

**RECEȚIONAT**

Agenția Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2024

**AVIZAT**

Secția AȘM \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2024

**RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL**

**pentru perioada 2020-2023  
privind implementarea proiectului din cadrul  
Programului de Stat (2020-2023)**

*Proiectul: Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, meta materiale) și aplicarea acestora în informatică, bio-fotonică avansată optogenetică*

Cifra proiectului **20.80009.5007.01**

Prioritatea Strategică **V. Competitivitate economica si tehnologii inovative**

Rectorul/Directorul organizației

Șarov Igor

(numele, prenumele)

\_\_\_\_\_  
(semnătura)

Consiliul științific/Senatul

Olga Șikimaka

(numele, prenumele)

\_\_\_\_\_  
(semnătura)

Conducătorul proiectului

Enachi Nicolae A.

(numele, prenumele)

\_\_\_\_\_  
(semnătura)

L.Ș.

Chișinău 2024

## **CUPRINS:**

1. Scopul, obiectivele și rezultatele planificate și realizate pe parcursul anilor 2020-2023
2. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute
3. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect 2020-2023
4. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba română (Anexa nr. 1)
5. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba engleză (Anexa nr. 1)
6. Lista publicațiilor științifice pentru perioada 2020-2023 (Anexa nr. 2)
7. Volumul total al finanțării proiectului pentru perioada 2020-2023 (Anexa nr. 3)
8. Componența echipei pe parcursul anilor 2020-2023 (Anexa nr. 4)
9. Raportarea indicatorilor (Anexa nr. 5)

## 1. Scopul proiectului

Proiectul propune noi modalități de cooperativitate dintre emițători (nuclee, atomi, molecule, biomolecule), atât la emisia cuantelor câmpului electromagnetic, cât și la absorbția lor, posibilități de elaborare ale echipamentelor moderne pentru decontaminare și diagnostică moleculară. Aceste modalități de cooperare dintre emițători vor fi extinse pentru efectele colective dintre fotonii modurilor de cavitate, sau modurilor fibrelor optice la propagarea pulsurilor de lumină prin ele. În baza lor vor fi modernizate două echipamente de decontaminare a patogenilor elaborate anterior: „decontaminator” de lichide translucide și „decontaminator” de gaze. Echipamentele menționate vor fi renovate prin reducerea substanțială a dimensiunii lor în baza utilizării de noi metamateriale optice pentru decontaminare cu ajutorul radiației pulsate UV-C produsă de sistemul de laseri Q-Smart 850 și Q-Scan. În baza conversiei cooperative a luminii din modul de pompare în modurile Stokes și/sau anti-Stokes se vor propune noi echipamente de diagnostică biomoleculară, utilizând coerența cooperativă bimodală. Acest efect de interacțiune a radiației cu biomoleculele plasate în câmpul evanescent al sistemului de fibre optice va sta la baza elaborării unor echipamente moderne de diagnostică și tratament utilizate în optogenetica modernă la absorbția și emisia fotonilor de către opsinele pentru restabilirea neuronilor sistemului nervos.

### Obiectivele proiectului 2020–2023

1. Au fost 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, s-au propus metode și modele noi de interacțiune neliniară a subsistemului mic cu setul de oscilatori anarmonici ai termostatului.
3. S-a propus o metodă selectivă de ionizare și rupere a legăturilor peptide primare dintre unii aminoacizi ai proteinelor tubulare ale unor clase de viruși și bacterii.
4. Efectele non-Marcoviene au fost descrise de ecuații Master pentru explicarea unor divergențe dintre conceptul tradițional și cel experimental observate recent atât în microbiologie cât și în sistemele moleculare.
5. La conversia de tip Raman pentru excitarea colectivă a unor centre de vibrație din tubulinele Alpha și Beta ale proteinelor neuronale s-a evidențiat atât absorbția cât și emisia cooperativă a bi-cuantelor și fotonilor corelați. În acest sens având ca scop final propunerea conceptelor noi de transmitere a informației prin ele.
6. S-au propus algoritmi și modele de transmitere a informației la nivel de fotoni, utilizând noțiunea de q-bit, q-trit, discord cuantic, fidelitate cuantică, necesare astăzi în era digitală pentru înscrierea și citirea datelor.

7. La excitarea bi-fotonică cooperativă a radiatorilor, plasați în cavități optice sau în zona câmpului evanescent s-a propus drept obiectiv modalități noi de dirijare a acestora. Utilizarea controlului emisiei și absorbției cooperative cu ajutorul pulsurilor scurte de lumină ce se propagă prin setul de fibre optice cuplate.

8. Un alt obiectiv al proiectului ținea de utilizarea emisiei coerente bi-modale la conversia fotonilor din modul de pompă în modurile Stokes și anti-Stokes pentru diagnostică moleculară a țesuturilor organice.

9. S-au stabilit condițiile de activare a transportului ionic în proteinele de tip opsin (channelrhodopsin, halorhodopsin, archaerhodopsin) prin intermediul unui flux de fotoni din diapazonul spectrului vizibil, care pot sta la baza unor propuneri de echipamente noi pentru tratarea unor maladii neuronale.

10. Un model, se propune, de dirijare a ionilor centrelor de excitare situate în lanțul de aminoacizi care pot colectiv absorbi fotonii și totodată să participe la transportul cooperativ al excitărilor de la un nod la altul sub acțiunea potențialului electric format în urma ionizării spontane. Modelul poate fi utilizat în transportul celular de enzime și alte biomolecule.

11. Efectele menționate mai sus vor sta la baza propunerilor de echipamente noi de tip decontaminatoare de patogeni pentru fluide, suprafețe plane, țesut celular, pentru diagnostica moleculară.

### **Rezultate planificate conform proiectului depus (obligatoriu)**

O abordare modernă a interacțiunilor sistemelor de neechilibru compozite cu termostatul este dezvoltată, utilizând diferite constante de cuplaj pentru fiecare subsistem separat în parte. Această metodă simplifică tabloul cooperativ al interacțiunilor dintre atomii plasați în zona câmpului evanescent al metamaterialului. În baza efectelor evidențiate propunem dispozitive fotonice noi pentru procesarea informației la nivel cuantic, diagnostica moleculară. Un model de cuplaj dintre fibrele optice cu proteinele foto-absorbante este propus. Metoda propusă a fost exportată la interacțiunile fononice dintre unele sisteme de vibrație locale cvasi-moleculelor mai grele plasate în lanțurile de aminoacizi ai unor proteine. Rezultate scontate noi cu caracter aplicativ s-au obținut în baza următoarelor idei: A. S-a propus un tip nou de molecule fotonice în care spațiu dintre împachetarea cubică (ori tetragonală) a micro/nanosferelor de tip rezonator optic s-a suplinit cu un alt subsistem de micro/nanosfere de diametru mai mic. Pentru ca sistemul cuplat de sfere mici și mari să funcționeze ca un tot întreg în molecula fonică, este necesar ca funcțiile de undă staționare dintr-un subsistem de sfere să fie stări proprii ale undelor de galerie staționare din alt subsistem. Deoarece modurile cooperative de lumină sunt o superpoziție a funcțiilor proprii al fiecărui subsistem luat în parte, fotonii de aceeași frecvență din ele tunelând liber dintr-o cavitate sferică în alta, au format de facto starea moleculară colectivă. B. Propunem astfel de microrezonatoare cuplate pentru cercetări aplicative pentru viitorul apropiat. Aici apar consecințe când semilungimea de undă nu este comensurabilă cu dimensiunile unui subsistem de microrezonatoare. În această situație se poate de retransmis

