

RECEPȚIONAT

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

\_\_\_\_\_ 2022

AVIZAT

Secția AȘM \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2022

## RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

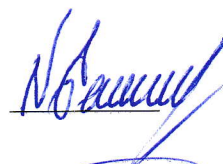
privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)  
*Proiectul ANCD 20.80009.5007.01: Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, meta materiale) și aplicarea acestora în informatică, biofonică avansată optogenetică*

Prioritatea Strategică

Competitivitate economică și tehnologii inovative

Conducătorul proiectului

Enachi Nicolae



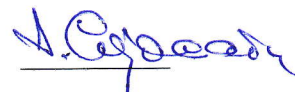
Directorul Institutului de Fizică Aplicată

Macovei Mihai



Consiliul științific/Senatul

Cojocaru Ion



Chișinău 2022

## 1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs (obligatoriu)

La această etapă este propus un model semi-clasic (clasic după câmp și cuantic după descrierea biomoleculilor), care descrie dependența ratei de dimerizare ADN/ARN în funcție de intensitatea radiației ultraviolete C (UVC). În special, un model de neechilibru este dezvoltat pe baza efectelor asemănătoare Raman din optica neliniară și cea cuantică. Principalul rezultat al teoriei demonstrează că procesul de dimerizare în ADN/ARN depinde puternic de intensitatea luminii UVC, dovedind astfel un posibil mecanism neliniar al interacțiunii luminii UVC cu ADN-ul/Proteinele la nivel cuantic.

Este dată noțiunea de moleculă fonică formată din starea normală și cea dimer sub acțiunea câmpului bimodal Raman. Acest tip de moleculă există doar la prezența acestui câmp și după oprirea lui sistemul rămâne o parte din timp în starea inseparabilă („entanglată”). Un model competitiv de transfer a informației prin structuri cvasiperiodice de tip ADN/Proteine este în dezvoltare. Aici sunt luate în considerație atât rupturi catenare cât și unirea lor pentru a forma structuri periodice de tip agregat molecular pentru a transmite excitările colective prin ele. Scopul acestor modele este de a aplica agregatele biomoleculare obținute în urma dimerizării ADN/Proteinelor în informatica clasică/cuantică.

Pentru a corobora constatările teoretice am realizăm câteva experimente, prin care se dorește investigarea modului în care rata de inactivare a coloniilor de fungi 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. Se studiază posibilități de optimizare a intensității radiațiilor UVC în echipamentul de decontaminare considerat prin utilizarea metamaterialelor la reîmpachetarea lor cu elemente din cuarț mai mici după dimensiune. Se discută despre aplicarea unor astfel de echipamente în dezinfectia fluidelor (aer, apă, picături etc.), precum și pentru aerosolii infectați cu SARS CoV 2. Se propun metode optice de canalizare a UVC spre fungii *candida albicans* de pe țesutul afectat la pacienții cu arsuri.

## 2. Obiectivele etapei anuale (obligatoriu)

1. La dezvoltarea unor noi idei pentru modernizarea echipamentelor ce utilizează acțiunea radiației UVC pulsate cu patogenii *s-a propus* un model semiclastic de dimerizare a DNA/RNA în care stările electronice și moleculare ale nucleobazelor sunt cuantificate iar câmpul UVC pulsat se considera clasic.
2. Ținând cont de faptul că nucleobazele în ADN se cuplează prin perechi covalente de electroni (guanina (G) cu citozina (C) prin trei legături de hidrogen și adenina (A) cu timină (T) prin două legături), *drept obiectiv a fost elaborarea unui nou model* de tip Raman de ne echilibru ce ea în considerare aproximația Born Oppenheimer și descrie împrăștierea indusă de la subsistemul electronic la vibrațiile anarmonice ale nucleelor.
3. *Drept scop al etapei a stat evidențierea și utilizarea acestui model* la confirmarea existenței unor noi tipuri de „molecule fonice” stimulate de procesul coerent Raman ce unește cele două stări metastabile (normală și dimer) ale ADN. Acest tip de „moleculă fonică” este propus în premieră și se deosebește de definiția propriu-zisă din literatură prin faptul că la stoparea pompării Raman molecula disociază iar ADN rămâne stare cuantică mixată (eng: entangled) între cele două stări cvasi-staționare (normală și dimer).
4. *Pentru a ridica eficiența deconaminării s-a propus* un echipament format din metamateriale reîmpachetate ce conține canale rotative pentru fluidul contaminat. El a fost testat ca funcție de intensitatea câmpului UVC aplicat utilizând diferite metode de reîmpachetate a fibrelor sau bilelor de cuarț. O optimizare a caracteristicilor unor astfel de echipamente de decontaminare a fost obținută prin focalizarea radiației pulsate laser spre centrul de decontaminare.
5. *Un alt obiectiv a fost de a compara modelul* de dimerizare sub formă de moleculă fonică cu cu modelele propuse anterior de Kasha-Davydov la descrierea unor structuri cvasi-periodice de tip cristal fonic format din lanțuri ADN/Proteine în care excitările moleculare colective pot trece de la o fază separată la una cooperativă. *Obiectivul* acestor localizări și delocalizări a polarizării excitațiilor colective *este de a transmite și detecta informația* mai eficient obținută de la sistemele neuronale.
6. Estimarea posibilităților de rupere și reparație a legăturilor peptidice în lanțul proteinelor/ADN sub acțiunea radiației (ruperea legăturilor primare în "spike proteine" ale SAR-CoV 2, catene ADN etc).

### 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale (obligatoriu)

Activitatea 1. Se vor propune algoritmi și modele de transmitere a informației la nivel de fotoni, utilizând noțiunea de q-bit, q-trit, discord cuantic, fidelitate cuantică, necesare astăzi la înscrierea și citirea datelor.

Activitatea 2. La excitarea bifotonică cooperativă a radiatorilor plasați în cavități optice sau în zona câmpului evanescent se propune drept obiectiv modalități noi de dirijare a acestora.

Activitatea 3. Utilizarea controlului emisiei și absorbției cooperative cu ajutorul pulsurilor scurte de lumină ce se propagă prin setul de fibre optice cuplate.

Activitatea 4. Utilizarea emisiei coerente bimodale la conversia fotonilor din modul de pompare în modurile Stokes și anti-Stokes pentru diagnostică moleculară a țesuturilor organice. Utilizarea spectrometrului, energimetrului și pulsurilor scurte laser.

