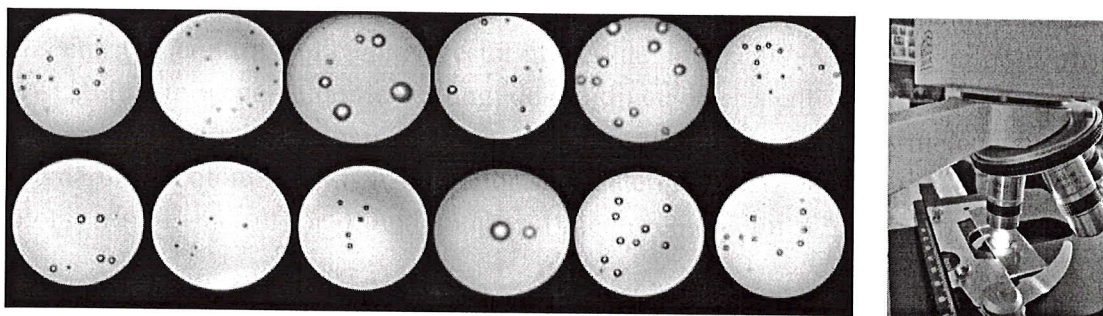
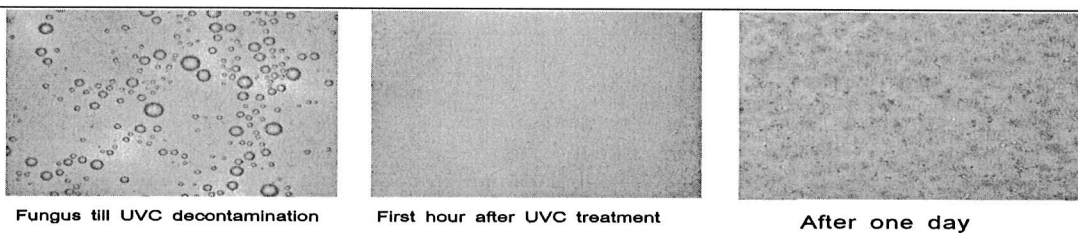
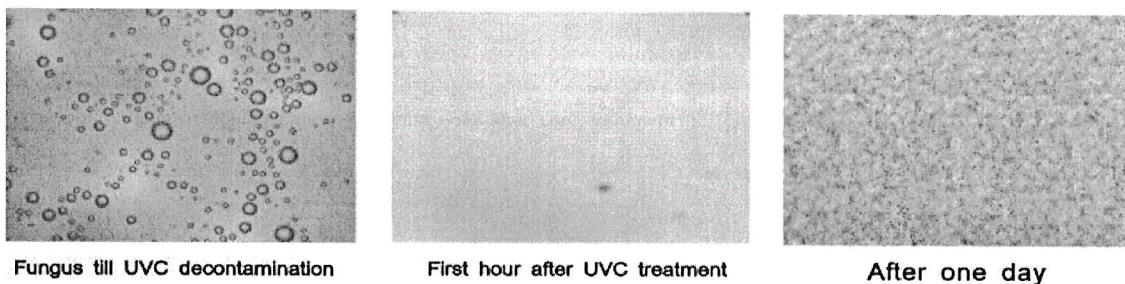


Fig. 4: Sunt reprezentate 12 imagini ale coloniilor de drojdie pana la trecerea ei prin echipamentul de decontaminare reprezentat in Figura 3. Măsurătorile au fost efectuate cu microscopul optic obișnuit.

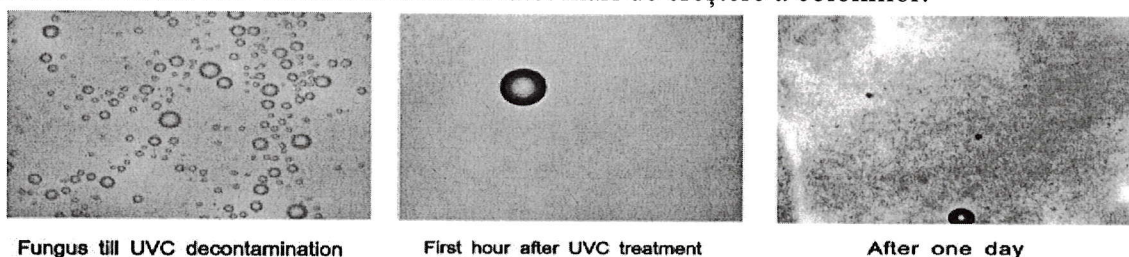
După inactivarea fungilor cu cele trei tipuri de metamateriale am obținut următorul rezultat:
 A. Pentru bile la reîmpachetarea celor două tipuri de sfere observăm o inactivare a fungilor de drojdii, astfel că funghi încep o creștere peste o zi (practic toate coloniile mari au fost inactivate sau separate în colonii mult mai mici).



