

RECEPȚIONAT

Ministerul Educației și Cercetării

_____ 2025

AVIZAT

Secția Academiei de Științe a Moldovei

_____ 2025

UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

(denumirea organizației de drept public din domeniile cercetării și inovării)

INSTITUTUL DE FIZICĂ APLICATĂ

(denumirea unității de cercetare)

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

pentru etapa 2024

**privind realizarea subprogramului de cercetare în cadrul
programului instituțional de cercetare al organizației (2024-2027)**

Titlul subprogramului: **FENOMENE COOPERATIV-CUANTICE DINTRE ATOMI,
BIOMOLECULE, CAVITĂȚI OPTICE SUB ACȚIUNEA RADIAȚIEI
ELECTROMAGNETICE ȘI APLICAREA ACESTORA ÎN BIOFOTONICĂ
PENTRU ELABORAREA ECHIPAMENTELOR MODERNE DE
DECONTAMINARE ȘI DIAGNOSTICA**

Prioritatea strategică **Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare**

Codul subprogramului **011206**

Directorul unității de cercetare

ȘIKIMAKA Olga

(numele, prenumele)

(semnătura)

Coordonatorul subprogramului
de cercetare

ENACHI Nicolae

(numele, prenumele)

(semnătura)

Chișinău, 2025

CUPRINS:

1.	Scopul și obiectivele etapei 2024	3
2.	Acțiunile planificate pentru etapa 2024	3
3.	Acțiunile realizate în 2024	3
4.	Rezultatele obținute	3
5.	Impactul științific, social și/ sau economic al rezultatelor științifice obținute	7
6.	Diseminarea rezultatelor obținute în subprogram în formă de publicații	8
7.	Diseminarea rezultatelor obținute în subprogram în formă de prezentări la foruri științifice	8
8.	Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în subprogram în mass-media	8
9.	Colaborare la nivel național și internațional	9
10.	Teze de doctorat/ postdoctorat susținute și confirmate în anul 2024 de membrii echipei subprogramului	9
11.	Dificultăți în realizarea subprogramului (financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc.)	9
12.	Concluzii	9
13.	Anexe	10
	Anexa nr. 1. <i>Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în subprogram în anul 2024 (în limba română și în limba engleză)</i>	10
	Anexa nr. 2. <i>Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anul 2024 în cadrul subprogramului de cercetare</i>	12
	Anexa nr. 3. <i>Componența echipei de cercetare a subprogramului</i>	14

1. Scopul și obiectivele etapei 2024

Activitatea 1. Analiza mecanismelor cuantice de inhibare a replicării ADN/ARN prin propagarea câmpului electromagnetic pulsant prin metamateriale.

Activitatea 2. Sinteza și analiza bio-structurilor moleculare la interacțiunea cu câmpul electromagnetic pulsant. Optimizarea dispozitivelor de decontaminare și diagnostica: Obținerea unei noi arhitecturi de echipamente cu sensibilitate ridicată în decontaminarea și detectarea micro-organismelor.

Activitatea 3. Cercetarea tranzițiilor de fază de tip condensat Bose-Einstein în amestecul de cvasi particule Bose ale excitărilor colective în sistemele moleculare stimulată de radiație.

2. Acțiunile planificate pentru etapa 2024

Identificarea și manipularea cuantică a mecanismelor de inhibare a replicării ADN/ARN:

Activitatea 1. Analiza mecanismelor cuantice de inhibare a replicării ADN/ARN prin propagarea câmpului electromagnetic pulsant prin metamateriale.

Activitatea 2. Sinteza și analiza biostructurilor moleculare la interacțiunea cu câmpul electromagnetic pulsant. Cercetarea tranzițiilor de fază de tip condensat Bose-Einstein în amestec de gaze bosonice.

Activitatea 3. Obținerea unei noi arhitecturi de echipamente cu sensibilitate ridicată în decontaminarea și detectarea micro-organismelor.

3. Acțiunile realizate în 2024

Identificarea și caracterizarea aspectelor cuantice ale mecanismelor de inhibare a replicării ADN/ARN sub influența câmpului electromagnetic pulsant prin metamateriale.

Sinteza biostructurilor moleculare și evaluarea modului în care acestea reacționează la propagarea câmpului electromagnetic pulsant.

4. Rezultatele obținute

S-a propus un model de interacțiune multiplă Raman ce descrie atât rata de dimerizare ADN/ARN depinde de intensitatea radiației UVC cât și modificarea statisticii fotonilor reemiși în această conversie multiplă. Modelul neliniar dezvoltat se bazează pe procese de cooperare similare cu împrăștierea Raman din optica cuantică dar conține renormalizarea spectrului energetic al biomoleculelor (proteine, ADN) datorită interacțiunilor dipolare. Teoria a demonstrat că dimerizarea biomoleculelor depinde puternic de intensitatea luminii UVC, sugerând un mecanism cuantic al interacțiunilor UVC cu ADN/proteine în legături terțiene. (*Eur Biophys J.* 2024,**53(3)**, 133—145.).

Cele două tipuri de cooperare între fotoni la conversia multiplă, cât și cooperarea între sistemul de emițători cu tranziția dipolar interzisă este exportată la două stări localizate ale fotoreacției din ADN sub acțiunea radiației așa cum ar fi: dimerizarea timinelor vecine în lanțul ADN, $T=T$ din starea normală a bazelor nucleotide ale ADN din care provin aceste timine, $A=T$. Influența efectului multi-cascadă de tip Raman asupra ratei de decontaminare se estimează, utilizând rezonanța de fluorescență. Primul tip de cooperare implică procesul coerent dintre perechile de fotoni la conversia multiplă a acestora, unde trenul de undă coerent apare între cvasi-particulele formate la diferența de frecvențe dintre fotonul emiși. Ei poartă amprenta procesului de dimerizare la ruperea legăturilor de hidrogen dintre nucleobaze. Al doilea efect este de tip Dicke și apare între două stări: normală și dimer a două nucleotide, $T=A$, $T=A$ megieșe ce trec în starea dimer, $T=T$. Experimental în multe procese analiza chimică demonstrează și un alt tip de dimerizare cu aminoacizii unor proteine numite “Hestones”. Acest nou tip de stare coerentă a luminii este propus pentru surse bi-modale amestecate cuantic, și poartă amprenta foto-transformărilor din subsistemul de biomolecule (*Physica Scripta* (2024); *Optics Commun.* (2021)). Efectul de generare coerentă ia în considerare atât cooperativitatea dintre bimodori la împrăștierea Raman multiplă, cât și fenomenele colective dintre actele de foto-excitare în ADN.