### 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale (obligatoriu)

1. Evidențierea posibilităților de cooperare între dimeri și tetrameri ADN-lui la emisia și absorbția luminii. La această etapă a fost construit un model de interacțiune a radiației cu biomoleculele, care ia în considerație acțiunea ei asupra mișcării nucleelor atomice din nucleobaze la dimerizarea acestora. A fost stabilită o dependență neliniară de intensitatea radiației aplicate care s-a confirmat într-o serie de experimente de inactivare a fungilor sub acțiunea radiației ultraviolete C (EPJ Plus 2022)
2. Posibilități de dirijare a procesului de dimerizare a ADN prin mixarea stărilor dimer și normală la excitarea Raman indusă. La această etapă a fost găsită o intensitate critică a radiației coerente de la care se începe dimerizarea propriu zisă. Rata de dimerizare începând cu această intensitate devine proporțională cu pătratul diferenței,  $W \sim (I - I_c)^2$ , unde intensitatea luminii,  $I$ , este situată în vecinătatea punctului critic,  $I_c$ .
3. Pentru prima dată s-a propus un model de deplasare a stării normale către starea dimer a ADN și formare a unei molecule fotonice sub acțiunea împrăștierii Raman a radiației UVC. Optimizarea acestui efect prin introducerea intensității critice la dimerizarea cvasi-moleculară a ADN a fost propus și utilizat în descrierea inactivării fungilor ca funcție de intensitate.
4. Evidențierea posibilităților de cooperare dintre emițători atât la emisie cât și absorbție pentru utilizarea acestora în echipamente moderne de diagnostică, holografie și control cuantic (Participare la Conferința Global Experts Meet on Laser, Optics, and Photonics 2022).
5. Utilizarea simultană atât a rotației patogenilor în regim dinamic de pompare a fluidului printre fibrele/bilele de cuarț penetrate radiația UVC cât și a reîmpachetării acestora fost realizată prin expunerea unui echipament de acest gen la târgurile de invenție din România: IRIIS, <https://ini.tuiasi.ro/conference/>, Iasi, și PROINVENT, <https://proinvent.utcluj.ro/salon.html>, Cluj Napoca.
6. Utilizarea reîmpachetărilor de metamateriale pe suprafață de implant și posibilități de tratare a infecțiilor de suprafață cu ajutorul ledurilor UVC este reprezentată sub formă de mostre la târgul de invenție de la Iași : EHB 2022 , <https://ini.tuiasi.ro/conference/>.
7. Ca directive fundamental este considerat studiul transmiterii informației prin unele agregate periodice de tip cristal fonic construite din lanțuri de AND/Proteine.
8. La tematica proiectului de Stat activează 5 doctoranzi. În marea lor majoritate sunt axați pe fenomene cooperative dintre emițători (atomi, molecule, biomolecule, radicali moleculari, agregate moleculare etc) sub acțiunea luminii. Aplicațiile sunt axate în diagnostică moleculară, fenomene de inactivări ale patogenilor sub acțiunea pulsurilor scurte laser. În acest an la capitolul molecule fotonice și aplicațiile lor a fost susținută o teza de Doctor a competitorului Sergiu Bazgan.

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

Absorbția și emisia cooperativă a radiației deschid noi modalități de descriere a interacțiunii luminii cu moleculele/biomolecule, găsindu-și rapid aplicații atât în informatică cât și în terapia medicală.

Inițial radiația ultravioletă a fost utilizată pentru a dezinfecta spațiile locative și răspândirea bolilor infecțioase prin aer. Odată cu dezvoltarea surselor de emisie ultravioletă, a apărut necesitatea aplicării locale a acestei radiații pe anumite suprafețe/volume reduse. Studiile recente confirmă că sursele ultraviolete C (200-280 nm) au câștigat o atenție deosebită ca măsură de control promițătoare la reducerea și transmiterea patogenilor (virusului SARS CoV 2, bacteriilor fungilor). Mai multe investigații au arătat că sursele ultraviolet C sunt foarte eficiente la inactivarea SARS CoV 2. *La această necesitate oportună propunem ca echipamente de decontaminare gazelor/lichidelor elaborate de noi în bază de metamateriale să fie unite în paralel la sursa de pompare pentru a mari volumul și rata decontaminării fluidului infectat (Ref. 1-3).*

Războiul declanșat în estul Europei de către forțele obscure distruge mii de vieți omenești, provocând arsuri insuportabile ostașilor și cetățenilor civili în urma bombardamentelor. Aceste suprafețe deteriorate ale țesuturilor organice deseori sunt atacate de fungi „*candida albicans*”, care rămâne până la urmă o cauză principală de mortalitate la pacienților cu arsuri. O terapie cu ultraviolet C poate salva viețile multor astfel de pacienți. Dacă luăm în considerație aspectul pulsant, coerent și bine focalizat al unor astfel de surse de radiație, posibilități de excitare de rezonanță în spectrul de absorbție al unor patogeni efectul acțiunii curative ar putea deveni mult mai eficient. Prin urmare, acest tip de radiații poate fi utilizat ca un dezinfectant eficient, dar trebuie manipulat corect pentru a evita afectarea pielii și a ochilor. *Modele și idei noi de decontaminare a suprafețelor infectate pentru implant și arsuri de suprafață prin acoperirea lor cu metamateriale din cuarț vor fi expuse la expoziția de la Iași, 17-19 noiembrie 2022 (vezi Ref. [4] din P. 6).*

La momentul actual există și aspectul fundamental al descrierii cooperative al acestei interacțiuni a radiației cu biomoleculele. Dimerizarea unor biomolecule de tip ADN/ARN ori ruperea unor lanțuri peptidice ale proteinelor de către pulsurile coerente de radiație poartă un caracter colectiv al excitărilor moleculare ducând la introducerea unor noțiuni noi de „cvasi-molecule” fotonice, generate de acțiunea câmpului coerent. A fost definit pragul pentru intensitatea critică la care apar astfel de clusteri dintre starea normală și cea dimer a unei molecule. Aici apar aceleași stări cuantice încrucișate între diferite stări dimer, trimer, cvadrimer al unor biomolecule, care desigur probabil și iau parte la transmiterea și prelucrarea informației în organismul viu (mono- sau pluricelular). Aceste mecanisme pot fi utilizate și în bio-informatica, servind drept posibilitate de stocare și reutilizare a unor stări cuantice ale biomoleculelor ce permit prelucrarea paralelă a semnalelor. Pe de altă parte nevoia tot mai mare de decontaminare a fluidelor și a suprafețelor în special a celor netransparente a focalizat echipa de cercetare la o idee de reambalare și dirijare a vitezei de scurgere a fluidului contaminat prin structurile formate din metamateriale pentru a obține o zonă de evanescentă mai mare față de cele obișnuite sporind astfel eficiența decontaminării. În legătura cu aceasta am estimat atât aderența fluidului infectat (apă, sânge, pazmă sanguină, aerosoli infectați etc) la această suprafață cât și distanța de penetrare a câmpului evanescent în fluidul translucid. O deosebită atenție a fost acordată accelerației patogenilor sau aerosolilor la rotația acestora printre firele sau bilele de cuarț ale echipamentului de decontaminare. Dependenta ratei de inactivare a micro-organismelor ca funcție de viteza de scurgere a fluidului se află în cercetare. *În baza acestui efect, am elaborat două echipamente pentru decontaminarea lichidelor și gazelor infectate. Aceste experimente au demonstrat în mod concludent că atât sferele de cuarț, cât și meta-materialele din fibre optice, pot anihila în mod eficient patogenii la scurgerea rotativă a fluidului prin meta-materialul reîmpachetat (vezi Ref. 1 și 3).*

*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 nuclee,  $|\chi(R)\rangle$ , 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 modificarea legăturilor 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,  $H^{(e)}(r, R_s) |\Psi^{(e)}(r, R_s)\rangle = E^{(e)}(R_s) |\Psi^{(e)}(r, R_s)\rangle$ .

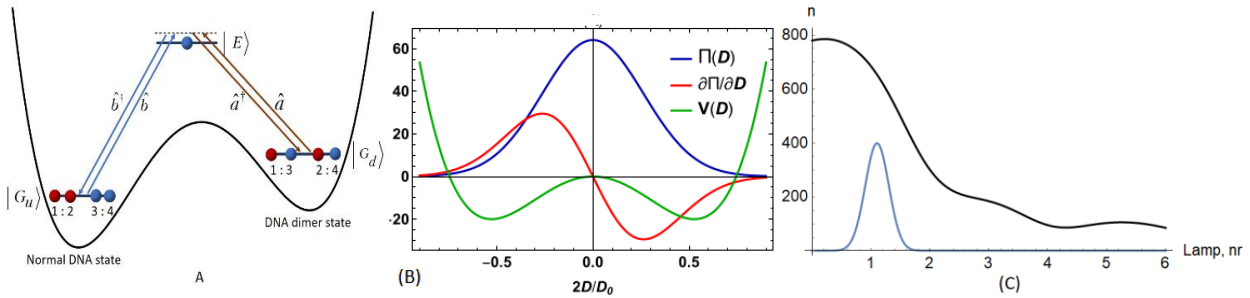


Fig. 1 .(A) Descrierea legăturilor covalente între nucleobazele Adenină și Timină prin două legături covalente de tip Hidrogen : A=T – starea normală a moleculei ADN și descrierea prin două legături covalente a stării dimer dintre două timine T=T. (B)- Bariera de potențial și polarizarea moleculară  $\Pi(D)$  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,  $-\partial n/\partial I$  (abastru 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,  $\hat{V}(r_j) = \int_0^r \left( d\vec{r}', \hat{\vec{E}}(\vec{r}', t) \right)$ , în care partea magnetică a câmpului este neglijată.