informația dintr-un subsistem în altul de rezonatoare optice, utilizând efectul Raman indus. De exemplu dacă unda de lumină ar avea o frecvență, ce coincide doar cu frecvența modului de ghidare din microrezonatoarele mari atunci ea s-ar propaga doar prin ele, formând un subsistem separat. Această proprietate selectivă de propagare a fotonilor în cristale fotonice formate din mai multe subrețele fotonice ar deschide o modalitate nouă de transmitere și prelucrare a informației. În cazul ghidurilor de unde nanometrice, pentru ca în fibrele subțiri să putem introduce condiționat informația din subsistemul de fibre groase avem nevoie de re-emiițători de tip Raman de fotoni, care efectiv sub acțiunea semnalului din exterior ar converti fotonii din modurile subsistemului de fibre groase în subsistemul de fibre subțiri. Acești emiițători plasați în superpoziția zonelor de câmp evanescent sub acțiunea luminii de pompare ar putea transfera fotonii din modul Stokes (mod propriu pentru fibrele groase) în modul anti-Stokes (mod propriu pentru fibrele subțiri). Aceste efecte pot sta la baza unor echipamente pentru diagnostică moleculară atunci când în loc de atomi drept convertori utilizăm anumite specii de biomolecule. La număr mic de fotoni sistemul ar putea fi utilizat în optica cuantică pentru generarea fotonilor inseparabili în moduri cuplate, când o cantă se află în superpoziția modurilor cuplate ale fibrelor subțiri și groase simultan. Utilizarea fibrelor optice în optogenetică și dirijarea curenților ionici sub acțiunea luminii ghidate în diapazonul 460-500 nm permit activarea implantului de proteine de tip opsin (Channelrhodopsin 2, Halorhodopsin, Archaelhodopsin etc) necesar în cazul maladiilor neuronale. O penetrare slabă a luminii din diapazonul spectral sus menționat în țesutul neuronal (mai mică de 1 mm ) poate fi evitată doar la excitarea bicuantică în spectrul infraroșu. Propunem surse de lumină mult mai efective pentru sistemele ghidare optică sus menționate, care au o eficiență mult mai mare la absorbția bicuantică. Aceste surse au o bandă largă de emisie și practic nu sunt absorbite de tranzițiile mono-cuante ale țesutului celular. Ele constau dintr-un număr mare de fotoni distribuiți într-un diapazon larg de frecvențe al spectrului infraroșu. Sursele bi-cuante multimodale se propun nu numai pentru optogenetică, dar și pentru inactivarea unor patogeni situați mai adânc de 1mm în țesutul celular. Ele pot avea o eficiență mult mai ridicată la excitarea cu pulsuri scurte laser a țesutului celular.

## **2. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute**

Rezultatele teoretice obținute ale cercetărilor științifice pot sta la baza creării de noi cursuri pentru studenții din cadrul Universităților, în domeniul Fizicii și Ingineriei, atât la treapta de licență cât și master. Rezultatele cercetării aplicative în cadrul proiectului pot fi implementate direct prin utilizarea dispozitivelor de decontaminare a fluidelor în diferite domenii cum ar fi: spații colective, spații de agrement, sisteme de ventilație, transport public etc. Multe din ele pot sta la baza unor integrări paralele pentru a decontamina, dezinfecă volume imense de fluide (gaze, lichide) în caz de situație excepțională (hazard). Rezultatele cercetărilor anterioare, demonstrează că decontaminatorul de lichide și gaze, DK\_liquid și DK\_gaze au un potențial major în domeniul inactivării patogenilor din fluide, utilizând radiația UVC. Inovația metodei propuse constă în posibilitatea decontaminării fluidelor netransparente în domeniul spectral UVC, în care eficiența metodelor clasice este una redusă semnificativ.

### 3. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)

Echipa de cercetare a activat integral pe toată perioada planificată în cadrul proiectului ANCD **20.80009.5007.01** „Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, metamateriale) și aplicarea acestora în informatică, bio- fonică avansată optogenetică”. Au fost propuse posibilități noi de cooperare neliniară dintre diferite specii de emițători cuantici la emisia și absorbția fotonilor și fononilor. Aceste modele neliniare de cooperare solicită introducerea unor noi parametri de ordine la tranzițiile de fază induse de tip emisie laser în care pătratul intensității de câmp, pătratul polarizării speciilor de emițători în interacțiune, pătratul de spin total și moment magnetic iau în considerație caracterul colectiv al componentelor fiecărei specii. Acești noi parametri de ordine capătă amplitudine și fază bine determinată și pot fi utilizați în studiul de mai departe a structurii moleculelor (biomoleculelor) în procesul interacțiunii radiației cu sistemele de neechilibru (ce include și țesuturi celulare) [Optics Communications 2021, European Journal of Phys. Plus 2022, Physica Scripta 2024]. Ei stau la baza dezvoltării unor abordări noi pentru tranzițiile de fază în mai multe tipuri/specii de emițători. Posibilitățile de cooperare între emițători au fost extinse atât pentru efectele colective dintre fotonii modurilor de cavitate sau modurilor de lumină ghidată prin fibră optică, cât și pentru vibrațiile lanțurilor de ADN/ARN aminoacizi dintr-o serie de proteine cum ar fi rodopsine, microtubuli, hemoglobină. Cercetarea acceptată într-o serie de proiecte internaționale (STCU, NATO SPS, grant Bilateral Moldova-Italia, Moldova -Romania) au unit ca un tot întreg două tipuri de efecte cooperative dintre emițători. Primul fiind legat de sisteme dipol-active de emițători cuantici ca nucleele, atomii, moleculele cu dimensiuni mai mici decât semi-lungimea de undă a cuantei emise sau absorbite (ca de obicei pentru atomi, nuclee acest parametru mic este de ordinul  $1/1000$ ). Al doilea tip de emițători cuantici cuplați pot fi considerați micro-/nano- rezonatoarele, formate din elemente optice sub formă de sfere, toruri, fibre, conuri ori alte forme topologice cu dimensiuni geometrice comensurabile cu semi-lungimile de undă staționară generate în ele (MDPI, Metamateriale 2023, acceptat spre publicare). Ele pot fi întâlnite și în natura. Ca exemplu fiind nucleul unei celule, ori sistemele de tubuline cuplate în proteinele tubulare ai unor neuroni etc.

Efecte de ne-echilibru ca superfluorescența, laserul bifonic, tranziții de fază induse au fost expuse în baza unor modele și metode dezvoltate de autori. Extinderea ariei de aplicare ale fenomenelor de echilibru și ne-echilibru la interacțiunea neliniară cu termostatul sunt aplicate în teoria tranzițiilor de fază din termodinamică și fizică statistică (Superradianță, supraconductibilitate etc.). În informatica cuantică se propun efecte coerente între blocuri de particule (două sau mai multe) cum ar fi bifotoni, bifononi, biomolecule etc. (Optics Communications 2021, Bâzgan Sergiu, teză de doctor susținută public).

La cuplajul optic aceste elemente pot forma structuri colective sub formă de molecule fotonice ori cristale fotonice. Elementele acestor structuri fiind relativ mari comparativ cu emițătorii atomici (moleculari), permit un cuplaj de rezonanță optică cu primul grup prin zona câmpului evanescent din apropiere de suprafața fiecăreia din ele. Am atras o atenție deosebită creșterii acestei suprafețe de contact din zona câmpului evanescent la micșorarea perioadei unei astfel de structuri periodice.

Într-o astfel de rezonanță optică, atomii plasați în zona câmpului apropiat pot fi ușor manipulați prin această interfață dintre metamaterial și fiecare radiator. Au fost propuse o varietate nouă de molecule fotonice, ce conțin diferite elemente optice în contact, care se deosebesc atât prin dimensiuni cât și prin structura lor topologică. Pentru atomii (moleculele) captate în structurile sus menționate sunt cercetate efecte noi în care sunt luate în considerație aspectul cuantic al emisiilor de fotoni unde inseparabilitatea, indistinctibilitatea între stări și cuante, fidelitatea, discordul cuantic au devenit mărimi pentru descrierea proprietăților importante ale fluxului de cuante. S-au evidențiat posibilități noi de excitare, ionizare și emisie colectivă de cuante de către emițători captați în zona câmpului evanescent.