B. Inactivarea acelorași fungi cu ajutorul cuarțului granulat. Observăm o restaurare mult mai lentă a dimensiunilor coloniilor de fungi. Peste o zi diametrul lor mediu este mai mic ca la amestecul a două specii de bile. Problema a fost discutată în lucrarea [2] unde se menționează că granulele de cuarț sunt mult mai dense și au o suprafață de contact mai mare cu fluidul contaminat.



C. Utilizarea celor două tipuri de fibre (groase și subțiri) în procedura de decontaminare. Aici de asemenea se observă o rată mică de decontaminare datorită scurgerii laminare a fluidului printre cele două tipuri de fibre reprezentate în Fig. 2C. Chiar după decontaminare multe probe mai au colonii cu dimensiuni mari la studiul mai multor picături sub microscop. Peste o zi practic tot zahărul este consumat datorită ratei mari de creștere a coloniilor.



În acest an studiul fenomenelor microscopice ale trecerii unor biomolecule dintr-o stare metastabilă în alta sub influența radiației la absorbția și emisia fotonilor de tip Raman a fost dedicată lucrarea [1] din Fizica Scripta. Cu toate că ea reprezintă un set de efecte noi dintre doi radiatori cu două stări metastabile ea poate fi aplicată și la activarea lanțurilor de ARN dintr-o serie de viruși situate între două rezonatoare de tip fibră optică ori micro-cavități acest sistem cuantic are proprietăți reversibile și poate fi utilizat în informatica cuantică. Deci pentru

anumite durate de puls ce străbat două cavități acest sistem este capabil să teleporteze informația dintr-o fibră în alta la o altă frecvență pe de o parte. Iar o altă proprietate este legată de captarea optică, când sistemul se întoarce exact în aceeași stare inițială. Astăzi în literatura putem citi despre o mulțime de experimente când UVC dimerizează ADN sau repara lanțul ADN. Până când nu sunt cunoscute condițiile exacte pentru care e posibilă reparația sau e posibilă dimerizarea lui. Un ADN/ARN dimerizat nu poate fi reprodus. Deci dimerizarea înseamnă distrugerea bacteriei (în cazul ADN) ca celula procariote, sau a virusului la dimerizarea ARN așa cum este reprezentat în Fig 5 .

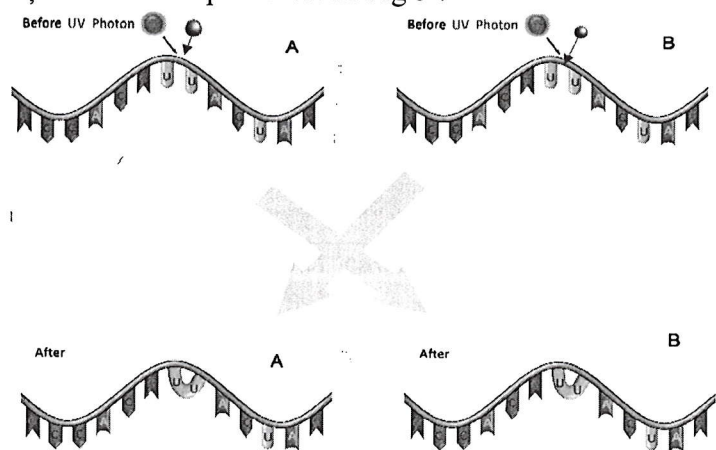


Fig. 5.