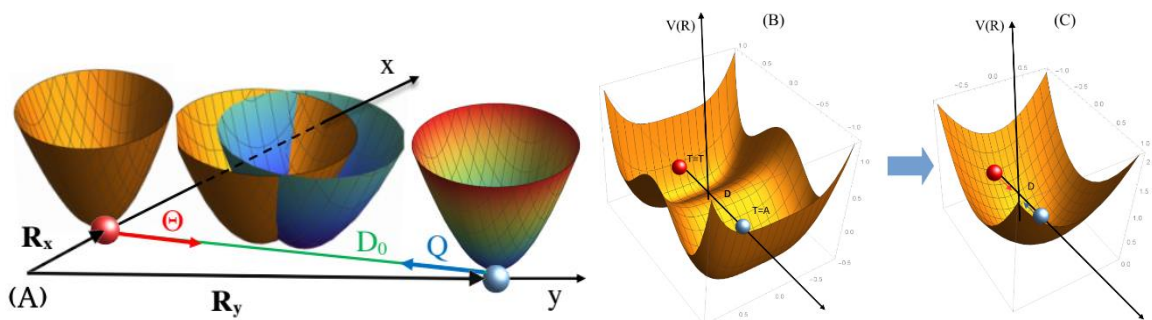


Fig. 2 (A) Schiță ilustrativă a celor două minime ale aceluiași potențial, una situată pe axa,  $x$ , corespunzătoare stării dimer,  $T=T$ , iar al doilea minim este situat pe axa,  $y$ , și corespunzătoare stării normale a ADN-ului /ARN,  $A=T$ . (figura din dreapta,  $B \Rightarrow C$ ) Trecerea de la potențialul de puț dublu (B) la potențialul 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 și Fig.3B).

Acest proces poate fi descris în formalismul sistemului cu trei nivele energetice ale stărilor electronice colective. De exemplu, în ADN-ul dublu catenar, unde dimerul implică două baze pirimidinice alăturate pe aceeași catenă a ADN, pot fi generați din izomeri „syn” reprezentați în Fig 3. Să definim starea fundamentală nedeteriorată a catenei de ADN prin funcția de undă a două legături covalente de-a lungul direcției,  $y$  (vezi Fig. 2A)  $|G_u\rangle = |\Psi(\zeta, R_{y_1})\rangle \otimes |\Psi(\zeta, R_{y_2})\rangle$ , unde,  $|\Psi(\zeta, R_{y_1})\rangle = [2(1+S_{ab})]^{-1/2} (|\varphi_a(1)\rangle \otimes |\varphi_b(2)\rangle + |\varphi_b(2)\rangle \otimes |\varphi_a(1)\rangle)$ , și  $|\Psi(\zeta, R_{y_2})\rangle = [2(1+S_{cd})]^{-1/2} (|\varphi_c(3)\rangle \otimes |\varphi_d(4)\rangle + |\varphi_d(4)\rangle \otimes |\varphi_c(3)\rangle)$  sunt două stări cuantice ale legăturilor covalente de suprapunere în care participă nucleotide adiacente la catenele ADN. Ele au coordonatele nucleare de-a lungul scării ADN reprezentate prin axa  $y$ , numite  $R_{y_1}$  și  $R_{y_2}$  vizualizate în schemele figurilor 3, A și B. Respectiv, sunt reprezentate prin cupluri de electroni, A:T (1,2) și A:T (3,4) în Fig, 1A. Pentru simplitate, am reprezentat mai sus doar o singură legătură covalentă între perechile de electroni. Natura legăturii covalente dintre guanina (G) și citozina (C) se realizează prin trei cupluri electronice, G:::T. Similar între adenina și timina leagă prin două legături de hidrogen de acest fel, A::T. Aceste legături pot garanta păstrarea informației genetice codificate în molecula de ADN (ARN).

După excitare cu radiație UVC, lanțul ADN trece în noi stări cuantice de tip dimer de-a lungul direcției catenare,  $x$ , așa cum rezultă din figurile Fig. 1A și Fig. 2 A,  $|G_d\rangle = |\Psi(\zeta, R_{x_1})\rangle \otimes |\Psi(\zeta, R_{x_2})\rangle$ . Unde  $|\Psi(\zeta, R_{x_1})\rangle = [2(1+S_{ac})]^{-1/2} (|\varphi_a(1)\rangle \otimes |\varphi_c(3)\rangle + |\varphi_c(3)\rangle \otimes |\varphi_a(1)\rangle)$  și  $|\Psi(\zeta, R_{x_2})\rangle = [2(1+S_{ac})]^{-1/2} (|\varphi_b(2)\rangle \otimes |\varphi_d(4)\rangle + |\varphi_b(4)\rangle \otimes |\varphi_d(2)\rangle)$  sunt două legături covalente între timine adiacente  $T=T$ , iar  $|\Psi(\zeta, R_{x_1})\rangle$  și  $|\Psi(\zeta, R_{x_2})\rangle$  descriu două legături covalente ale dimerului de pirimidină,  $T=T$ , formate după modificările UVC la ruperea legăturilor covalente adiacente:  $T=A$ , și,  $T=A$ . Menționăm că purinele (adenina și guanina) pot rămâne necuplate în legături covalente conform literaturii de specialitate. Starea excitată a celor două nucleobaze,  $T=A$  și  $T=A$ , este deplasată spațial față de starea de bază și cea dimerizată, deoarece distanța între scările adiacente ale ADN este de ordinul a  $3 \text{ \AA}$  iar între catene este de aproximativ  $8 \text{ \AA}$  (vezi Fig.3B). Astfel că sistemul poate relaxa

atât în starea de bază a biomoleculii, cât și în starea dimer. Ca să ometem această stare excitată, considerăm un proces Raman indus (vezi EJP Plus) în care tranzițiile din starea normală,  $|G_u\rangle$ , în starea dimer,  $|G_d\rangle$ , pot avea loc la absorbția unei cuante descrisă de operatorul de anihilare,  $\hat{b}$ , acompaniată de generarea unui alt foton de frecvență joasă descris de operatorul,  $\hat{a}^+$ , prin una sau mai multe stări virtuale excitate așa cum este specificat în Fig. 1 A. Hamiltonian moleculei cu două nivele în acest proces Raman de excitare și dezexcitare bicuantică este reprezentat mai jos,