Efecte cooperative noi din regiunea zonei câmpului apropiat al acestor structuri la cuplajul optic cu emițătorii (atomi, molecule, biomolecule) au stat la baza multor elaborări și lucrări științifice cu caracter aplicativ. Ele au corelat cu necesitățile stringente ale biologiei și medicinei moleculare în care manipularea și dirijarea unor biomolecule/virusi devine o necesitate. O atenție sporită s-a acordat suprafețelor de contact ale elementelor metamaterialelor cu fluidul contaminat la penetrarea acestuia printre elemente metamaterialului. Echipamentele elaborate în laborator sunt modernizate atât în baza structurilor noi cvasi-periodice de metamateriale compozite, formate din bile și fibre de cuarț cu dimensiuni variate, cât și prin utilizarea radiației pulsate laser de ordinul nanosecundelor din regiunea spectrală UV-C în combinație cu pulsuri din alt diapazon spectral.

Noua arhitectură a echipamentelor de decontaminare se bazează pe aplicarea unor efecte moderne de manipulare optică și cooperativă pentru inactivarea agenților patogeni (virusi, bacterii, ciuperci) și compuși chimici periculoși. Una dintre ele constă în stabilirea rezistenței și inactivării selective a acelorși agenți patogeni luând în considerare dependența de eficiența decontaminării în funcție de frecvența duratei pulsului de lumină. Alte efecte sunt legate de utilizarea pensetei optice în zona cu radiații mai mari (în cazul pulsurilor UVC în special) și acțiunii centrifuge asupra particulelor de rotație (patogen, aerosoli, etc). Ultima manipulare se bazează pe diferența dintre indicele de refracție optică al agenților patogeni și purtătorii acestora (picături, aerosoli) care conform efectului „tweezer” (pensetă optică) este atras în zona cu radiație de intensitate mai mare. Al doilea efect constă în manipularea agenților patogeni încapsulați în picături și aerosoli folosind efectul de accelerare al particulelor din fluide cu deficite de densitate mai mici/mari decât cel fluid (efect expus de echipa noastră la Euroinvent, OSA 2021). Noi posibilități de interacțiune cooperativă neliniară între diferite specii de biomolecule în procesul de emisie și absorbție a fotonilor au fost luate în considerare pentru îmbunătățirea eficienței echipamentelor de inactivare a agenților patogeni. Acest model neliniar de cooperare necesită introducerea de noi parametri de ordine și este legat de tranziții de fază induse în interacțiunea materie-laser în care pătratul intensității câmpului, pătratul de polarizare a speciei emițătoare [Opt. Com. 2021, 498, 127124] în interacțiune ia în considerare caracterul colectiv al componentelor fiecărei specii de biomolecule. S-au utilizat metamaterialele pentru a ne bucura de notorietatea în zilele noastre a acestora în decontaminarea fluidelor, detectarea agenților patogeni. În comparație cu echipamentele anterioare, intenționăm să combinăm radiația de impuls cu procedura de reambalare a elementelor mai mici, printre unul mare, care include metamaterialele (constituite din sfere sau fibre) pentru promovarea îmbunătățirii

depoluării împotriva agenților patogeni (microbi și viruși). A fost demonstrat că suprafața totală a metamaterialelor în contact cu fluidele/suprafața contaminate este semnificativ mai mare. Aceste aspecte ale decontaminării eficiente cu radiații ultraviolete (UVC) deschid noi perspective în construcția de noi echipamente cu sensibilitate ridicată în decontaminarea sau detectarea microorganismelor. *Model teoretic propus:* Pentru descrierea dependenței de intensitate a modificării a structurii ADN-ului sub acțiunea radiației UVC propunem aproximația Born-Oppenheimer (1927) frecvent utilizată în chimie și microbiologie. În această abordare, subsistemul nucleelor este caracterizat de vectorii,  $R = \{R_1, R_2 \dots R_n\}$ , și este considerat un subsistem lent în comparație cu cel electronic,  $r = \{r_1, r_2 \dots r_n\}$ . Această ne permite să reprezentăm funcția de undă moleculară prin produsul funcțiilor de undă ale subsistemelor de electroni,  $|\Psi^{(e)}(r, R)\rangle$ , și a subsistemului de nucleu,  $|\chi(R)\rangle$ , ale moleculelor respective:  $|\Psi^{(e)}(r, R)\rangle \otimes |\chi(R)\rangle$ . Modificarea structurilor ADN și ARN are loc sub acțiunea radiației UVC, așa cum este reprezentată schematic în Fig.1 A prin modificare de legături covalente, iar în figurile 2 A,B prin modificări de potențial de interacțiune. Considerând pozițiile nucleelor fixate, scriem ecuația Schrödinger pentru subsistemul electronic în această aproximație adiabatică,  $H^{(e)}(r, R_s) |\Psi^{(e)}(r, R_s)\rangle = E^{(e)}(R_s) |\Psi^{(e)}(r, R_s)\rangle$ .

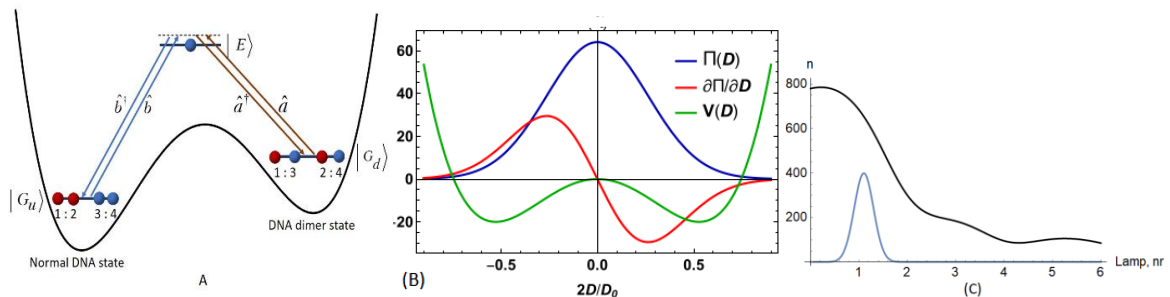


Fig. 1 .(A) Descrierea legăturilor covalente între nucleobazele Adenină și Timină prin două legături covalente de tip Hidrogen : A=T – starea normală a moleculei ADN și descrierea prin două legături covalente a stării dimer dintre două timine T=T. (B)- Bariera de potențial și polarizarea moleculară  $\Pi(D)$  și derivata ei  $\partial\Pi(D)/\partial D$  în tranziția Raman dintre dimer și starea normală. Fig. (C) reprezintă numărul de colonii și rata de decontaminare,  $-\partial n/\partial I$  (abstru în unități relative) ca funcție de numărul de becuri (de intensitate UVC) aplicată fluidului din corul echipamentului de decontaminare.

În mod evident, valoarea proprie a energiei electronice,  $E^{(e)}$ , depinde de pozițiile nucleelor fixate la timpuri scurte,  $R_s$ . Variind aceste poziții ale electronilor putem soluționa ecuația Schrödinger a subsistemului electronic într-un interval de timp scurt, în care energia proprie,  $E^{(e)}$ , în mod evident va depinde de coordonatele lente ale nucleelor,  $R_s$ . Să introducem modificări ale ADN la ruperea legăturilor nucleotidelor de Adenină (A) și Timină (T) sub acțiunea câmpului electromagnetic. Energia de interacțiune a multipolilor electrici moleculari poate fi aproximată cu acțiunea câmpului electric în timpul deplasărilor electronilor la o distanță,  $r_j$ , față de nucleu. Lucrul mecanic la deplasarea electronilor în astfel de dipoli are



forma,  $\hat{H}_I = \sum_j e\hat{V}(r_j)$ , unde potențialul electric de interacțiune este reprezentat de expresia,  $\hat{V}(r_j) = \int_0^r (d\vec{r}', \hat{E}(\vec{r}', t))$ , în care partea magnetică a câmpului este neglijată.