Deseori acest efect poate schimba rata de dimerizare în ADN în funcție de statistica fonică a luminii aplicate cât și a posibilităților de dimerizare. Tot odată aspectul cuantic de transfer a excitațiilor de la un act de conversie la altul ar putea sta la baza unui nou tip de teleportare cuantică a informației dintr-un domeniu spectral în altul la conversia multiplă Raman, unde în limbajul cvasiparticulelor formate la diferența dintre fotonii de tip Stokes și anti-Stokes poate fi definită atât amplitudinea cât și faza a unor astfel de stări de lumină amestecată cuantic (*Eur Biophys J.* 2024,**53** (3), *Physica Scripta* 2024, 2 articole).

La momentul actual în proteine sunt cunoscute următoarele tipuri de interacțiuni cu magnitudinea de ordinul expus mai jos: a) legături covalente : aprox 90 - 100 Kcal/Mol; b) legături Ionice - < 10 Kcal/mol; c) legături de Hydrogen - 3-8 Kcal/Mol, d) legături hidrofobice-2 Kcal/Mol; e) legături van der Waals -1 Kcal/Mol. Un câmp electric extern constant poate modifica structura secundară a unei

$$H_{DE} = \sum_j \mathbf{P}_j \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}_j)$$

proteine la inducerea unei tranziții dipolare, de la o foaie β la o conformație asemănătoare helixului [1], unde $\mathbf{P}_j$ este polarizarea segmentului j de aminoacid, iar $\mathbf{E}$ este câmpul electric extern în regiunea dipolului. Polarizarea la interacțiunile sus menționate este ordinul $P \sim 0.72 eA^0$ [Fig.1 din dreapta]. Această schimbare dramatică este condusă de o rearanjare globală a momentelor dipolare la planurile amidine a lanțurilor proteice, demonstrând existența interacțiunilor dipolare dintre structuri terțiare ca subunități independente ale proteinelor reprezentate în Fig. 1 și 2. Regulile după care secvența primară de aminoacizi se pliază în structura secundară și după aceasta aceste lanțuri polipeptidice, ce se unesc în structuri terțiare, formând structuri super-secundare de tip "Sandwich", așa este reprezentat în Figurile 3 și 4. În acest domeniu s-au înregistrat progrese considerabile în ceea ce privește prima etapă al acestui program de cercetare [1-4].

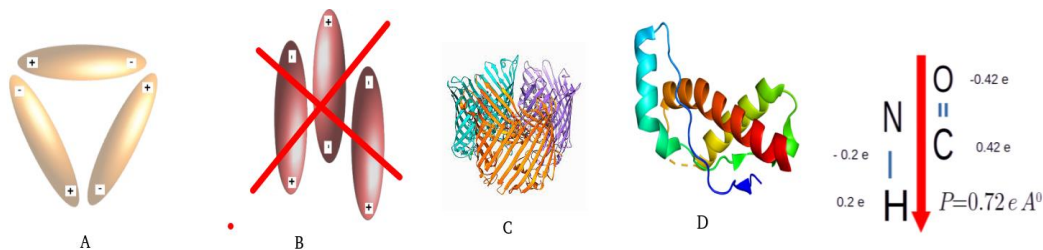


Fig. 1. Reprezentarea unei proteine trimer (A și B) sub forma a trei structuri terțiare ca subunități independente ale proteinelor observate în natură. În legătura dipolară verticală este imposibilă de format un trimer din 3 dipoli. Proteine de tip trimer au fost observate experimental în Ref. [2] „A Pandora's box” [2] și în Ref. [1] proteina „Prions” (ultima este întâlnită la diferite forme de encefalită cerebrală)

Având în vedere că multe proteine conțin un număr finit de lanțuri polipeptidice, care posedă subunități, abordăm problema legăturilor dipolare dintre astfel de structuri sub acțiunea radiațiilor pentru a le putea manipula. Astfel Hamiltonianul sistemului calculat energetic relativ la starea fundamentală

$$\hat{H}_0 = \sum_j \sum_{n=1}^m E_n |n\rangle_j \langle n|_j$$

poate fi descris prin expresia, $\hat{H}_t = \hat{H}_0 + \hat{H}_I + \hat{H}_I$, unde este energia sistemului de nivele de structura cuaternară formată din m niveluri cu energii discrete E_n , Hamiltonianul interacțiunii dintre învelișurile proteice cuaternare este,

$$\hat{H}_{IM} = \sum_{l \in (a), j \in (b)} (\hat{\mathbf{d}}_j, \hat{\mathbf{d}}_l) / r^3 - 3(\hat{\mathbf{d}}_j, \mathbf{r})(\hat{\mathbf{d}}_l, \mathbf{r}) / r^5,$$

unde i și j sunt două structuri ale lanțurilor polipeptidice, a și b în interacțiuni dipolare prezentate în Fig. 1 A și B. Presupunând că excitația are loc de la o stare cu un mic moment electric (starea fundamentală) la o stare excitată cu un moment dipol total al fiecărei substructuri, $|g_1, g_2, \dots, e_n\rangle, \dots, |g_1, e_2, \dots, g_N\rangle$, poate fi calculat din ecuația seculară,