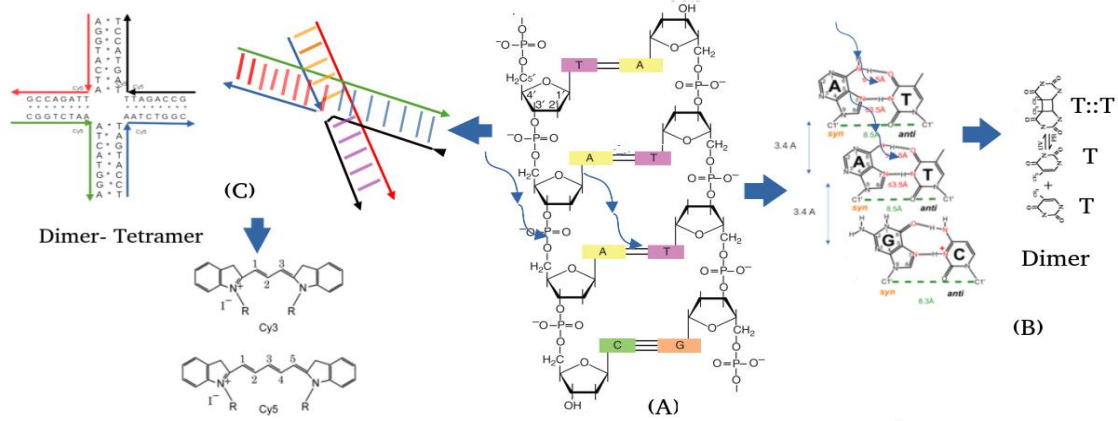


Fig. 3 Modificări la nivel de nucleobaze a ADN (A) unde dimerul de timină se formează din două nucleobaze adiacente (B). Modificările catenare a ADN poate duce la formari structural periodice similare cu cristalul fonic/fononic ori plasmonic utilizând cinine, Cy3 și Cy5, reprezentate în Fig.(C). Figurile sunt comparate după literatură de specialitate.

$\hat{H}^{(e)}(\mathbf{R}, t) = \hbar\tilde{\Omega}_0 M_z - \Pi \left\{ \hat{a}^-(t)\hat{b}^+(t)\hat{M}^- + \hat{a}^+(t)\hat{b}^-(t)\hat{M}^+ \right\}$ , unde  $\hbar\tilde{\Omega}_0 = [\mathbf{E}_d(R_s) - \mathbf{E}_u(R_s)]/2$  este diferența de energie dintre starea dimer, T=T, și starea de bază a moleculei ADN/ARN. Operatorii moleculari  $\hat{M}_z$ ,  $\hat{M}^+$  și  $\hat{M}^-$ , satisfac relațiile de comutare,  $[\hat{M}^+, \hat{M}^-] = \hat{M}_z$ ,  $[\hat{M}_z, \hat{M}^\pm] = \pm\hat{M}^\pm$ ,  $\Pi(\mathbf{R}) = P_0^2 / [\hbar(\omega_d - \omega_0)] + P_0^2 / [\hbar(\omega_u - \omega_0)]$  este ordinal doi al susceptibilității electrice,  $\hat{b}^+(\hat{b})$  și  $\hat{a}^+(\hat{a})$  sunt operatori de creare (anihilare) a fotonilor din modul anti-Stokes/Stokes a radiației aplicate în procesul Raman. Starea localizată a moleculei fononice este descrisă de diferența dintre poziția normală și cea dimer,  $\mathbf{D} = \mathbf{R}_x - \mathbf{R}_y$ . În cazul cvasiclasic am substituit produsele de operatori prin numărul mediu de fotoni,  $n$ , în modurile de radiație UVC aplicate,  $\hat{a}^-(t)\hat{b}^+(t) \sim n \exp[i\Omega t]$  și  $\hat{a}^+(t)\hat{b}^-(t) \sim n \exp[-i\Omega t]$ . După diagonalizarea unui astfel de Hamiltonian în sistemul de coordonate al unei rotative cu frecvența,  $\Omega = \omega_b - \omega_a$ , obținem un spectru al cvasi-energiilor ce depinde de cele două. posibilități de localizare a cuplurilor de electroni ale timinelor adiacente dimerizate. Aceste două localizări pot fi exprimate prin poziția lor,  $R_x$  și  $R_y$ , ce corespunde stării dimer și celei normale așa cum este reprezentat în Fig. 2 A. La intensități mici aceste stări localizate sunt independente și exprimă două stări izomeri ai unei și aceleași molecule. Câmpul UVC nu numai ca mixează aceste stări ci și contribuie la deformarea lor localizându-le în același minimum așa cum este arătat în Fig. 2 B și C. Astfel la o intensitate critică, aceste stări localizate se suprapun așa cum este reprezentat în Fig. 2C. Intensitatea critică creează o legătură între starea dimer și starea normală a moleculei similară cu o legătură chimică din moleculele obișnuite. Ea se numește după definiția noastră moleculă stimulată de câmp, ori moleculă fonică. Studiind Fig. 2B, observăm că în aproximația armonică, două puncte de oscilație pot coincide  $Q_i - Q_{0i} - D_0 = \Theta_i - \Theta_{0i}$ , când nucleele din ambele stări au aproximativ aceeași masă,  $M_d = M_u = M_n$ , și oscilează în direcții opuse de-a lungul distanței dintre ele,  $D_0$ . Proiecția expresiei de mai sus pe această direcție devine egală cu  $Q - \Theta = D_0 - \Theta_0 + Q_0$ . Dacă câmpul UVC

atinge o valoare critică,  $I_c = M_d \Omega_d^2 D_0 / (2\beta)$ , putem trece la o descriere moleculară a celor două stări localizate conectate,  $Q = \Theta$ , unde  $\beta = \partial \Pi(D_0) / \partial R_{x0}$ ,  $\Omega_d$  este frecvența de vibrație în starea moleculară localizată de tip dimer. În această situație, procesul de împrăștiere Raman indus poate corela coerent vibrațiile moleculare ale stărilor dimer și normală ale ADN-ului. Câmpul poate induce oscilații în anti-fază astfel contribuind la generarea unei noi formațiuni de tip cvasi-moleculară în care se introduc coordonate generalizate comune de-a lungul direcției  $D_0$  pentru o intensitate critică desigur, așa cum se observă din Fig. 2. C.

O dependentă pătratică a ratei de decontaminare ca funcție de intensitatea UVC aplicată în procesul de decontaminare prin comutarea a 6 a fost stabilită, Fig.1 C. Ea corelează cu datele teoretice unde rata de formare a dimerului molecular este de-asemena pătratică în regiunea intensității critice,  $I-I_c$ . Un salt al ratei de decontaminare a fost stabilit experimental în regiunea intensităților mici (vezi Fig.1 C). Aici 6 becuri UVC au fost introduse consecutiv în echipamentul de decontaminare. Experimentul corelează cu datele teoretice de mai sus din care rezultă că rata de dimerizare moleculară este promoțională cu pătratul aceleași mărimi fizice,  $I-I_c$ .

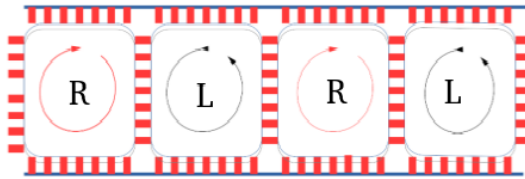


Fig. 4 Tetramerizarea ADN cu colorant Sy 5 și posibilități de modelare a macromoleculor cvasi-periodice de tip agregat. Undele de excitare în fiecare celulă a nano-cristalului DNA pot fi puternic corelate astfel ca informația poate fi transmisă de lungul sistemului periodic la cuplajul dintre elementele agregatului similară cu cuplajul circuitelor LC din electrodinamică.