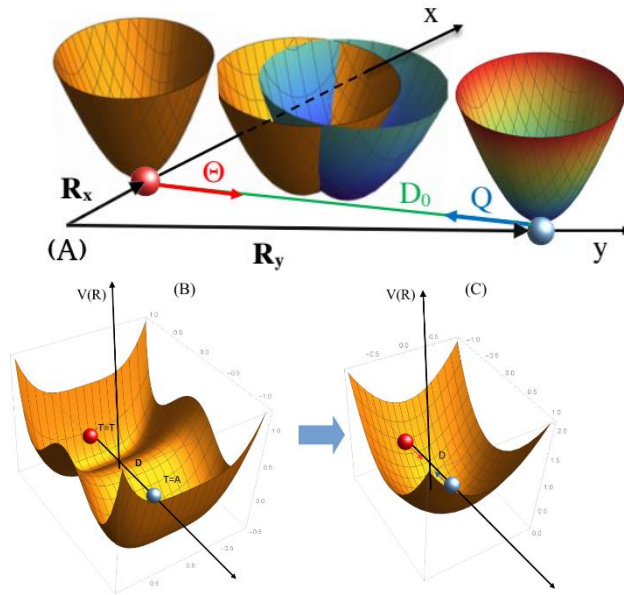


Fig. 2 (A) Schiță ilustrativă a celor două minime ale aceluiași potențial, una situată pe axa,  $x$ , corespunzătoare stării dimer,  $T=T$ , iar al doilea minim este situat pe axa,  $y$ , și corespunzătoare stării normale a ADN-ului /ARN,  $A=T$ . (figura din dreapta,  $B \Rightarrow C$ ) Trecerea de la potențialul de puț dublu (B) la potențial de puț unic (C) când intensitatea câmpului UVC crește până la o valoare critică  $I_c$ .

Funcțiile de undă moleculare înainte și după acțiunea radiației UVC le reprezentăm prin legături covalente ale celor două nucleobaze adiacente în ADN utilizând notațiile,  $\{1::2\}$  și  $\{3::4\}$  a adeninei (A) și timinei (T) pentru orbitali moleculari sub formă de stare mixată similară legăturilor covalente ale moleculei de hidrogen:  $|\Psi_{H_2}(\zeta, R)\rangle = [2(1+S_{ab})]^{-1/2} (|\varphi_a(1)\rangle \otimes |\varphi_b(2)\rangle + |\varphi_b(1)\rangle \otimes |\varphi_a(2)\rangle)$ . Aici expresia,  $S_{ab} = \left( \int \varphi_a(r) \varphi_b(r) dr \right)^2$  este integrala de suprapunere a orbitalilor moleculari, care descrește exponențial cu distanța,  $R$ , dintre două nuclee reprezentate în Fig. 1A prin cupluri electronice. Se consideră că o legătură covalentă se realizează între doi atomi de tip hidrogen cu doi electroni indistinctibili, 1 și 2, fiecare dintre ei fiind localizați într-una dintre stările,  $|\varphi_a(i)\rangle$  sau  $|\varphi_b(i)\rangle$ , aproape de nucleul,  $a$ , ori  $b$ , la apropierea acestora (aici electronii sunt identificați prin,  $i=1,2$ ). La simpla dimerizare a ADN-ului (sau ARN-ului) nucleobazele catenare se modifică trecând în stare dimer reprezentată în Fig. 1(A) prin deteriorarea a două nucleobaze adiacente,  $T=A$  și  $T=A$  (vezi Fig. 2 A și Fig.3). Conform modelului două

legături covalente ale timinei cu adenina la excitare pot trece în alte două legături chimice covalente dintre timinele adiacente aflate la distanța de ordinul a  $3 \text{ \AA}$ . numite dimer, de-a lungul catenei,  $x$  (vezi Fig. 2 A

##### **.5. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba română (Anexa nr. 1)**

#### **Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect perioada 2020-2023**

*Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, meta materiale) și aplicarea acestora în informatică, bio-fotonică avansată optogenetică*

**Cifra proiectului 20.80009.5007.01 P1P2 0487**

#### **Limba română 1 pagină:**

Este propus un model semiclassical (clasic a fost considerat câmpul electromagnetic ce descrie radiația ultravioletă de tip C (UVC) și câmpul cuantic al moleculelor) care descrie dependența ratei de dimerizare ADN/ARN în funcție de intensitatea radiației UVC. În special, un model neliniar este dezvoltat pe baza proceselor asemănătoare Raman din optica cuantică. Principalul rezultat al teoriei arată că procesul de dimerizare în ADN/ARN depinde puternic de intensitatea luminii UVC, dovedind astfel un posibil mecanism microscopic cuantic al interacțiunii luminii UVC cu ADN-ul. Pentru a concluziona constatările teoretice am realizat câteva experimente, prin care am dorit să investigăm modul în care rata de inactivare a coloniilor de drojdie depinde de intensitatea iradierii UVC. Rezultatele experimentale evidențiază o scădere neliniară a coloniilor de drojdie reziduale în funcție de intensitatea procesului de iradiere. Totodată s-au studiat posibilitățile de optimizare a intensității radiațiilor UVC în echipamentul de decontaminare considerat prin utilizarea metamaterialelor. S-au dus discuții despre aplicarea unor astfel de echipamente în dezinfectia fluidelor (aer, apă, picături etc.), precum și pentru aerosolii infectați cu SARS-CoV-2.

În special acum când este totul poluat în jur, aplicarea metamaterialelor se bucură de popularitate în decontaminarea fluidelor și anihilarea agenților patogeni, care sunt prezente frecvent în fluidele poluate (de exemplu, apă, sânge, plasmă sanguină, aer sau alte gaze). Efectul de depoluare este în mare măsură sporit de iradierea UVC. Noutatea acestei contribuții vine din creșterea semnificativă prin ambalarea suprafeței totale a metamaterialelor în contact cu fluidele contaminate. Probele de metamaterial ambalate sunt supuse iradierii UVC, cu avantaje așteptate pentru sterilizarea implantului și prevenirea pe termen lung a infecțiilor nosocomiale (sau infecție intraspitalicească) pe zone clinice mari. Aspectul nou al investigației constă într-o combinație de elemente mari și mici ale metamaterialului pentru a optimiza efectele de mai sus legate de fluide și iradiere. Elementele mari permit radiației să pătrundă adânc în fluid, iar elementele mici dispersează în mod optim această radiație către regiunile mai adânci ale metamaterialului. Este propusă o schemă de împachetare a sferelor metamateriale mari, între sfere și fibre mai mici, pentru a promova o depoluare sporită împotriva agenților patogeni. S-a

demonstrat că suprafața totală a metamaterialelor în contact cu fluidele/suprafețele contaminate este semnificativ crescută ca urmare a ambalării. Acest aspect important deschide, în opinia noastră, noi perspective de bun augur în construcția de noi echipamente cu sensibilitate ridicată în detectarea și decontaminarea microorganismelor.

**Anexa nr. 2**

## **5. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba engleză**

*Quantum cooperativity between emitters (nuclei, atoms, quantum dots, molecules, biomolecules, metamaterials) and its application in informatics, optogenetic advanced bio-photonics*

**Project number 20.80009.5007.01**

### **English language 1 page:**

A semiclassical (light classical and molecule quantum) model describing the dependence of DNA/RNA dimerization rate as function of the ultraviolet C (UVC) radiation's intensity was proposed. Particularly, a nonlinear model is developed based on the Raman-like processes in quantum optics. The main result of the theory shows that the process of dimerization in the DNA/RNA depends strongly on the UVC light's intensity, thus proving a possible quantum microscopical mechanism of the interaction of UV light with the DNA. In order to conclude the theoretical findings, we carried out some experiments, through which we wanted to investigate how the rate of inactivation of yeast colonies depends on the intensity of UVC irradiation. The experimental results evidence a nonlinear decreasing of the residual yeast colonies as a function of the intensity in the irradiation process. At the same time, the possibilities of optimizing the intensity of UVC radiation in the decontamination equipment considered by using metamaterials were studied. The application of such equipment in disinfection of fluids (air, water, droplets, etc.), as well for the SARS-CoV-2-infected aerosols, was discussed.