$$(\hat{H}_0 + \hat{H}_{IM})|E_\alpha\rangle = E_\alpha|E_\alpha\rangle.$$

Transferul fiecărei subdiviziuni de proteine de la starea fundamentală la starea excitată este luat în modelul Raman multiplu așa cum este definită în Physica Scripta și poate fi definit prin energia de

$$H_I = \kappa \sum_{j=1}^k g_k \{ \hat{\Lambda}_k^- \hat{D}^+ + \hat{\Lambda}_k^+ \hat{D}^- \} \quad \text{Aici}$$

excitație a fiecărui lanț peptidic I_n ,
 $\hat{\Lambda}_k^- = \sum_{p=0}^{k-1} g_{p+1} \hat{c}_{p+1} \hat{c}_p^\dagger / \chi_n$, și $\hat{\Lambda}_k^+ = \sum_{p=0}^{k-1} g_{p+1} \hat{c}_p \hat{c}_{p+1}^\dagger / \chi_n$ sunt operatorii cooperativi de anihilare și

creare a porțiilor de cvasi-energii în timpul conversiei multiple Raman, diferența de frecvență a fiecăreia dintre ele este $\omega = \omega_{p+1} - \omega_p \simeq \omega_r$. Aici $\{\omega_p = \omega_0 + p\omega\}$, $p = 1, 2, \dots, k$, sunt frecvențele modurilor de câmp împrăștiat obținute din câmpul pompei, la frecvență, ω_0 , și descris prin anihilare, $\hat{c}_0$, și creație, operatori, $\hat{c}_0^\dagger$. Procesul de împrăștiere în modurile anti-Stokes de ordin p generate în împrăștierea Rămân în k -cascade este descris de aceiași operatori de anihilare și creare, $\hat{c}_p$, și $\hat{c}_p^\dagger$, în pasul p de împrăștiere. Ca urmare, pompaj și operatorii de câmp împrăștiat îndeplinesc aceleași reguli de comutare Bose: $[\hat{c}_{p'} \hat{c}_p^\dagger] = \delta_{j,i}$ și $[\hat{c}_{p'}, \hat{c}_p] = 0$, $p', p \equiv 0, 1, 2, \dots, k$. Operatorii moleculari de excitare și deexcitare a structurilor terțiene însemnate prin, $j=1,2,\dots,n$, la formarea de legături mutimer: $n=2$ - dimer, $n=3$ - trimer, $n=4$ - tetramer, $n=5$ pentamer etc. reprezentate în Fig. 2, exprimată prin numărul

$$\hat{D}_n^+ = \sum_{j=1}^n \kappa_j |e\rangle \langle g|_j, \quad \hat{D}_n^- = \sum_{j=1}^n \kappa_j |g\rangle \langle e|_j$$

de subdiviziuni n din care este formată biomolecula, și
 Partea Hamiltonianului de interacțiune dintre sistemele de proteine cuaternare este reprezentată de interacțiunea dipol-dipol.

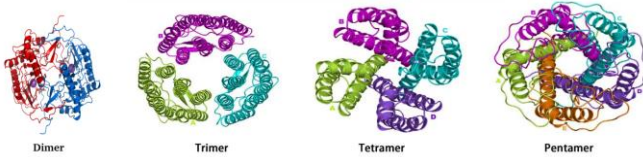


Fig. 2. Structurile cuaternare ale proteinelor dimer, trimer, tetramer și pentamer obținute în Ref. [4] prin protocol de calcul pentru predicții eficiente ale organizării supramoleculare ale proteinelor transmembranare integrale

Să presupunem că excitarea are loc din starea de bază, $|G\rangle = |g, g, g, \dots, g\rangle$, în superpoziția stărilor excitate și degenerate desigur, $|g, g, \dots, e\rangle, \dots, |g, e, \dots, g\rangle$ și $|e, \dots, g, g\rangle$, cu un dipol electric mai mare față de starea de bază. Interacțiunea dipolară, descrisă de elementul de matrice dintre două subdiviziuni terțiene ale proteinelor, $W = \langle G | \hat{H}_{MI} | e, g, \dots, g \rangle_1 |g, e, \dots, g\rangle_2$, unde 1 și 2 sunt două stări excitate ale dipolilor vecini reprezentați în figurile 3 și 4. Desigur în cazul a mai multor dipoli în loc de 1 și 2 trebuie de luat în considerație interacțiunea dipolilor vecini. Soluția staționară a ecuației Shrodinger poate fi căutată sub formă $(\hat{H}_0 + \hat{H}_{MI})|E_\alpha\rangle = E_\alpha|E_\alpha\rangle$ unde E_α unde sunt valorile proprii ale energiilor descrise de funcțiile lor de undă, $|E_\alpha\rangle$.

1. Să cercetăm ecuația seculară pentru un trimer format din 3 dipoli reprezentați în Fig. 1 și 2. Energia stării excitate este determinată de 3 vectori de undă, $|g, g, e\rangle, |g, e, g\rangle, |e, g, g\rangle$, și calculată relativ de starea de bază, I_1 , fiind reprezentată de elementul de matrice, W , sub forma: $E_{1,2} = I_1 - W$; $E_3 = I_1 + 2W$. Funcțiile de undă pentru aceste stări pot fi ușor calculate. Mai jos prezentăm expresia analitică a stării de bază,

$|E_2\rangle = \{|e_a, g, g_c\rangle - 2|g_a, e_b, g_c\rangle + |g_a, g_b, e_c\rangle\}/\sqrt{3 \times 2}$. Această superpoziție corespunde unei excitații moleculare, care la interacțiunea cu vidul câmpului electromagnetic nu relaxează în starea de bază, $|G\rangle = |g_a, g_b, g_c\rangle$. Aceasta stare reprezintă trimerul propriu zis cu un timp de viață destul de mare față de starea de bază, datorită faptului că elementul de matrice este zero, $\langle E_2|\mathbf{d}|G\rangle = 0$, unde $\mathbf{d} = \sum_{i=a}^c \mathbf{d}_i$.