Un alt model al sistemului ce descrie un cuplaj cooperativ între celulele ADN a fost în vizorul echipei de cercetare în anul 2022 (vezi Fig. 3 C). Să notăm prin  $\hat{L}^+$ ,  $\hat{R}^+$  și  $\hat{L}^-$ ,  $\hat{R}^-$  operatori de creare/anihilare a excitărilor moleculare colective în celulele adiacente ale meta-cristalului AND reprezentat în Fig. 4, unde cuplajul între lanțuri ale loc prin Sy5 conform Fig. 3 C. În Fig. 4 nucleobazele sunt reprezentate prin bare roșii. Ele sunt simetric aranjate conform unor studii experimentale reprezentate în Fig. 3C. Astfel ca unda polarizării moleculare propusă de Kasha-Davydov va fi descrisă de Hamiltonianul de interacțiune dintre elementele agregatului molecular reprezentate în Fig. 4. Partea liniară a acestei interacțiuni dintre elemente poate fi diagonalizată,

$$\hat{H} = \sum_i \hbar \Omega_i \hat{L}_i^+ \hat{L}_i^- + \sum_i \hbar \Omega_r \hat{R}_i^+ \hat{R}_i^- + \sum_{\langle i,j \rangle} \hbar \Theta_{ij} (\hat{R}_j^+ \hat{L}_i^- + \hat{L}_i^+ \hat{R}_j^-).$$

Mai greu e cu partea neliniară, care de fapt este responsabilă de tranziții de fază indusă în astfel de sisteme cvasi-moleculare periodice,

$$\hat{H}_{NL} = \sum_{\langle i,j \rangle} \hbar \Xi_{ij} \hat{R}_i^+ \hat{R}_i^- \hat{L}_j^+ \hat{L}_j^- ,$$

unde  $\langle i, j \rangle$  este suma pe contururile vecine din Fig. 4. Un pompaj coerent în una din elementele agregatului molecular ar putea transmite condiționat informația dintr-o celulă în alta devenind un element atât în bioinformatica clasică cât și în cea cuantică.

În lucrarea [5] se studiază un model de micromaser hibrid, constând dintr-o cavitate optică cu o oglindă mobilă (oscilator armonic) conectată la un rezervor termal de temperatură joasă. În acest model demonstrăm, atât analitic, cât și numeric, că pentru anumiți timpi de interacțiune între un flux atomic aliator și cavitatea optomecanică, sunt generate stări de captare (trapping) în vid a fononului. Mai mult, prin abordarea ecuației master cu rezervoare termale independente de fononi și fotoni, arătăm că captarea fononilor și fotonilor se realizează pentru aceiași timpi de interacțiune. Rezultatele indică, de asemenea, că prin creșterea cuplării cavitate-oscilator, se poate genera o stare de fonon coerentă în afară de stările tip trapping.



## 6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu)

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 Access 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.msconferences.com/LaserOpticsPhotonics2022/9/home.html#speaker>

### Lucrări care au fost publicate după DDS 2021:

7. **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).

## 7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)

Importanța cercetării este determinată de aspecte noi de cooperativizare a biomoleculilor sub acțiunea radiației UVC și a radiației pulsate laser din spectrul vizibil observată în ultimii ani la decontaminarea fluidelor și a produselor alimentare, la tratamentul unor maladii ale țesuturilor organice ale corpului uman. Studiile de ultimă oră indică necesitatea canalizării acestei radiații spre

regiunile afectate ale țesutului organic și utilizării anumitor frecvențe ( de exemplu 222-260 nm la tratamentul unor infecții cu *Candida albicans* la arsurilor de piele, a dermatitelor: implicații pentru tratamentul *onicomicozei*, etc ).

Un aspect deosebit îl au tratamentele cu pulsuri scurte de ordinul nano/pico- secundelor aplicate țesuturilor afectate, unde ierarhia timpurilor de dimerizare a unor biomolecule ale patogenilor (ADN/ARN) este mult mai scurtă decât a țesutului celular uman. Toate aceste aspecte ale interacțiunilor selective asupra microorganismelor necesită o descriere cantitativă a mecanismelor cooperative de realizare a tratamentului, unde rezistență a biomoleculelor (ADN/ARN, proteine) ca funcție de intensitate, frecvență și durată pulsurilor de radiație aplicată este bine calculată și cuantificată. Acest aspect al problemei nu poate fi soluționat fără o descriere microscopică a interacțiunii radiației cu biomoleculele.

O altă aplicație a problemei ține de biocalculatorul cuantic, care după unele prognoze ar putea fi utilizat la dirijarea unor sisteme neuronale în urma afecțiunilor. Aici o importanță deosebită o au pulsurile electromagnetice de frecvență joasă. Relevanța acestui studiu poate fi determinată și de aspectul fundamental al acestei cercetări, care conform literaturii de specialitate trebuie să dea un răspuns afirmativ conglomeratei de biomolecule la apariția vieții celulare pe Pământ ca sistem de dirijare și autoreproducere. Fotonii din regiunea spectrului solar, 200- 300 nm, au avut suficientă energie liberă pentru a reconfigura legăturile covalente ale moleculelor organice pe bază de carbon în perioada timpurie a Pământului Arhean (Vezi Fig. 3), dar nu suficientă energie pentru a le disocia.

## **8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului (obligatoriu)**

Pentru realizarea obiectivelor și cercetărilor în cadrul proiectului a fost utilizată următoarea infrastructură: echipamente de laborator (laser Q SMART 850, Q-Scan, microscop optic, spectrometru Ocean Optics, echipamente de decontaminare cu ajutorul UV-C, și materiale optice), amplasate în cab. 101, calculatoare pentru editarea lucrărilor și studierea literaturii de specialitate, amplasate în cab. 101, 410, 411, Institutul de Fizică Aplicată. Numărul unităților pe proiectul de stat este de 7.5.

## **9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)**

În cadrul proiectului activează Conferențiarul Universitar de la Departamentul de Științe Computaționale al Universității de Stat din Moldova, Dna Aurelia Prepelița (Profir) și Doctoranda Universității de Medicină, Dna Viorica Tonu, care i-au parte la elaborarea unor modele teoretice de interacțiune a radiației cu ADN/ARN și proteine. Contribuie la descrierea unor posibile instrucțiuni utilizate de sistemul neuronal al organismului viu, utilizând noțiunea de puls electromagnetic/plasmonic ce se propagă prin lanțul de proteine tubulare sau DNA.

## **10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)**

1. Institutul de Științe de bază, Facultatea de Inginerie și Științe, Universidad Diego Portales, Av. Ejercito 441, Santiago, Chile unde Cercetătorul Științific al Laboratorului Optică Cuantică și Procese Cinetice, Vitalie Eremeev face o stagiune pe un termen nelimitat . Dansul a participat la realizarea obiectivelor acestui Proiect din Programul de Stat / Vezi Ref. 1, 2.
2. Institutul Național pentru Fizica Laserelor, Plasmei și Radiațiilor Departamentul Laseri, Laboratorul „Interacțiuni laser suprafață plasmă”. PO Box MG-36, RO-77125, Măgurele, Ilfov, ROMÂNIA. Prof. Ion Mihailescu, Vezi Ref. 2.
3. CEO/CRO International Clean Water Institute, VA USA, Ashok Vaseashta, Prof., Dr. Academician EMAAS. [https://opencorporates.com/companies/us\\_va/11224017](https://opencorporates.com/companies/us_va/11224017)

## **11. Dificultățile în realizarea proiectului**

Financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc. (obligatoriu)

În cadrul realizării proiectului instituțional în perioada 2022-2023, echipa Laboratorului de Optică Cuantică și Procese Cinetice s-au confruntat cu anumite dificultăți. Multe din ele depind de de

organizarea activității (inițial, în context pandemic) și realizarea sarcinilor în procesul de decontaminare a fluidelor. Din cauza insuficienței resurselor financiare am fost limitați la participarea evenimentelor de promovare a științei (conferințe, saloane de expoziții Europene) iar tinerii nu au avut acces la unele cursuri de perfecționare mai ales la nivel internațional. Am întâlnit dificultăți (financiare) și la publicarea unor manuscrise în reviste cu IF în care se solicita lucrarea dar cu taxă mare pentru publicare.