Posibilități de generare a fononilor și vibronilor coerenți de cavitate este propusă de discipolul laboratorului nostru Vitalie Eremeev, care la moment se află într-o deplasare de lungă durată în Santiago, Chile. Dânsul a luat parte activă la pregătirea Proiectului de Stat și în lucrarea sa împreună cu profesorul M. Orszag [4] menționează prin afilierea R. Moldova susținerea tematicii dezvoltate la Chișinău, unde cooperativitatea cuantică dintre emițători este pe prim plan.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

1. Starodub, E.; Enaki, N. Quantum reversibility in cooperative interaction of the atom system with bi-modal cavity field in Raman conversion. *Phys Scripta*. 2020, 95(5), 055105. Doi: 10.1088/1402-4896/ab7653 (IF: 2,151).
2. Enaki, N.A.; Turcan, M.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Paslari, T.; Nisteanu, A.; Ristoscu, C.; Mihailescu, I.N. Composite Metamaterials for Biological Decontamination of Fluids. În: *IFMBE Proceedings*, V. 77, Springer, 2020, p. 373—377. Doi: 10.1007/978-3-030-31866-6_69.
3. Tonu, V.; Vovc, V.; Enache, N. Cardiorespiratory Coupling: A Review of the Analysis Methods. În: *IFMBE Proceedings*, V. 77, Springer, 2020, p. 469—474. Doi: 10.1007/978-3-030-31866-6_84.
4. Vitalie Eremeev and Miguel Orszag „Phonon maser stimulated by spin postselection” *Phys.*

Rev. A 101, 063815 – Published 9 June 2020.

7. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de prezentări (comunicări, postere, teze/rezume/abstracte) la foruri științifice.
8. Protecția rezultatelor obținute în formă de obiecte de proprietate intelectuală
9. Materializarea rezultatelor obținute
10. Dificultățile în realizarea proiectului

11. Concluzii.

A fost propusă o nouă metodă de reîmpachetare a sistemelor optice formate din microsferă/fibre prin utilizarea altor microsferă/fibre de un diametru mai mic decât a primelor, introducându-le în spațiul liber dintre acestea. S-a demonstrat că metamaterialul compozit are o suprafață totală mai mare decât cel omogen și astfel putem mări suprafața de contact a materialului cu fluidul contaminat cu patogeni (virusi, bacterii) la dispersia radiației ultraviolete C (UV-C) prin el. A fost demonstrată eficiența utilizării celor trei tipuri de metamateriale obținute în laborator, cuarț granulat, bile formate din două subsisteme (cu diametrul de 1,5 mm și respectiv, 1mm), fibre din cuarț la reîmpachetarea acestora cu altele subțiri, ce deschid noi posibilități uimitoare pentru utilizarea lor atât în decontaminare, cât și în manipularea (dirijarea) efectivă a agenților patogeni (virusi sau bacterii) care se mișcă împreună cu fluidul contaminat (apă, sânge, plasmă sanguină, aer, gaze) printre elementele metamaterialului. La contactul optic relativ bun dintre elementele metamaterialului, radiația UV-C este dispersată într-un volum mult mai mare al metamaterialului față de metamaterialul omogen. Abordarea propusă se bazează pe transferul crescut al radiației UV-C prin câmpul evanescent al elementelor optice constituate a metamaterialului în zona contaminată. S-au făcut o serie de estimări experimentale ale ratei de decontaminare a acestor tipuri de metamateriale compozite. Datorită acestor investigații, s-a propus dispozitivul de decontaminare format dintr-un miez de decontaminare (tub din cuarț) în care sunt introduse două specii cu diametru diferit de elemente ale metamaterialului (bile sau fibre din cuarț) printre care circulă fluidul contaminat.

De asemenea s-a propus spre examinare „molecule fotonice” noi, care conțin câteva tipuri de elemente optice (sfere, fibre) în contact, ce diferă atât prin dimensiunea lor, cât și prin forma lor topologică. O atenție sporită se acordă interacțiunii acestor molecule fotonice cu biomoleculele (proteine, ARN, ADN) întâlnite în componența patogenilor.

Menționăm că echipamentul de decontaminare propus de noi poate dezinfecta atât aerul îmbibat cu aerosoli infectați cât și lichidele contaminate. Sursele de radiație UV-C se află sub un ecran cilindric cu diametrul 20 cm, care pe deoparte focalizează radiația spre miezul de decontaminare a fluidului, mărindu-i intensitatea radiației iar pe de altă parte, protejează de radiație persoanele ce se află în apropierea dispozitivului. Unirea în paralel a mai multor decontaminatoare ar permite utilizarea lor efectivă în încăperile locuite de oameni, transport public. La minimizarea lor utilizând led-uri UV-C ar putea fi folosite pentru crearea filtrelor pentru măștile de protecție.

Conclusions.