Fig. 3. Structura spațială formată prin interacțiunea a trei "Sandwich"-uri de trimeri ai structurilor terțiare (subunități)

2. Tetramerul proteic, reprezentat prin interacțiune dipolară orizontală, H când, $(\mathbf{d}_j, \mathbf{r}) \sim 0$, și vertical, V, antiparalelă, $\mathbf{d}_j, \mathbf{r} \sim d_j r$, este descris de două reprezentări moleculare în Fig. 4. Starea energetică de bază este exprimată de superpoziția a 4 stări ale structurilor dipolare, $|E_\alpha\rangle = C_{1\alpha}|g, g, g, e\rangle + C_{2\alpha}|g, g, e, g\rangle + C_{3\alpha}|g, e, g, g\rangle + C_{4\alpha}|e, g, g, g\rangle$. Din ecuația staționară Shrodinger, obținem sistemul de ecuații pentru constantele, C_α și energiile, E_α , ale acestor stări despicate de interacțiunea dipol-dipol reprezentată în Fig. 4.

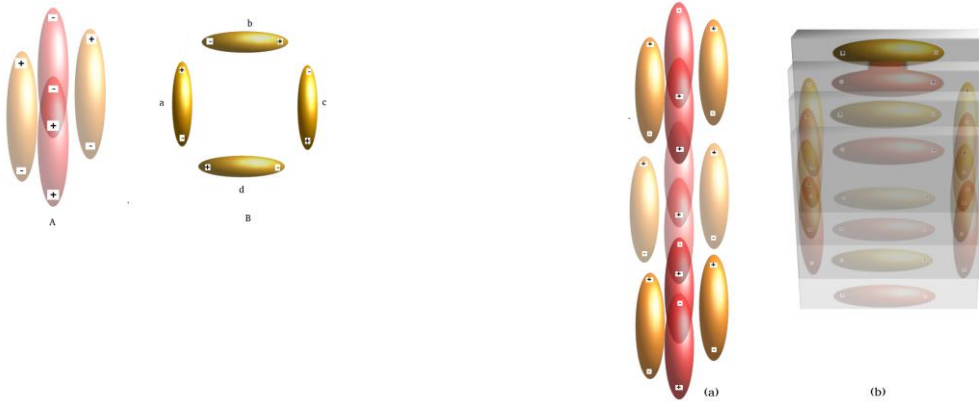


Fig. 4. Două tipuri de structuri spațiale formate din tetrameri (A,B). Prima este formată din patru lanțuri polipeptidice. A doua din "Sandwich" uri ca și în structurile formate din trimeri (Fig.3)

De unde rezultă că patru stări energetice degenerate se despică în felul următor: două stări rămân degenerate și două deplasate în sus și respectiv în jos cu mărimea, $2W$, față de nivelul inițial degenerat I_1 : $(E_\alpha)_{1,2} = I_1$; $(E_\alpha)_{3,4} = I_1 \pm 2W$. Funcțiile de undă pentru fiecare energie pot fi calculate în acord cu ecuația Shrodinger. Starea energetică de jos, $E_4 = I_1 - 2W$, este descrisă de funcția de undă, $|E_4\rangle = \frac{1}{2}\{-|g, g, g, e\rangle + |g, g, e, g\rangle - |g, e, g, g\rangle + |e, g, g, g\rangle\}$, care ca și în cazul trimerului cvasi-molecular este o stare cu un timp de viață lung, datorită faptului că relaxarea în starea de bază este dipolar interzisă $\langle E_4|\mathbf{d}|G\rangle = 0$, unde $|G\rangle = |g, g, g, g\rangle$.

Așa cum este reprezentat în figurile 3 și 4 proteinele de membrană ar putea fi construite prin interacțiuni dipolare pentru 4, 5, 6, și mai multe lanțuri polipeptidice. Acest lucru a fost efectuat în laborator, dar datorită formulelor prea lungi nu introducem acest calcul. Totuși la formarea legăturilor dipolare H și V am observat o legitate. Proteinele plane formate din lanțuri impare nu pot forma legături de tip H așa cum este demonstrat în Fig. 2 pentru tetramer. Mai jos trecem la împachetarea unor astfel de structuri în spațiul tridimensional. Dăm doar două exemple ce diferă structural una față de alta.

Primul corespunde împachetării triunghiurilor echilaterale cu simetria rotită față de diagonală triunghiului la un de unghi de 180. Astfel în legătura de tip "Sandwich" apar dipoli cu momentul electric mai mic decât cel din planul structurii. Acest model permite utilizarea teoriei perturbațiilor deja în structurile energetice obținute la împachetarea de tip V în plan. Structuri similare multi-strat pot fi propuse și pentru tetramerii din Fig. 2 în împachetarea de tip V a dipolilor.