**12. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice** (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor, reflectate în p. 6)

- A fost propus combinarea regimului dinamic de decontaminare cu metoda de reîmpachetare a metamaterialului dispersiv pentru ultraviolete C (UVC), care în opinia noastră îmbunătățește rata de decontaminare atât prin mărirea suprafeței de contact cu radiația UVC cât și manipularea patogenilor prin rotație spre câmpul evanescent maximal al fiecărui element optic din metamaterial. Prima metodă este legată de accelerarea agenților patogeni (virusuri și bacterii) printre elementele transparente în domeniul spectral UVC al radiației aplicate. Aceste metamateriale sunt special alese astfel ca indice propriu de refracție să fie relativ mai mare decât al fluidului contaminat pentru a da posibilitate radiației să treacă în regim de ghidare optică la interfața de contact cu acest fluidul (apă, sânge, plasmă sanguină, aerosoli etc.).
- Al doilea efect ține de rotația fluidului contaminat în care se consideră ca suspensiile din fluid ce conțin patogeni pot fi ușor rotite datorită formelor elementelor metamaterialului preparate din fibre UVC/optice sferice pentru a îmbunătăți eficiența decontaminării. La fiecare expoziție s-au prezentat metamateriale reîmpachetate în mod diferit, cum ar fi pachetul de fibre groase reîmpachetat cu fibre subțiri; bile cu diametru mare reîmpachetate cu bile mai mici.
- Manifestări științifice internaționale (în străinătate)

*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)
  1. **Munteanu I.; Turcan M., Starodub E., Bazgan S., Paslari T. and Enaki N.A.** : Inv: “Application of rotation channels for decontamination of pathogens in metamaterials penetrated by UVC radiation” Inventics International Conference , The 26th edition 23rd June – 24th June 2022, Iași, Romania <https://ini.tuiasi.ro/conference/>
  2. Bordeniuc G., Fala V., **Bazgan S.**, Lacusta V.: Inv: “Method for diagnosing masticatory muscle dysfunction” , The 26th edition 23rd June – 24th June 2022, Iași, Romania <https://ini.tuiasi.ro/conference/>
  3. **Munteanu I., Marina Turcan, Starodub E., Bazgan S., Nistreanu A., Paslari T., Marin T. and Enaki N.A.**, Inv: Ultraviolet C decontamination rate of fluids stimulated by new rotation channels in repacked metamaterials, PRO INVENT 2022 The 20th edition of the International Exhibition of Research, Innovations and Inventions 26 - 28 October 2022, Cluj-Napoca, România, <https://proinvent.utcluj.ro/salon.html>
  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 (Acceptată pentru IEEE Proceedings 4 pp în presa). <http://www.ehbconference.ro/>

P.S. Deoarece în 2021 nu a fost introdusă în Evaluarea de la ASM Participarea la

**5. Paslari Tatiana, Bazgan Serghei, Starodub Elena, Turcan Marina, Enaki Nicolae.**  
Separarea centrifugala a patogenilor si inactivarea lor cu UVC. Expoziția Internațională Specializată (EIS) „INFOINVENT”, ediția a XVII-a, 19 noiembrie, 2021.

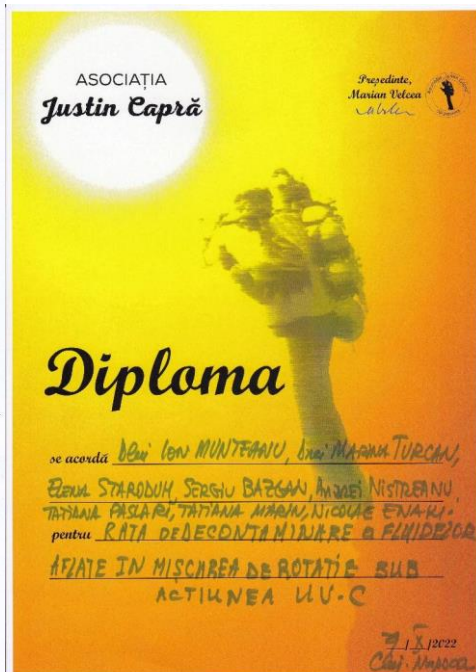
1. Iunie Iași, 2022. La tematica proiectului de stat laboratorul Optică Cuantică și Procese Cinetice a avut onoarea de a fi invitat ca participant la cea de-a XXVI-a Expoziție Internațională de Invenții și la cea de-a XXVI-a Conferință de Inventică, INVENTICA 2022, organizată de Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” 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. 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 Award 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.
3. „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. Peste 400 de invenții, proiecte inovatoare inedite și produse creative din Republica Moldova, România, China, Vietnam, Australia, Coreea și Croația au fost expuse virtual în cadrul evenimentului. Expoziția Internațională Specializată „INFOINVENT” a fost organizată de AGEPI, în parteneriat cu Ministerul Educației și Cercetării, Ministerul Culturii, Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare și Agenția Națională de Asigurare a Calității în Educație și Cercetare.

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

- Expoziție Internațională de Invenții și la cea de-a XXVI-a Conferință de Inventică, INVENTICA 2022: <https://ini.tuiasi.ro/conference/>



- Pro Invent 2022, ediția XX, care a avut loc în perioada 26-28 octombrie, Cluj-Napoca, Romania, <https://proinvent.utcluj.ro/>



4. Expoziție de Inventică: Health and Bioengineering EHB 2022 - 10-th Edition November 17-19, 2022, Iasi.
5. *P.S. Deoarece la ASM în 2021 nu au fost prezentate medaliile și distincțiile de la Expoziția INFOINVENT din 19 Noiembrie 2021, avem onoarea sa le prezentăm 2022*

**<https://agepi.gov.md/ro/news/expozi%C8%9Bia-interna%C8%9Bional%C4%83-de-inven%C8%9Bii-%E2%80%9Einfoinvent%E2%80%9D-%C8%99i-desemnata-c%C3%A2%C8%99tig%C4%83torii>**

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.



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

- 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>
- 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>

**15. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2022 de membrii echipei proiectului (Opțional)**

**Bazgan Serghei**, "Transferul cooperativ dintre radiatorii cu multe nivele la interacțiunea lor prin intermediul vidului liber și de cavitate", <http://www.cnaa.md/thesis/58301/>

**119 pp, - Teza și 34 pp Autoreferatul tezei.** Conducător științific, Prof., dr. hab. Nicolae A. ENACHI, Teza conține lucrări susținute de Proiectul de Stat : **ANCD 20.80009.5007.01**

**16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect (Opțional)**

La moment sunt două echipamente de decontaminare a gazelor și lichidelor care în fiecare an sunt supuse minimizării dimensiunilor și modalităților de dezinfecție și decontaminare chimică și biologică (bacteriologică/virală).

1. Decontaminator pe metamateriale format din fibre și bile reîmpachetate .

Decontaminare pentru lichide și gaze au fost propuse la trei expoziții internaționale. Ele au fost expuse la trei expoziții: 1. Expoziție Internațională de Invenții și la cea de-a XXVI-a Conferință de Inventică, INVENTICA 2022; Pro Invent 2022, ediția XX, care a avut loc în perioada 26-28 octombrie, Cluj-Napoca, Romania; IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering EHB 2022 - 10-th Edition 17-19 .3.