A new method of repackaging of optical systems consisting of microspheres / fibers has been proposed by using other microspheres/fibers with a smaller diameter than the first ones, introducing them into the free space between them. It has been shown that the composite metamaterial has a larger total area than the homogeneous one and thus we can increase the contact surface of the material utilized for dispersion of ultraviolet C (UV-C) radiation through it and the fluid contaminated with pathogens (viruses, bacteria). It has been demonstrated the efficiency of the use of the three types of metamaterials obtained in the laboratory, granulated quartz, periodical balls formed by two species (with a diameter of 1.5 mm and 1 mm respectively), quartz fibers when repackaging them with thin ones, which open new amazing possibilities for their use both in decontamination and in the effective handling (directing) of pathogens (viruses or bacteria) that move together with the contaminated fluid (water, blood, blood plasma, air, gas) among the free space between the elements of the metamaterial. At the relatively good optical contact between the elements of the metamaterial, the UV-C radiation is dispersed in a much larger volume of the metamaterial than the homogeneous metamaterial. The proposed approach is based on the increased transfer of UV-C radiation through the evanescent field of the optical elements constituting the metamaterial in the contaminated area. A number of experimental setup for estimation of the decontamination rate of these types of composite metamaterials have been made. Due to these investigations, the decontamination device consisting of a decontamination core (quartz tube) was proposed in which two species with different diameters of metamaterial elements (balls or quartz fibers) are introduced through which the contaminated fluid circulates.

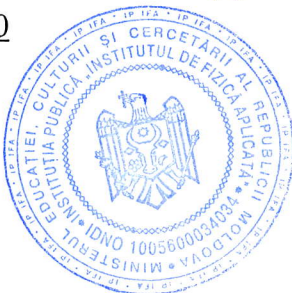
It was also proposed for examination new "photonic molecules", which contain several types of optical elements (spheres, fibers) in contact, which differ both in size and in topological shape. Great attention is accorded to the interaction of these photonic molecules with biomolecules (proteins, RNA, DNA) encountered in the composition of pathogens.

We mention that the decontamination equipment proposed by us can disinfect both the air soaked with infected aerosols and the contaminated liquids. The UV-C radiation sources are located under a cylindrical screen with a diameter of 20 cm, which on the one hand focuses the radiation towards the fluid decontamination core, increasing its radiation intensity and on the other hand, protects from radiation those close to the device. The parallel union of several decontaminators would allow their effective use in rooms inhabited by people, public transport. To minimize them using UV-C LEDs could be used to create filters for protective masks.

Conducătorul de proiect Enachi Nicolae

Data: 30 noiembrie 2020

L Ş



Anexa 1A

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.01

Cheltuieli, mii lei						
Denumirea	Cod		Anul de gestiune			
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat	Executat	Sold
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	701.1		701.1		
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	161.3		161.3		
Prime de asigurare obligatorie de asistenta medicală achitate de angajator și angajați pe teritoriul țării	212210	31.6		31.6		
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720					
Servicii de cercetări științifice	222930					
Servicii neatribuite altor aliniate	222990					
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou	316110					
Procurarea activelor nemateriale	317110					
Procurarea pieselor de schimb	332110					
Procurarea medicamentelor și materialelor sanitare	334110					
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	1.8		1.8		
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110					
Total		895.8		895.8		

Conducătorul organizației Macovei MihaiContabil șef Mîndru CeciliaConducătorul de proiect Enachi NicolaeData: 30 noiembrie 2020LȘ

Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.80009.5007.01

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Enachi Nicolae	1958	Dr.hab	1	2.01.2020	
2.	Marina Turcan	1982	Dr.	1	2.01.2020	
3.	Prepeșița Aurelia	1961	Dr.	0.25	2.01.2020	
4.	Alexandru Gaina	1954	Dr.	0,5	2.01.2020	
5.	Sergiu Bazgan	1987	Magistru	1	2.01.2020	
6.	Pâslari Tatiana	1989	Magistru	1	2.01.2020	
7.	Nistoreanu Andrei	1981	Magistru	1	2.01.2020	
8.	Starodub Elena	1989	Magistru	1	2.01.2020	
9.	Scafari Gheorghe	1989	Magistru	0,5	2.01.2020	
10.	Petracovschi Andrei	1983	Magistru	1	2.01.2020	
11.	Tonu Viorica	1987	Magistru	0,5	2.01.2020	

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	57 %
---	------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2020					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	n/a				

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	57 %
--	------

Conducătorul organizației Macovei Mihai*M. Macovei*Contabil șef Mîndru Cecilia*C. Mîndru*Conducătorul de proiect Enachi Nicolae*N. Enachi*Data: 30 noiembrie 2020

LȘ