Se propune o nouă metodă de reambalare a metamaterialelor optice formate din sfere (fibre) de cuarț de diferite dimensiuni, pentru dezinfectia cu ultraviolete C a lichidelor infectate cu agenți patogeni (virusi și bacterii). Principala idee a noului echipament este legată de rotația lichidului contaminat prin canalele cu șuruburi din interior metamaterialului realizate din fibre UVC/optice sferice pentru a spori eficiența decontaminării (vezi Fig. 5). Pentru a demonstra viabilitatea acestei abordări, studiul de față utilizează inactivarea dinamică și statică a drojdiei de brutărie folosind regimuri UV. Acest proces de decontaminare prin radiații este utilizat pentru a evidenția eficacitatea tratamentului UV în interiorul canalelor rotative. Pentru testarea regimului static de decontaminare, am utilizat aproximativ 80 ml de soluție de fungi în interiorul decontaminatorului, fiind propus un timp de decontaminare relativ scurt. Soluția de drojdie a fost pregătită, dizolvând 25 g de drojdie de fungi în 800 ml de apă. Pentru îmbunătățirea dezvoltării fungilor, s-a adăugat 20 g de agar, C14H24O9. În stadiul inițial al dezvoltării fungilor, s-a observat apariția unui număr variabil de colonii de drojdie cu dimensiuni aparent aleatorii. Un astfel de experiment de inactivare a coloniilor de fungi pe o scală de timp mai scurtă de aproximativ 15 minute a fost subiectul publicației noastre anterioare. Având în vedere că dezvoltarea coloniilor de fungi poate fi rapidă și că unele parametri pot fluctua ușor în timp, am decis să realizăm experimentele de inactivare după 24 de ore, înainte de a trece prin echipamentele de decontaminare. În acest experiment, am luat în considerare accelerarea dezvoltării coloniilor de fungi și dependența de intensitate a ratei de inactivare a drojdiei de fungi prin adăugarea consecutivă a unuia până la șase lămpi UVC în interiorul nucleului de decontaminare a drojdiei, Fig. 5.

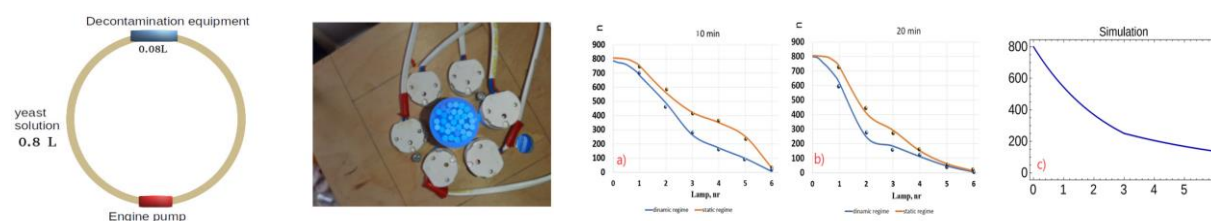


Fig 5. Viteza de decontaminare obținută cu echipamentul din stânga în funcție de intensitatea aplicată a radiației UVC în unități de număr de lămpi: a) 10 Min regimuri dinamice și statice; b) 20 Min regimuri dinamice și statice; c) Este prezentată dependența ratei de inactivare în funcție de intensitatea aplicată obisnuită în acord cu modelul teoretic propus (*Eur Biophys J.* 2024, **53**(3), 133-145).

References

1. Ojeda-May P. and Garcia M. E. *Biophysical Journal* Volume 99 July 2010, 595–599.
2. Callaway E. *Nature*. 2023 Sep; 621(7979): 455. doi: 10.1038/d41586-023-02892-z. PMID: 37704851.
3. Chiang Y S, *et al.* *PSFunction Bioinformatics*. 2007, 68(4): 915-921.
4. Casciari D, *et al.* *BMC Bioinformatics*. 2006, 7(1): 1-16.

5. Impactul științific, social și/ sau economic al rezultatelor științifice obținute

Rezultatele teoretice ale cercetărilor științifice pot sta la baza creării de modele noi pentru superstructuri biomoleculare în care se ia în considerație aspectul fizic de interacțiune dipolară și multipolară între componentele biomoleculare de proteine și ADN. În baza cercetărilor cineticii de decontaminare ca funcție de canalele de rotație și împachetării de metamateriale. Rezultatele cercetării aplicative în cadrul proiectului pot fi implementate prin utilizarea dispozitivelor de decontaminare a fluidelor în

diferite domenii cum ar fi: spații aglomerate (transport public, gări auto/feroviare, aeroport, etc), spații de agrement, sisteme de ventilație, transport public etc.

Multe metode stau la baza unor integrări paralele pentru a decontamina, dezinfecta volume imense de fluide (gaze, lichide) în caz de situație excepțională (hazard). De exemplu doctorandul Ion Munteanu la Conferința internațională „SALONUL INTERNAȚIONAL INVENTCOR 2024 - EDIȚIA 5-a, Deva, România 03-07 aprilie 2024 a prezentat un astfel de echipament cu o metodă nouă de rotire a fluidelor. Dansul a expus diferența dintre decontaminarea cu canale de rotație și fără rotație a fluidului contaminat la forumul internațional "16th European Exhibition of Creativity and Innovation Iași, Romania, 6-8 iunie 2024, www.euroinvent.org." Au avut un succes deosebit echipamentele prezentate de Ion Munteanu și Marina Țurcan la Salonul internațional de invenții și inovații "Traian Vuia" Timișoara 13-15 iunie 2024. De asemenea menționăm expunerea unor echipamente propuse în laborator de M. Țurcan la Berlin, Germania, 5-7 iunie 2024 la evenimentul ILAconnectandmeet, evenimentul fiind organizat de Comisia Europeană. Scopul principal a fost stabilirea unor contracte de cercetare cu instituții de cercetare pentru realizarea comună a unor echipamente de sterilizare cu metamateriale sponsorizate de proiectele UE de tip cluster.