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

**17.** Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2022

**ENAKI N. A.** - Editor la **International Journal of Theoretical & Computational Physics** Editorial Board: <https://unisciencepub.com/editorial-board-international-journal-of-theoretical-computational-physics/>

**ENAKI N. A.** - Editor la **Physical Science & Biophysics Journal (PSBJ)** , MEDWIN Publishers: <https://medwinpublishers.com/PSBJ/editorial-board.php>;

**BAZGAN S.**- membru al comitetului științific, 4th BALKAN PHYSICS OLYMPIAD 2022, <https://sites.google.com/view/bpho2022/committees>



## 18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect (obligatoriu).

Este propus un model semiclassical (clasic după câmp și cuantic prin descrierea biomoleculilor), care stabilește dependența ratei de dimerizare ADN/ARN de intensitate radiației ultraviolete C (UVC). În special, este dezvoltat un model neliniar bazat pe procese cooperative similare celui Rămân din optica cuantică. Principalul rezultat al teoriei demonstrează că procesul de dimerizare în ADN/ARN depinde puternic de intensitatea luminii UVC, dovedind astfel un posibil mecanism microscopic cuantic al interacțiunilor luminii UVC cu ADN-ul. Este dată o noțiune de moleculă fonică formată din starea normală și cea dimer sub acțiunea câmpului Raman bimodal. Acest tip de moleculă există doar în prezența câmpului excitat, iar după ce acesta este oprit, biomolecula rămâne o parte din timp în starea inseparată („entangled”- încurcată) după care dimerizarea ADN-ului este probabilistic realizată. S-a stabilit o dependență neliniară de intensitate radiației aplicate, ceea ce a fost confirmat într-o serie de experimente privind inactivarea reproducerii fungilor sub acțiunea radiației ultraviolete.

Au fost descrise posibilități de dirijare a procesului de dimerizare a ADN prin mixarea stărilor dimer și normală la excitarea Raman indusă. Pentru prima dată, s-a propus un model de deplasare a stării normale către starea dimer a ADN sub acțiunea împrăștierei Raman radiației UVC. Optimizarea acestui efect prin introducerea intensității critice în dimerizarea cvasi-moleculară a ADN a fost propus și utilizat în descrierea inactivării fungilor ca funcție de intensitate. La această etapă a fost găsită o intensitate critică a radiației coerente de la care se începe dimerizarea și formarea stării cvasi-moleculare. Rata de dimerizare începând cu intensitatea critică devine proporțională cu pătratul acestei diferențe,  $W \sim (I - I_c)^2$ , unde intensitatea luminii,  $I$ , este mai mare decât cea critică,  $I_c : I > I_c$ .

Pentru a confirma constatările teoretice am realizat câteva experimente prin care se dorește investigarea modului în care rata de inactivare a fungilor 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. Se studiază posibilități de optimizare a intensității radiațiilor UVC în echipament, optimizând reîmpachetarea metamaterialelor în zona de decontaminare. Se discută despre aplicarea unor astfel de echipamente în dezinfectia fluidelor (apă, plasmă sanguină, etc.), precum și pentru aerosolii infectați cu SARS CoV-2 ori fungi de tip *candida albicans*.

Evidențierea tranzițiilor de fază indusă, cât și a posibilităților de cooperare dintre emițători pentru utilizarea acestora în echipamente moderne de control cuantic. Ca directive fundamentale este considerat studiul transmiterii informației prin unele agregate periodice de tip cristal fonic construite din sisteme periodice de tip AND/Proteine.

Echipamente care combină metodele dinamice și statice au fost prezentate la o serie de expoziții internaționale la Cluj-Napoca și Iași, 2022. Utilizarea simultană a rotației și accelerării agenților patogeni în regim dinamic sub acțiunea radiației UVC s-a realizat prin expunerea acestui tip de echipament nu doar la expozițiile internaționale ci și cele din Republica Moldova. În cadrul expozițiilor au fost prezentate echipamente care, în opinia noastră, ar sta la baza începerii producerii lor în serie.

La tematica proiectului de Stat activează 5 doctoranzi. În marea lor majoritate sunt axați pe diagnostica spectrală ori fenomenelor cooperative dintre atomi, molecule, biomolecule sub acțiunea luminii. În acest an la capitolul molecule fonice și aplicațiile lor a fost susținută o teza de Doctor a competitorului Sergiu Bazgan.

A semi-classical model (classical by field and quantum by describing biomolecules) is proposed, which establishes the dependence of the DNA/RNA dimerization rate on ultraviolet C (UVC) radiation intensity. In particular, a nonlinear model based on cooperative processes similar to the Raman-like in quantum optics is developed. The main result of the theory demonstrates that the dimerization process in DNA/RNA strongly depends on the UVC light intensity, thus proving a possible quantum microscopic mechanism of UVC light interactions with DNA. A notion of a photonic molecule consisting of the normal state and the dimer state under the action of the bimodal Raman field is given. This type of molecule exists only in the presence of the excited field, and after it is turned off, the biomolecule remains part of the time in the entangled state after which DNA dimerization is probabilistically established. A nonlinear dependence on the intensity of the applied radiation was established, which was confirmed in a series of experiments on the inactivation of fungal reproduction under the action of ultraviolet radiation.

Possibilities to control the DNA dimerization process by mixing the dimer and normal states upon induced Raman excitation have been described. For the first time, a model of the displacement of the normal state to the dimer state of DNA under the action of Raman scattering of UVC radiation was proposed. Optimizing this effect by introducing the critical intensity in the quasi-molecular DNA dimerization was proposed and used in the description of fungal inactivation as a function of intensity. At this stage, a critical intensity of coherent radiation was found at which dimerization and the formation of the quasi-molecular state begin. The dimerization rate starting with the critical intensity becomes proportional to the square of this difference,  $W \sim (I - I_c)^2$ , where the light intensity,  $I$ , is greater than the critical one,  $I_c : I > I_c$ .

In order to confirm the theoretical findings, we carried out several experiments to investigate how the rate of inactivation of yeast fungi depends on the intensity of UVC irradiation. The experimental results show a non-linear decrease of residual yeast colonies depending on the intensity of the irradiation process. Possibilities for optimizing the intensity of UVC radiation in the decontamination equipment are being studied, considering the use of meta materials. The application of such equipment in the disinfection of fluids (water, blood plasma, etc.) is discussed, as well as for aerosols infected with SARS CoV-2 or fungi of the *candida albicans* type.

Highlighting induced phase transitions, as well as the possibilities of cooperation between emitters for their use in modern quantum control equipment. As fundamental directives, the study of information transmission through some photonic crystal periodic aggregates built from periodic DNA/Protein systems is considered.

Equipment that combines dynamic and static methods was presented at a series of international exhibitions in Cluj-Napoca and Iasi, 2022. The simultaneous use of rotation and acceleration of pathogens in a dynamic regime under the action of UVC radiation was achieved by exhibiting this type of equipment not only at international exhibitions as well as those in the Republic of Moldova. During the exhibitions, equipment was presented which, in our opinion, would be the basis for the start of their mass production.

On the theme of the State project 5 PhD students are working. Most of them are focused on spectral diagnostics or cooperative phenomena between atoms, molecules, biomolecules under the action of light. In the field of interaction of photonic molecules localized radiators, a PhD thesis of competitor Sergiu Bazgan was defended.

Conducătorul de proiect  Enachi Nicolae

Data: 17/11-2022

L.S



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul de referință în cadrul proiectului din Programul de Stat**

**ANCD 20.80009.5007.01: Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, meta materiale) și aplicarea acestora în informatică, biofotonică avansată optogenetică**

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

1.1. monografii internaționale - 0

1.2. monografii naționale – 1

**1. S. Bazgan** "Transferul cooperativ dintre radiatorii cu multe nivele la interacțiunea lor prin intermediul vidului liber și de cavitate" , 119 pp, <http://www.cnaa.md/thesis/58301/>, doctor în științe fizico-matematice, Recomandat spre editare)

2. **Capitole în monografii naționale/internaționale -0**

3. **Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale - 0**

4. **Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF) 2 – cu IF 3.75 și una cu IF 6.5:

- **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**]
- **Enaki, N.A.; Paslari, T.; Bazgan, S.; Starodub, E.; Munteanu, I.; Turcan, M.; Eremeev, 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/>
- **Molinales, H.; Eremeev, 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**).