Especially now that everything around is polluted, the application of metamaterials enjoys popularity in the decontamination of fluids and the annihilation of pathogens, which are frequently present in polluted fluids (for example, water, blood, blood plasma, air or other gases). The depollution effect is largely enhanced by UVC irradiation. The novelty of this contribution comes from the significant increase by packing of the total surface of metamaterials in contact with contaminated fluids. Packed metamaterial samples are subjected to UVC irradiation, with expected advantages for implant sterilization and long-term prevention of nosocomial infections over large clinical areas. The novel aspect of the investigation consists of a combination of big and small elements of the metamaterial to optimize the above effects connected with fluids and irradiation. The big elements allow the radiation to penetrate deep inside the fluid, and the small elements optimally disperse this radiation toward deeper regions of the metamaterial. A packing scheme of smaller, in-between large metamaterial spheres and fibers is proposed for promoting enhanced depollution against pathogen agents. Was

demonstrated that the total surface of metamaterials in contact with contaminated fluids/surface is significantly increased as a result of packing. This important aspect opens, in our opinion, new auspicious perspectives in the construction of new equipment with high sensitivity in the detection and decontamination of microorganisms.

## 6. Lista publicațiilor științifice pentru perioada 2020-2023 (Anexa nr. 2) (obligatoriu)

Lucrări peste hotare:

1. **Paslari, T.; Starodub, E.; Turcan, M.; Munteanu, I.; Bazgan, S.; Enaki, N.A.** Improvement of ultraviolet C decontamination rate using composite quartz metamaterial. *GSC Bio Pharm Sciences*. 2022, **20(3)**, 187—191. Doi: [10.30574/gscbps.2022.20.3.0263](https://doi.org/10.30574/gscbps.2022.20.3.0263); Open Access: <https://gsconlinepress.com/journals/gscbps/sites/default/files/GSCBPS-2022-0263.pdf> [Cosmos IF 6.25; General IF 3.85]
2. **Enaki, N.A.; Paslari, T.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Munteanu, I.; Turcan, M.; Ereemeev, V.; Profir, A.**; Mihailescu, Î.N. UVC radiation intensity dependence of pathogen decontamination rate: semiclassical theory and experiment. *Eur Phys J Plus*. 2022, **137(9)**, 1047-1—1047-14. Doi: [10.1140/epjp/s13360-022-03252-y](https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-03252-y) (IF: 3,758). Or: Open Acces MedPub Central, Nature Public Health Emergency collection : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9476412/>
3. **Enaki, N.A.; Pislari, T.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Marin, T.; Turcan, M.** The efficiency of Screw channels in metamaterials for pathogen decontamination under ultraviolet C radiation. *Int J Med Sci Clinic Invention*. 2022, **9(6)**, 6153—6156. Doi: [10.18535/ijmsci/v9i06.05](https://doi.org/10.18535/ijmsci/v9i06.05). Open Access <https://valleyinternational.net/index.php/ijmsci/article/view/3520>.
4. **Munteanu I.; Turcan M. , Starodub E., Bazgan S., Nistreanu A., Paslari T. and Enaki N.A.,** Ultraviolet C Radiation for Disinfection and Protection Using Periodical Optical Structure for Dental Implant, IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering EHB 2022 - 10-th Edition, 17-19 noiembrie , Acceptată pentru IEEE Proceedings 4 pp în presă. Conferința Internațională: Health and Bioengineering EHB 2022 - 10-th Edition November 17-19, 2022, Iasi, [http://www.ehbconference.ro/Portals/0/EHB2022\\_Detailed\\_Program.pdf](http://www.ehbconference.ro/Portals/0/EHB2022_Detailed_Program.pdf).
5. Molinares, H.; **Ereemeev, V.**; Orszag, M. Phonon trapping states as a witness for generation of phonon blockade in a hybrid micromaser system. *Eur Phys J Plus*. 2022, **137(8)**, 981-1—981-11. Doi: [10.1140/epjp/s13360-022-03148-x](https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-03148-x) (IF:3,758).
6. **N. A. Enaki** , Mutual cooperative effects between the mode components of two-photon and Raman induced cavity lasing processes, Global Experts Meet on Laser, Optics, and

Photonics 2022 (GEMELOS 22) is focused on the innovatory approach for innovation and invention in Optics, Lasers, *Innovation from paper: Optics Communications, Volume 498, 1, November 2021, 127124.*  
<https://www.mscholarconferences.com/LaserOpticsPhotonics2022/9/home.html#speaker>

7. **Enaki, N.A.; Starodub, E.; Paslari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.; Marin, T.** Development of Ultraviolet C Decontamination Equipment on the Bases of Quartz Meta-Materials. În: *Biophotonics Congress 2021. OSA Technical Digest (Optical Society of America, 2021)*. Conference "Optics InfoBase Conference Papers Optical Manipulation and Its Applications", OMA 2021 - Part of Biophotonics Congress: Optics in the Life Sciences, April 12-16, 2021, San Diego, USA, p. JT4A.3 . ISBN: 978-1-943580-85-9.
8. **Pislari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Enaki, N.A.** Cooperative UVC activation on metamaterial and improvement of decontamination rate using the screw channels in it. În: *Biophotonics Congress 2021. OSA Technical Digest (Optical Society of America, 2021)*. Optics InfoBase Conference Papers: Optical Manipulation and Its Applications, OMA 2021 - Part of Biophotonics Congress: Optics in the Life Sciences, April 12-16, 2021, San Diego, USA, p. AF2D.6. ISBN: 978-1-943580-85-9.
9. **Enaki, N.A.; Starodub, E.; Paslari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.** Increasing of Decontamination Rate of Infected Fluid by Rotation Channels under the Dispersion of Ultraviolet C Radiation by Composite Metamaterial. *Phys Sci & Biophys J.* 2021, **5(2)**, 000188-1—000188-9.
10. **Enaki, N.A.; Starodub, E.; Paslari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.** Close Packing of Elements of Transparent Metamaterials in UVC Diapason and its Influence on The Decontamination Efficiency. În: *J Immun Infect Diseases.* 2021, **8(1)**, 1—14. [10.1007/978-3-030-31866-6\\_84](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_84)
11. **Pislari, T.** Transferul neliniar cooperativ al energiei atomilor în câmpul vid al cavității. *Revista de știință, inovare, cultură și artă "Akademos"*. 2021, **3 (62)**, 16—18. Doi: [10.52673/18570461.21.3-62.01](https://doi.org/10.52673/18570461.21.3-62.01).
12. **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](https://doi.org/10.1088/1402-4896/ab7653) (IF: 2,151).
13. **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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_69).
14. **Tonu, V.; Vovc, V.; Enache, N.** Cardiorespiratory Coupling: A Review of the Analysis Methods. În: *IFMBE Proceedings, V. 77, Springer, 2020*, p. 469—474.

## Lista lucrărilor publicate în anul 2021

1. **Enaki, N.A.; Starodub, E.; Paslari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.** Close Packing of Elements of Transparent Metamaterials in UVC Diapason and its Influence on The Decontamination Efficiency. În: *J Immun Infect Diseases*. 2021, **8(1)**, 1—14. [10.1007/978-3-030-31866-6\\_84](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31866-6_84)
2. **Pîslari, T.** Transferul neliniar cooperativ al energiei atomilor în câmpul vid al cavității. *Revista de știință, inovare, cultură și artă "Akademos"*. 2021, **3 (62)**, 16—18. Doi: [10.52673/18570461.21.3-62.01](https://doi.org/10.52673/18570461.21.3-62.01).
3. **Enaki, N.A.; Starodub, E.; Paslari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.; Marin, T.** Development of Ultraviolet C Decontamination Equipment on the Bases of Quartz Meta-Materials. În: *Biophotonics Congress 2021. OSA Technical Digest (Optical Society of America, 2021)*. Conference "Optics InfoBase Conference Papers Optical Manipulation and Its Applications", OMA 2021 - Part of Biophotonics Congress: Optics in the Life Sciences, April 12-16, 2021, San Diego, USA, p. JTU4A.3 . ISBN: 978-1-943580-85-9.
4. **Pislari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Enaki, N.A.** Cooperative UVC activation on metamaterial and improvement of decontamination rate using the screw channels in it. În: *Biophotonics Congress 2021. OSA Technical Digest (Optical Society of America, 2021)*. Optics InfoBase Conference Papers: Optical Manipulation and Its Applications, OMA 2021 - Part of Biophotonics Congress: Optics in the Life Sciences, April 12-16, 2021, San Diego, USA, p. [AF2D.6](#). ISBN: 978-1-943580-85-9.
5. **Enaki, N.A.; Starodub, E.; Paslari, T.; Turcan, M.; Bazgan, S.** Increasing of Decontamination Rate of Infected Fluid by Rotation Channels under the Dispersion of Ultraviolet C Radiation by Composite Metamaterial. *Phys Sci & Biophys J*. 2021, **5(2)**, 000188-1—000188-9. Doi: [10.23880/psbj-16000188](https://doi.org/10.23880/psbj-16000188).
6. **Enaki, N.A.** Mutual cooperative effects between the mode components of two-photon and Raman induced cavity lasing processes. *Opt Commun*. 2021, **498**, 127124. Doi: [10.1016/j.optcom.2021.127124](https://doi.org/10.1016/j.optcom.2021.127124) (IF: 2,35).
7. **Turcan, M.** Detectarea stărilor bicuantice dintr-o cavitate surdă prin metoda ionizării stărilor atomice, utilizată în micromaser. *Revista de știință, inovare, cultură și artă "Akademos"*. 2021, **60(1)**, 29—33. Doi: [10.52673/18570461.21.1-60.03](https://doi.org/10.52673/18570461.21.1-60.03).