6. Diseminarea rezultatelor obținute în subprogram în formă de publicații

Rezultatele cercetării în cadrul proiectului au fost diseminate prin articole științifice publicate atât în reviste de specialitate, cotate ISI cum ar fi lucrări în Eur Biophys J. 2024,53 (3), Physica Scripta, parte a lucrării în Physics Open, decembrie 2024 Elsevier, IEEE Processing de la conferința ATOMS, Constanța, august 2024). O serie de reviste naționale au ca scop popularizarea și implimentarea locală a unor idei de invenție propuse de cercetătorii laboratorului. Prin participarea la conferințe, echipa de cercetare asigură prezentarea celor mai valoroase rezultate care vor avea un impact stabilizator asupra colaborărilor cu alte echipe de cercetare, cu scopul de a efectua cercetări și de a dezvolta domenii transdisciplinare. Dezvoltarea conceptului cooperativ de interacțiune a biomoleculelor cu radiația au ca scop modernizarea unor dispozitive și propunere de noi elaborări unde principala sursă de inactivare de patogeni -radiația ultravioletă tip C (230-280 nm) este asistată de radiația în infraroșii (> 10.000 nm). Echipamentele modernizate în cadrul proiectului de cercetare anterioară au câștigat peste 10 medalii de aur, peste 20 de diplome de excelență și trei trofee la aceste târguri de invenții și vor fi bineînțeles minimizezate și trecute în modul impuls laser.

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

- Depunere cerere de brevet la AGEPI, Titlu: *Dispozitiv sterilizator UV-C*; Inventator(i): **MUNTEANU Ion, ȚURCAN Marina**, MD; Nr. depozit: s 2024 0049 (aparține atât proiectului de față cât și proiectului pentru excelență de la ANCD);
- **MUNTEANU Ion; ENACHI N.** *Dispozitiv pentru decontaminarea lichidelor*. Brevet de Invenție nr. MD 1723 Y 2023.10.31.

8. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în subprogram în mass-media

- O bună parte din echipamentele simple propuse în laborator sunt dezvoltate de tinerii de la liceele din țară. De exemplu c.ș. Tatiana Paslari a dezvoltat unele idei din domeniul noilor echipamente de decontaminare în care se ea în considerație propagarea luminii prin fibre și sisteme cvasiperiodice și a participat în cadrul Concursul „Mold SEF” 2024 , la Categoria Științe Aplicate, cu proiectul "Ghiozdan Inteligent".
- Beldiga Cătălina și Gligor Teodor, elevi ai Liceului Teoretic "Mircea Eliade", au obținut locul II la concursul sus menționat sub îndrumarea profesoarei Paslari T.

9. Colaborare la nivel național și internațional

Pentru a contracara rezistența bacteriană și fungică și pentru a folosi noi modalități de combatere a noilor agenți patogeni (virusi, bacterii, ciuperci) propunem metode și echipamente de tratament și decontaminare a fluidelor (apei și aerului). În apelul publicat recent pentru 2024 pentru proiecte în cadrul BIODIVERSA+ 2025 <https://www.biodiversa.eu/about-us/#> am aplicat împreună cu următoarele echipe un proiect : 1. Prof. Dr. Ashok Vaseashta de la Institutul Internațional de Apă Curată, RTU, S.U.A.; 2. Ion Mihăilescu, Laboratorul Laser-Suprafață-Plasma Interacțiuni, Departamentul Lasere, Institutul Național pentru Fizica Laserelor, Plasmei și Radiațiilor, 3. Profesor dr. la Universitatea din Istanbul-Cerrahpaşa, Turcia.

10. Teze de doctorat/ postdoctorat susținute și confirmate în anul 2024 de membrii echipei subprogramului

N/A

11. Dificultăți în realizarea subprogramului (financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc.)

În prezent, avem nevoie de fonduri suplimentare pentru a ne moderniza echipamentele și a trece la un nou tip de efecte la propagarea pulsurilor UVC și infraroșu prin mediile biomoleculare. Acest tip de experiment ia în calcul durata de viață a excitărilor moleculare relativ de durată pulsurilor electromagnetice aplicate mediului biomolecular. Ele vor permite o conexiune mai strânsă dintre cercetarea teoretică fundamentală și metodele de decontaminare și diagnostică. În domeniul măsurătorilor la intervale de timp de ordinul subnanosecundelor avem nevoie de aparate de măsură intensității instantanee pe puls. Ele sunt în vânzare dar mai cer și o pregătire a tinerilor în acest domeniu. Credem că un grant Internațional câștigat pe echipamente ar putea permite ocolirea acestui obstacol. Deja la unul am aplicat „Biodiversa +25”, mai trebuie de aplicat și la altele pentru a mări probabilitatea intenției propuse.

12. Concluzii

A fost propus un model cuantic, care descrie dependența ratei de dimerizare ADN/ARN în funcție de intensitatea radiației ultraviolete C (UVC). Este obținută o intensitate critică Fig. 5 pentru care dimerizarea ADN are loc coerent. O intensitate critică după care are loc inactivarea fungilor de drojdie a fost observată experimental în laborator. Datele experimentale și teoretice sunt prezentate în revista (*Eur Biophys J.* 2024, **53(3)**, 133-145). A fost dată o noțiune de molecule stabile generate de procesul multiplu Raman. Ele pot forma suprastructuri proteice în acord cu conceptul de reîmpachetare a trimerilor, patrimerilor, etc. A fost combinat efectul de rotație a patogenilor cu reîmpachetarea metamaterialelor pentru a elabora echipamente mai eficiente de decontaminare a patogenilor. La moment se află în elaborare un model competitiv de transfer a informației prin structuri cvasi-periodice de tip ADN/Proteine. Aplicarea agregatelor biomoleculare obținute în urma dimerizării ADN/Proteinelor în informatica clasică/cuantică se află în vizorul echipei de cercetare.