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

**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>

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

### ***Lucrarea a fost publicate după DDS 2021:***

- **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).

4.4. în alte reviste naționale -0

### **5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale 0**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare – 0

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova -0

### **6. Articole în materiale ale conferințelor științifice - 1**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

- **Munteanu I.; Turcan M. , Starodub E., Bazgan S., Nisteanu 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, November 17-19, 2022 (**Acceptată pentru IEEE Proceedings 4 pp în presa**). [http://www.ehbconference.ro/Portals/0/EHB2022\\_Detailed\\_Program.pdf](http://www.ehbconference.ro/Portals/0/EHB2022_Detailed_Program.pdf)

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova) - 0

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională - 0

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale - 0

### **7. Teze ale conferințelor științifice**

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) 3

- **Munteanu I.; Turcan M., Starodub E., Bazgan S., Paslari T. and Enaki N.A., :** Application of rotation channels for decontamination of pathogens in metamaterials penetrated by UVC radiation. The 26th International Exhibition of Inventions, Inventica 2022, Iasi Romania Editura Performantica, pag. 269, ISSN:1844-7880
- Bordeniuc G., Fala V., **Bazgan S.,** Lacusta V.: Inv: “Method for diagnosing mastycatory muscle dysfunction”, The 26th edition 23rd June – 24th June 2022, Iasi Romania Editura Performantica, pag. 220, ISSN:1844-7880 <https://ini.tuiasi.ro/conference/>
- **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, <https://www.mscholarconferences.com/LaserOpticsPhotonics2022/9/home.html#speaker> *Innovation from paper: Optics Communications, Volume 498, 1, November 2021, 127124.*

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):1

8.1.cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)-1

- **S. Bazgan, Autoreferatul tezei**, "Transferul cooperativ dintre radiatorii cu multe nivele la interacțiunea lor prin intermediul vidului liber și de cavitate" , 34 pp, 01.04.02 - Fizică teoretică și matematică, <http://www.cnaa.md/thesis/58301/>, doctor în științe fizico-matematice, Recomandat spre editare)

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

**10. Lucrări științifico-metodice și didactice - 0**

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.**

## Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare 138 PS

(la data raportării)

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.01

Anexa nr. 2.3 la Contractul de finanțare nr. 138 PS din 03 ianuarie 2022

## DEVIZUL DE CHELTUIELI PE ANUL 2022

		Buget aprobat 2022 (resurse generale), mii lei	Buget precizat 2022 (resurse generale), mii lei
Remunerarea muncii	211180	751,4	758,6
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	217,9	220,0
Indemnizații pentru incapacitatea temporară de muncă achitate din mijloace financiare ale angajatului.	273500	3,0	3,0
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	11,3	2,3
Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii	281900		9,0
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110	2,0	2,0
<b>Total</b>		<b>985,6</b>	<b>994,9</b>

Directorul organizației dr.hab. Mihai MACOVEI

(numele, prenumele, semnătura)

Economist șef Larisa MITROȘENCO

(numele, prenumele, semnătura)

Conducătorul proiectului dr.hab. ENACHI Nicolae

(numele, prenumele, semnătura)

Data:

17/XI-2022

LȘ



## Componenta echipei proiectului

Cifra 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.	1.00	04.01.2021	
2.	Țurcan Marina	1982	dr.	0.50	04.01.2021	
3.	Prepeleț Aurelia	1961	dr.	0.503	04.01.2021	31.10.2022
4.	Bîzgan Serghei	1987	dr.	1.00	04.01.2021	
5.	Nisteanu Andrei	1981		1.00	04.01.2021	
6.	Rusu (Marin )Tatiana	1988		0.50	04.01.2021	01.08.2022
7.	Pislari Tatiana	1989		1.00	04.01.2021	
8.	Starodub Elena	1989		1.00	04.01.2021	
9.	Scafaru Gheorghe	1989		0.50	04.01.2021	01.08.2022
10.	Tonu Viorica	1987		0.50	04.01.2021	
	<b>TOTAL</b>			<b>7.25</b>		
Pondere tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare						60%

**Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021**

N r	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării/eliberării
1.	Prepeliță Aurelia	1961	dr.	-0.50	31.10.2022
2.	Țurcan Marina	1982	dr.	+0.50	31.10.2022
3.	Rusu (Marin )Tatiana	1988		-0.50	01.08.2022
4.	Scafaru Gheorghe	1989		-0.50	01.08.2022
5.	Munteanu Ion	1982		+1.00	22.08.2022
6.	Pîslari Tatiana	1989		-0.50	01.09.2022
7.	Podoleanu Diana	1983		+0.50	01.11.2022

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	40%
---	-----

Conducătorul organizației dr.hab. Mihai Macovei

Economist șef Larisa Mitroșenco

Conducătorul de proiect dr.hab. Nicolae Enachi

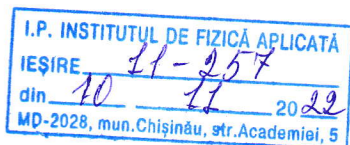
Data: 17/XI-2022

LȘ



*(Handwritten signatures in blue ink)*





**EXTRAS**

din PROCESUL VERBAL nr. 11  
al ședinței Consiliului Științific al Institutului de Fizică Aplicată  
din 9 noiembrie 2022

**PREZENȚI:** 11 (din 17) membri ai Consiliului Științific.

**ORDINEA ZILEI:**

Audierea rapoartelor cu privire la realizarea proiectelor de cercetare în anul 2022.

**S-A AUDIAT:**

Raportul dr.hab. **Nicolae Enachi** cu privire la realizarea în anul 2022 a proiectului Program de Stat **20.80009.5007.01 – Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, metamateriale) și aplicarea acestora în informatică, bio-fotonică avansată optogenetică – director de proiect dr.hab. N.Enachi.**

Rezultatele principale: Au fost evidențiate posibilitățile de cooperare între dimerii și tetramerii ADN-lui la emisia și absorbția luminii. A fost construit un model de interacțiune a radiației cu biomoleculele. A fost stabilită o dependentă delineară de intensitatea radiației aplicate care s-a confirmat într-o serie de experimente de inactivare a reproducerii fungilor sub acțiunea radiației ultraviolete C. Au fost elucidate posibilitățile de dirijare a procesului de dimerizare a ADN prin mixarea stărilor dimer și normală la excitarea Raman indusă. S-a propus pentru prima dată un model de deplasare a stării normale către starea dimer a ADN și formare a unei molecule fotonice sub acțiunea împrăstierii Raman. Au fost evidențiate posibilitățile de cooperare dintre emițători atât la emisie cât și absorbție pentru utilizarea acestora în echipamente moderne de diagnostică, holografie și control cuantic. A fost propusă utilizarea simultană a rotației patogenilor în regim dinamic de pompare a fluidului printre fibrele/bilele reîmpachetate de cuarț sub acțiunea radiației UVC (machet expus la saloanele de inventică Iași și Cluj-Napoca, 2022, România). În acest an la capitolul molecule fotonice și aplicațiile lor a fost susținută o teza de doctor (Sergiu Bazgan).

**S-A HOTĂRÂT:**

A aproba rezultatele obținute în anul 2022 în cadrul proiectului Program de Stat **20.80009.5007.01 – Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, metamateriale) și aplicarea acestora în informatică, bio-fotonică avansată optogenetică – director de proiect dr.hab. N.Enachi**

Mihai Macovei,  
Președintele Consiliului Științific



Ion Cojocaru, dr.  
Secretarul Consiliului Științific

*M. Macovei*

*I. Cojocaru*