8. **Turcan, M.;** Paslari, T. Raman Cooperative UV Generation with Possible Applications in Microbiology. În: *Terahertz (THz), Mid Infrared (MIR) and Near Infrared (NIR) Technologies for Protection of Critical Infrastructures Against Explosives and CBRN*. Ed.: Mauro Fernandes Pereira, Apostolos Apostolakis, Dordrecht: Springer, 2021. 237—252 p. ISSN 978-94-024-2082-4. Doi: [10.1007/978-94-024-2082-1\\_17](https://doi.org/10.1007/978-94-024-2082-1_17).

### **Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice 2021:**

1. Raport oral “Cooperative UVC activation on metamaterial and Improvement of decontamination rate using the screw channels in it”, prezentată de către **T. Pislari**, coautori: M. Turcan, S. Bazgan, E. Starodub și N. A. Enaki, la Congresul de Biofotonică “Biophotonics Congress 2021”.
2. Raport oral ”Optical Manipulation and Its Applications”, prezentată de către **N.A. Enaki** la Washington, DC United States OSA Technical Digest (Optical Society of America, 2021), 12–16 April 2021, ISBN: 978-1-943580-85-9.
3. Raport oral “Quantum Aspect of Raman Induced Emission of Entangled Photons in Three Cavity Mutual Coupled Modes”, prezentată de către **Enaki N. A.** coautori Elena Starodub, Tatiana Paslari, Marina Turcan, Sergiu Bazgan, în cadrul Conferinței Internaționale: Quantum Mechanics (iquantum-2021) Oral presentation; June 09-10, 2021, Proceedings PHRONESIS LLC, 5 Great Valley Pkwy, <https://phronesisonline.com/>, <https://drive.google.com/file/d/1vj6TdCNXhBIZ4ZXTavImLswJFE96Y0km/view>.
4. Raport oral “Close packing of fiber/spherical elements of transparent metamaterials in UVC diapason and its influence on the biological decontamination efficiency”, prezentată oral, in SPIE Optifab, de către **Enaki N. A.**, coautori: T. Paslari, E. Starodub, M. Turcan, S. Bazgan, 18 - 21 October 2021, Rochester, New York, United States, Paper 11889-38.

### **Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect:**

1. **Expoziția INFOINVENT din 19 Noiembrie 2021, 2022**  
<https://agepi.gov.md/ro/news/expozi%C8%9Bia%20interna%C8%9Bional%C4%83-deinven%C8%9Bii%E2%80%9Einfoinvent%E2%80%9D-%C8%99i-desemnate%C3%A2%C8%99tig%C4%83torii>
2. Premiul cel mare pentru tinerii cercetători a fost primit de echipa acestui proiect: Această invenție, de asemenea a fost susținută de Conferința de BioOptică organizată de Societatea de Optica din America (OSA) în Aprilie 2021, unde membrii echipei au avut onoarea să participe online.



3. În minutul 15 în mass media a fost declarat premiul cel mare pentru tinerii Laboratorul Optică Cuantică și Procese Cinetice: <https://www.youtube.com/watch?v=rwoGaZ1SCJU>
4. În cadrul celebrării Ziua Științei în incinta Academiei de Știință a R. Moldova, **Elena Starodub și Ion Munteanu** au prezentat în ziua de 10 Noiembrie 2022 echipamentul elaborat în bază de metamateriale reambalate cu canale de rotație pentru patogeni. <https://www.youtube.com/watch?v=0-3M5ttyt0c&t=90s>
5. Paslari Tatiana, Bazgan Serghei, Starodub Elena, Turcan Marina, Enaki Nicolae. Separarea centrifugala a patogenilor și inactivarea lor cu UVC. Expoziția Internațională Specializată (EIS) „INFOINVENT”, ediția a XVII-a, 19 noiembrie, 2021. **Tatiana Pâslari** - a participat la Expoziția „INFOINVENT” în perioada de 17.11.2021 – 20.11.2021 și a obținut premiul mare, necăutând provocările generate de pandemia COVID-19, ediția din 2021 a Expoziției „INFOINVENT” a fost una marcantă.

### Lista lucrărilor publicate în anul 2022

1. Molinares, H.; Ereemeev, V.; Orszag, M. Phonon trapping states as a witness for generation of phonon blockade in a hybrid micromaser system. *Eur Phys J Plus*. 2022, **137(8)**, 981-1—981-11. Doi: [10.1140/epjp/s13360-022-03148-x](https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-03148-x) (IF: 3,758).
2. **Paslari, T.; Starodub, E.; Turcan, M.; Munteanu, I.; Bazgan, S.; Enaki, N.A.** Improvement of ultraviolet C decontamination rate using composite quartz metamaterial. *GSC Bio Pharm Sciences*. 2022, **20(3)**, 187—191. Doi: [10.30574/gscbps.2022.20.3.0263](https://doi.org/10.30574/gscbps.2022.20.3.0263).



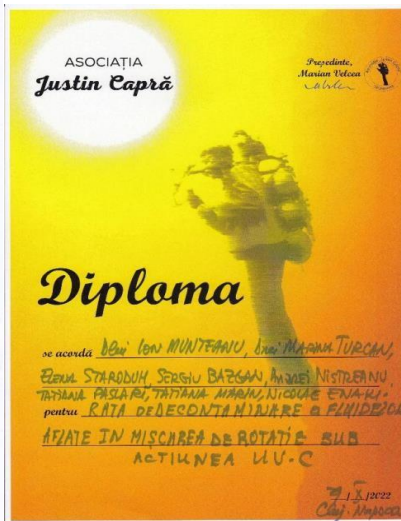
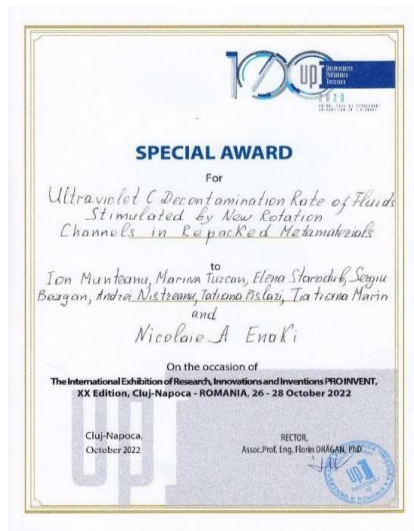
3. **Enaki, N.A.; Paslari, T.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Munteanu, I.; Turcan, M.; Ereemeev, V.; Profir, A.;** Mihailescu, I.N. UVC radiation intensity dependence of pathogen decontamination rate: semiclassical theory and experiment. *Eur Phys J Plus*. 2022, **137(9)**, 1047-1—1047-14. Doi: [10.1140/epjp/s13360-022-03252-y](https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-03252-y) (IF: 3,758).
4. **Enaki, N.A.; Pislari, T.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Marin, T.; Turcan, M.** The efficiency of Screw channels in metamaterials for pathogen decontamination under ultraviolet C radiation. *Int J Med Sci Clinic Invention*. 2022, **9(6)**, 6153—6156. Doi: [10.18535/ijmsci/v9i06.05](https://doi.org/10.18535/ijmsci/v9i06.05).
5. Teza de Doctor susținută public 2022 a competitorului **Sergiu Bazgan** "TRANSFERUL COOPERATIV DINTRE RADIATORII CU MULTE NIVELE LA INTERACȚIUNEA LOR PRIN INTERMEDIUL VIDULUI LIBER ȘI DE CAVITATE".

**Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri).**

1. **INVENTICA 2022 (decontaminator cu canale rotative)** : Iunie Iași, 2022. La tematica proiectului de stat laboratorul Optică Cuantică și Procese Cinetice a avut onoarea de a fi invitat ca participant la cea de-a XXVI-a Expoziție Internațională de Invenții și la cea de-a XXVI-a Conferință de Inventică, organizată de Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachil din Iași și Institutul Național de Inventică din Iași, în perioada 22-24 iunie 2022. Scopul evenimentului este acela de a se crea un forum academic pentru dezvoltarea inovației științifice, la care participă invitați din România, Moldova, Malaezia, Croația, Taiwan, Suedia și Polonia, la cele două manifestări fiind înscrise peste 340 de brevete, cereri de brevete, proiecte de cercetare și lucrări științifice. În cadrul expoziției s-a descris ideea inovatoare a unor mostre create în laboratorul nostru, care în viitorul apropiat vor servi baza unui dispozitiv de decontaminare. **Munteanu Ion** (cercetător științific, doctorand), **Turcan Marina** (dr., cercetător științific superior) au reprezentat Laboratorul Optică Cuantică și Procese Cinetice în cadrul conferinței lucrarea "Application of rotation channels for decontamination of pathogens in metamaterials penetrated by UVC radiation", care a fost publicată ulterior în presă. Ca urmare, pentru creativitatea de care am dat dovadă și pentru prezentarea lucrării în cadrul conferinței, împreună cu colegii noștri, am obținut o diplomă și medalie de aur de la organizatori, Special Award de la Universitatea Politehnica din Timișoara cu medalie.



2. **Pro Invent 2022, ediția XX**, Octombrie 2022, Cluj-Napoca: **Munteanu Ion** (cercetător științific, doctorand), **Turcan Marina** (dr., cercetător științific superior) au reprezentat Laboratorul Optică Cuantică și Procese Cinetice în cadrul evenimentului **Pro Invent 2022, ediția XX**, care a avut loc în perioada 26-28 octombrie, Cluj-Napoca, România cu prezentarea posterului cu denumirea: "Ultraviolet C decontamination rate of fluids stimulated by new rotation channels in repacked metamaterials". Totodată, s-a expus în cadrul salonului un aparat de decontaminare creat în laboratorul din surse proprii. Acest dispozitiv s-a bucurat de mult succes, atrăgând cercetători interesați în colaborare și potențiali investitori. Pentru creativitatea de care au dat dovadă și pentru prezentarea aparatului de decontaminare, a fost obținută o diplomă și medalie de aur de la organizatori, diplomă cu medalie de bronz de la Universitatea Tehnică a Moldovei, Special



- Premiul special de la Universitatea Politehnica din Timișoara și diplomă de la Asociația Justin Capra. La această conferință internațională au fost expuse peste 200 de invenții, cu reprezentanți din diferite țări, societăți cu nume mondial precum Bosch și Michelin.
- Pro Invent 2022, ediția XX, care a avut loc în perioada 26-28 octombrie, Cluj-Napoca, Romania, <https://proinvent.utcluj.ro/>



### Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2022

5. **ENAKI N. A.** - Editor la **International Journal of Theoretical & Computational Physics** Editorial Board: <https://unisciencepub.com/editorial-board-international-journal-of-theoretical-computationalphysics/>
6. **ENAKI N. A.** - Editor la **Physical Science & Biophysics Journal (PSBJ)** , MEDWIN Publishers: <https://medwinpublishers.com/PSBJ/editorial-board.php>:
7. **BAZGAN S.**- membru al comitetului științific, 4th BALKAN PHYSICS OLYMPIAD 2022, <https://sites.google.com/view/bpho2022/committees>

### Lista lucrărilor publicate în anul 2023

1. **Munteanu, I.; Starodub, E.; Enaki, N.A.** Influence of Ultraviolet Radiations Against Bacteria, Fungi, Fungal Spores. Determination of UV Action Spectra Affecting the Infection Process. *Biomed J Sci & Tech Res.* 2023, 50(2), 41448—41454. Doi: 10.26717/BJSTR.2023.50.007920.
2. **Munteanu, I.** Action Of UV-C Radiation for Biomolecules Inactivation, With Application in Diagnostics. *Biomed J Sci & Tech Res.* 2023, 52(1), 43282—43287. Doi: 10.26717/BJSTR.2023.52.008192.
3. **Enaki, N.A.; Munteanu, I.; Paslari, T.; Turcan, M.; Starodub, E.; Bazgan, S.; Podoleanu, D.; Ristoscu, C.; Anghel, S.; Badiceanu, M.; Mihailescu, I.N.** Topological avenue for efficient decontamination of large volumes of fluids via UVC irradiation of packed metamaterials. *Materials.* 2023, 16(13), 4559-1—4559-13. Doi: 10.3390/ma16134559. (IF 3,4).
4. **Enaki, N.A.; Munteanu, I.; Turcan, M., Bazgan, S.; Paslari, T.; Starodub, E.** Application of Rotation Channels for Decontamination of Pathogens in Metamaterials

Penetrated by UVC Radiation. J Infections Diseases Preventive Medicine. 2023, 11(2), 1000296-1—1000296-3. Doi: 10.35841/2329-8731.23.11.296.

5. **Munteanu, I.; Turcan, M.; Starodub, E.; Bazgan, S.; Nistreanu, A.; Paslari, T.; Enaki, N.A.** Ultraviolet C Radiation for Disinfection and Protection Using Periodical Optical Structure for Dental Implant. În: IEEE Xplore, 2023. 2022 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), 17-18 November 2022, Iasi, Romania , p. 1—4 . Doi: 10.1109/EHB55594.2022.9991449.

*Lista publicațiilor pentru anii 2020-2023 în care se reflectă doar rezultatele obținute în proiect, perfectată conform cerințelor față de lista publicațiilor (a se vedea Anexa nr.2)*

*Notă: Lista va include și brevetele de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții (conform Anexei 2)*

**Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice** (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

*Lista forurilor la care au fost prezentate rezultatele obținute în cadrul proiectului de stat (Opțional) se va prezenta separat (conform modelului) pentru:*

- Manifestări științifice internaționale (în străinătate)
- Manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova)
- Manifestări științifice naționale
- Manifestări științifice cu participare internațională

**Model:**

Numele, prenumele, titlul științific al participantului; Titlul manifestării (cu indicarea tipului de manifestare – internațională, națională, cu participare internațională etc.); Organizatori, țara, perioada desfășurării evenimentului; Titlul comunicării/raportului susținut (cu indicarea tipului de prezentare – ședință plenară, sesiune, poster etc.)

**Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri). (Opțional)**

**Model:** Nume, prenume; Distincția; Evenimentul (expoziție, concurs, târg ș.a.)

**Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media (Opțional):**

- Emisiuni radio/TV de popularizare a științei

**Model:** Nume, prenume / Emisiunea / Subiectul abordat

- Articole de popularizare a științei

Model: Nume, prenume / Publicația / Titlul articolului

**Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate pe parcursul anilor 2020-2023 de membrii echipei proiectului (Opțional)**

Model: numele și prenumele pretendentului, Titlul tezei / Teză de doctorat, postdoctorat, nume și prenume conducător.

**Materializarea rezultatelor obținute în proiect (cu specificarea aplicării în practică)**

Forme de materializare a rezultatelor cercetării în cadrul proiectului pot fi produse, utilaje și servicii noi, documente ale autorităților publice aprobate etc.

**Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei**

- Membru/președinte al comitetului organizatoric/științific, al comisiilor, consiliilor științifice de susținere a tezelor (Opțional)

Model: Nume, prenume / Evenimentul (conferință, consiliu de susținere etc.) / Perioada / Calitatea (membru, președinte ș.a.)

- Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale (Opțional)

Model: Nume, prenume / Revista / Calitatea (membru/redactor/recenzent oficial)

**Recomandări, propuneri.**

**Concluzii**

Conducătorul de proiect Enachi Nicolae \_\_ / (numele, prenumele, semnătura)

Data: \_\_\_\_\_

LȘ

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate pentru anii 2020-2023 în cadrul proiectului din Programul de Stat**

---

*(denumirea proiectului)*

**1. Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

**2. Capitole în monografii naționale/internaționale**

**3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

**4. Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4.4. în alte reviste naționale

**5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2. culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

**6. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

**7. Teze ale conferințelor științifice**

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Notă: vor fi considerate teze și nu articole materialele care au un volum de până la 0,25 c.a.

**8. Alte lucrări științifice** (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

**9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

**10. Lucrări științifico-metodice și didactice**

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției)

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

**NOTĂ:**

- *Datele bibliografice se redactează în conformitate cu standardul SM ISO 690:2012 Informare și documentare. Reguli pentru prezentarea referințelor bibliografice și citarea resurselor de informare.*
- *Pentru fiecare lucrare va fi indicat depozitul electronic internațional, național sau instituțional în care aceasta este înregistrată, precum și adresa electronică la care poate fi accesată lucrarea.*



**Volumul total al finanțării proiectului 2020-2023****Cifrul proiectului: 20.80009.5007.01**

<b>Anul</b>	<b>Finanțarea planificată (mii lei)</b>	<b>Finanțarea Executată (mii lei)</b>	<b>Cofinanțare (mii lei)</b>
2020	895,8	895,8	0
2021	948,2	946,3	0
2022	953,8	1104,9	0
2023	1140,0	1180,0	0
<b>Total</b>	<b>3937,8</b>	<b>4127,0</b>	<b>0</b>

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / dr. hab. Nicolae ENACHI

LȘ

**Componenta echipei pe parcursul anilor 2020-2023**

Lista executorilor, potențialul științific, inclusiv indicarea modificărilor echipei de cercetare pe durata Programului de stat (*funcția în cadrul proiectului, titlul științific, semnătura executorilor la data de 31 decembrie 2023*)

**Cifrul proiectului 20.80009.5007.01**

<b>Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) 2023</b>						
<b>Nr</b>	<b>Nume, prenume (conform contractului de finanțare)</b>	<b>Anul nașterii</b>	<b>Titlul științific</b>	<b>Norma de muncă conform contractului</b>	<b>Data angajării</b>	<b>Data eliberării</b>
1.	Enachi Nicolae	1958	dr. hab.	1.0	01.01.2020	31.12.2023
2.	Țurcan Marina	1982	dr.	1.0	01.01.2020	31.12.2023
3.	Bîzgan Serghei	1987		1.0	01.01.2020	31.12.2023
4.	Starodub Elena	1988		1.0	01.01.2020	31.12.2023
5.	Pîslari Tatiana	1989		0,5	01.09.2022	31.12.2023
6.	Munteanu Ion	1982		1.0	01.01.2023	31.12.2023
7.	Podoleanu Diana	1983		0,5	01.01.2023	31.12.2023
8.	Costișen Igor	1977		0,5	01.01.2023	31.12.2023
9.	Tonu Viorica	1987		0,5	01.01.2020	31.12.2023

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform proiectului	44%
---	-----

<b>Echipa proiectului conform contractului de finanțare 2020-2023</b>						
<b>Nr</b>	<b>Nume, prenume (conform contractului de finanțare)</b>	<b>Anul nașterii</b>	<b>Titlul științific</b>	<b>Norma de muncă conform contractului</b>	<b>Data angajării</b>	<b>Data eliberării</b>
1.	Nistoreanu Andrei	1981		1	01.01.2020	31.12.2022
2.	Pîslari Tatiana	1989		1	01.01.2020	31.08.2022
3.	Munteanu Ion	1982		0,5	01.09.2022	31.12.2022
4.	Găină Alexei	1954	dr.	0,5	01.01.2020	31.12.2020
5.	Prepeleșă Aurelia	1961	dr.	0,25	01.01.2020	31.12.2021
6.	Prepeleșă Aurelia	1961	dr.	0,5	01.01.2022	31.12.2022
7.	Bîzgan Serghei	1987	dr.	0,5	01.09.2022	31.12.2022
8.	Ciobanu Nellu	1982	dr	0,5	01.01.2022	31.12.2022
9.	Petracovschi Andrei	1983		1,0	01.09.2020	31.08.2020
10.	Marin Tatiana	1988		0,5	01.10.2020	31.12.2022
11.	Pîslari Tatiana	1989		1	01.01.2022	31.12.2022
12.	Starodub Elena	1989		0,5	01.03.2023	31.12.2023
13.	Scafari Gheorghe	1989		0,5	01.01.2022	31.08.2022

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / dr. hab. Nicolae ENACHI

**Formular privind raportarea indicatorilor în cadrul proiectului Programe de Stat  
pentru perioada 2020 – 2023, cifra 20.80009.5007.01**

Indicator 1	Rezultat				Indicator 2	Rezultat				Indicator 3	Rezultat			
	2020	2021	2022	2023		2020	2021	2022	2023		2020	2021	2022	2023
<b>Nr. de cereri de brevete</b> înregistrate în cadrul proiectului de cercetare finanțat					<b>Nr. de brevete</b> obținute în cadrul proiectului de cercetare finanțat					Procentul lucrărilor științifice <b>aplicate în practică, din totalul lucrărilor publicate</b> în cadrul proiectului de cercetare finanțat				
<b>Total</b>														

Conducător de proiect \_\_\_\_\_ dr. hab Nicolae ENACHI

*(Semnătura)*

Data \_\_\_\_\_

LS

### INFORMAȚIE SUPLIMENTARĂ

1. **Nu vor fi examinate** rapoartele incomplete, fără toate semnăturile și parafa instituției și care nu corespund cerințelor de tehnoredactare (pct. 6).
2. Rapoartele finale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **pe animale** vor fi însoțite de avizul Comitetului de etică național/instituțional în corespundere cu HG nr.318/2019 *privind aprobarea Regulamentului cu privire la organizarea și funcționarea Comitetului național de etică pentru protecția animalelor folosite în scopuri experimentale sau în alte scopuri științifice* ([https://www.legis.md/cautare/getResults?doc\\_id=115171&lang=ro](https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=115171&lang=ro)).
3. Rapoartele finale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **cu implicarea subiecților umani** vor fi însoțite de avizul Comitetului instituțional de etică a cercetării, în corespundere cu prevederile *Convenției europene pentru protecția drepturilor omului și a demnității ființei umane față de aplicațiile biologiei și medicinei*, adoptată la Oviedo la 04.04.1997, semnată de către RM la 06.05.1997, **ratificată prin Legea nr. 1256-XV din 19.07.2002, în vigoare pentru RM din 01.03.2003**) și a protocoalelor adiționale.
4. **Nu pot fi prezentate informații identice în Rapoartele finale ale mai multor proiecte.**
5. Se acceptă publicațiile în care expres sunt stipulate datele de identificare ale proiectului (denumire și/sau cifrul).
6. **Cerințe de tehnoredactare a Raportului:**
  - a) Se va exclude textul în culoare roșie din raportul final, întrucât reprezintă precizări referitor la informația solicitată (de ex. *denumirea și cifrul, perioada de implementare a proiectului, anul/anii; nume, prenume; etc.* ).
  - b) Câmpurile cu mențiunea „*optional*” se completează dacă sunt rezultate ce se încadrează în activitățile respective. În absența rezultatelor, câmpurile rămân **necompletate (nu se exclud rubricile respective)**.
  - c) Raportul se completează cu caractere TNR – 12 pt, în tabelele referitor la buget și personal – 11 pt; interval 1,15 linii; margini: stânga – 3 cm, dreapta – 1,5 cm, sus/jos – 2 cm.
  - d) **Copertarea se va face după modelul european – spirală.**