Coordonatorul subprogramului
de cercetare

ENACHI Nicolae
(numele, prenumele)

(semnătura)

Data: 30.01.2025

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în subprogram în anul 2024
FENOMENE COOPERATIV-CUANTICE DINTRE ATOMI, BIOMOLECULE, CAVITĂȚI
OPTICE SUB ACȚIUNEA RADIAȚIEI ELECTROMAGNETICE ȘI APLICAREA
ACESTORA ÎN BIOFOTONICĂ PENTRU ELABORAREA ECHIPAMENTELOR
MODERNE DE DECONTAMINARE ȘI DIAGNOSTICĂ
(denumirea subprogramului)

Codul subprogramului **011206**

Sunt propuse două modalități de împachetare a proteinelor formate din lanțuri polipeptidice multiple. Prima metodă constă în formarea de suprastructuri planare, în care se demonstrează că pentru un număr par de proteine terține este posibilă formarea unor suprastructuri în împachetarea verticală a macro-dipolilor. În împachetarea impară legături de dipoli verticali nu este posibilă în timp ce împachetarea macro dipolilor în plan permit formarea de structuri supra-moleculare pentru ambele numere pare și impare. A doua posibilitate este formarea structurilor supra-moleculare în spațiu la reambalarea multi-merilor biomoleculari sub formă de "Sandwich" sau „fibre” dipolare. Se propune formarea de astfel de suprastructuri atât planare cât și spațiale sub acțiunea conversiei multiple de fotoni în procesul de împrăștiere.

Se cercetează problema procesului de cooperare cuantică între fotoni în multiplele etape de împrăștiere prin intermediul sistemului de emițători cuantici (atomi, molecule, biomolecule). Aici concepția este împărțită în două direcții. Primul concept corespunde emisiei de fotoni în n-moduri de cavitate la conversia multiplă a fiecărui foton. Al doilea tip de cooperare apare între subdiviziunile biomoleculare la formarea supramolecularelor. Posibilități de restaurare a stării inițiale cuantice a emițătorilor și subsistemului de fotoni sunt cercetate. S-a utilizat un algoritm cuantic de transmitere a energiei multiple sub forma porțiunilor de energie, către emițători sau către câmpul cuantificat al cavității optice la nutația cuantică dintre emițători și câmp.

O atenție deosebită a fost acordată corelațiilor cuantice nu numai între modurile adiacente al procesului de împrăștiere multiplă a fotonilor, ci și dintre fotonii emiși în procesul de sinteză sau decuplare a subsistemelor moleculare la rezonanța multiplă de conversie a fotonilor. Această abordare permite dirijarea procesului de formare a multi-merilor bio-moleculari prin detectarea de fotoni la împrăștierea multiplă Raman. Aici cercetăm corelații cuantice în care fotonii emiși într-un act de împrăștiere cascadă pot fi utilizați în următorii pași de conversie deschizând o posibilitate de transmitere a informației dirijarea corelațiilor cuantice între procesele multiple de împrăștiere. Acest fenomen cuantic de teleportare a informației deschide posibilități de transmitere a informației de fază și amplitudine nu numai între modurile învecinate adiacente dar și între următorii pași de conversie multiplă.

Studiul localizării luminii în seturi de fibre/micro-sfere optice cuplate deschide noi posibilități de diagnostică și decontaminare a micro-organismelor plasate în zona câmpului evanescent al acestor structuri fotonice. O nouă metodă de reambalare rigidă a elementelor într-un metamaterial optic format din sfere/fibre de cuarț ca funcție de dimensiunea lor au fost propuse pentru sporirea suprafeței de contact dintre radiație și patogeni. Utilizarea mai multor pulsuri de radiație simultană la propagarea acestora prin mediul biomolecular deschide o posibilitate mai eficientă de dirijare a patogenilor din fluidele infectate către zonele de evanescență de intensitate înaltă. Ideea noului echipament este axat pe rotația fluidului contaminat prin canalele de scurgere dirijată simetria metamaterialului obținută la reambalarea acestora.

Coordonatorul subprogramului
de cercetare

ENACHI Nicolae
(numele, prenumele)

(semnătura)

Data: 30.01.2025

Summary of the activity and results obtained in the subprogram in 2024

COOPERATIVE-QUANTUM PHENOMENA BETWEEN ATOMS, BIOMOLECULES, OPTICAL CAVITIES UNDER THE ACTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION AND THEIR APPLICATION IN BIOPHOTONICS FOR THE DEVELOPMENT OF MODERN DECONTAMINATION AND DIAGNOSTIC EQUIPMENT

(Subprogram Name)

Subprogram Code **011206**

Two ways of packing proteins formed from multiple polypeptide chains are proposed. The first method consists in the formation of superstructures on the plane, in which it is demonstrated that for an even number of tertiary structures of protein it is possible to form superstructures in the vertical packing of macro-dipoles. In odd packing, vertical dipole bonds are not possible, while packing macro-dipoles in the plane allows the formation of supra-molecular structures in both case: for an even and odd number. The second possibility is the formation of supra-molecular structures in space when repacking biomolecular multimers in the form of "Sandwiches" or dipolar "fibers". The formation of such superstructures both in the plane and in space is proposed under the action of multiple conversion of photons. The problem of the process of quantum cooperation between photons in the multiple stages of scattering through the system of quantum emitters (atoms, molecules, biomolecules) is investigated. Here the concept is divided into two directions. The first concept corresponds to the emission of photons in n-modes of the cavity at the multiple conversion of each photon. The second type of cooperation occurs between biomolecular subdivisions at the formation of supra-molecules. Possibilities of restoring the initial quantum state of the emitters and the photon subsystem are investigated. A quantum algorithm of multiple energy transmission in the form of energy portions, to the emitters or to the quantized field of the optical cavity at the quantum nutation between the emitters and the field was used.

Special attention was paid to the quantum correlations not only between the adjacent modes of the multiple scattering process of photons, but also between the photons emitted in the process of synthesis or decoupling of molecular subsystems at the multiple conversion of photon resonance. This approach allows to direct the process of formation of biomolecular multi-mers by detecting photons at the multiple Raman scattering. Here we investigate quantum correlations in which photons emitted in a cascade scattering act can be used in the following conversion steps opening a possibility of transmitting information by directing quantum correlations between multiple scattering processes. This quantum phenomenon of information teleportation opens possibilities of "exporting" the phase and amplitude information not only between adjacent neighboring modes but also between the next multiple conversion steps.

The study of light localization in sets of coupled optical fibers/microspheres opens new possibilities for diagnostics and decontamination of microorganisms placed in the evanescent field area of these photonic structures. A new method of rigid repackaging of the quartz spherical or fiber elements in an optical metamaterial as a function of their size has been proposed to increase the contact surface between radiation and pathogens. The use of multiple radiation pulses propagating simultaneously through the biomolecular environment opens up a more efficient possibility of directing pathogens from infected fluids to high-intensity evanescence zones. The idea of the new equipment is focused on the rotation of the contaminated fluid through the flow channels guided by the symmetry of the metamaterial obtained during their repackaging.

Research Subprogram

Coordinator

ENACHI Nicolae

(surname, first name)

(signature)

Date: 30.01.2025

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul 2024 în cadrul subprogramului de cercetare**

**FENOMENE COOPERATIV-CUANTICE DINTRE ATOMI, BIOMOLECULE, CAVITĂȚI
OPTICE SUB ACȚIUNEA RADIAȚIEI ELECTROMAGNETICE ȘI APLICAREA
ACESTORA ÎN BIOFOTONICĂ PENTRU ELABORAREA ECHIPAMENTELOR
MODERNE DE DECONTAMINARE ȘI DIAGNOSTICĂ**
(denumirea subprogramului)

Codul subprogramului **011206**

4. Articole în reviste științifice

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

- **MUNTEANU, I.; STARODUB, E.; BAZGAN, S.; TURCAN M.; PASLARI T.; PODOLEANU D.; ENAKI N.A.** Ultraviolet C intensity dependence of decontamination efficiency for pathogens as function of repacked metamaterials with screw channels. *Eur Biophys J.* 2024, **53(3)**, 133-145. Doi: [10.1007/s00249-024-01702-2](https://doi.org/10.1007/s00249-024-01702-2) (IF: 2,0). Q2
- **ENAKI, N.A.** Cooperative properties of multiple quantum scattering: I quantum nutation. *Phys Scripta.* 2024, **99(4)**, 045102. Doi: [10.1088/1402-4896/ad29cb](https://doi.org/10.1088/1402-4896/ad29cb) (IF: 2,9). Q2
- **ENAKI, N.A.** Cooperative properties of multiple quantum scattering: II. Coherentlasing. *Phys Scripta.* 2024, **99(4)**, 045101. Doi: [10.1088/1402-4896/ad2ac0](https://doi.org/10.1088/1402-4896/ad2ac0) (IF: 2,9).Q2
- **ENAKI, N.A.** Two types of cooperation between the photons in multiple scattering lasing and their possible application. *Phys Open.* 2024, **21**, 100231-1—100231-26. Doi: [10.1016/j.physo.2024.100231](https://doi.org/10.1016/j.physo.2024.100231). Q2

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

- **MUNTEANU, I.** Mecanism de inactivare a agenților patogeni cu aplicare în implantologie. *Studia Universitatis Moldaviae, Revista științifică a Universității de Stat din Moldova, Categoria B*, 2024, nr. 1(171), pp. 109-115. CZU: 535.37:616.314-089. Doi: [10.59295/sum1\(171\)2024_13](https://doi.org/10.59295/sum1(171)2024_13). Link: <https://natural.studiamsu.md/nr-1-171/>

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

- **PODOLEANU, Diana., COSTISEN, Igor., MUNTEANU, Ion., STARODUB, Elena., Enaki, Nicolae.** „The Generation of Photonic "Molecules" Under the Action of Ultraviolet Light in the DNA/RNA Dimerization Process” (Raport invitat) IEEE Conference Advanced Topics on Measurement and Simulation (ATOMS), Constanta. Romania. <http://atoms2024.org/program.html>
- **ENAKI, N.** „Cooperative Properties of Multiple Scattering Lasing and Their Application in Processing of Information” (Raport invitat) IEEE Conference Advanced Topics on Measurement and Simulation (ATOMS), Constanta. Romania. <http://atoms2024.org/program.html>

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională din Republica Moldova:

- **MUNTEANU Ion.** Procedura de inactivare a patogenilor pentru dezinfecția și protecția suprafeței implantului. Conferința științifico-practică Internațională „Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă”, Ediția a XI-a, 16-17 martie, 2024, Volumul I, Chișinău, Moldova, p. 240—245, CZU: 535:61, Doi: 10.46727/c.v1.16-17-05-2024. Link: https://drive.google.com/file/d/1FVF3LpuwKz6tShC1IUqyBNLFC_KuNZE8/view
- **MUNTEANU I. CIOBANU, Nellu.** NEW METHODS OF PATHOGEN INACTIVATION USING UV-C RADIATION. Conferința Națională cu Participare Internațională: ȘTIINȚELE ale NATURII ÎN DIALOGUL GENERAȚILOR, ediția VII, 12-13 septembrie, Chișinău, Republica Moldova, 2024
- **COSTÎȘEN I., BIZGAN, S., ENAKI, N.** THE INFLUENCE OF ULTRAVIOLET AND RED RADIATION ON THE VIABILITY OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE' la conferința națională 'NATURAL SCIENCES IN THE DIALOGUE OF GENERATIONS The National Conference with International Participation, edition VII' September 12-13, Chisinau, Republic of Moldova, 2024

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

- **MUNTEANU, I.** Procedeu de inactivare a agenților patogeni sub acțiunea UVC cu aplicare în implantologie. Conferința științifico-practică „TEHNOLOGII FIZICE AVANSATE CU APLICAREA UVS ÎN MONITORIZAREA ȘI MODELAREA FACTORILOR DE MEDIU”, Ediția a V – a, 8 Noiembrie 2024, Chișinău, [Editura USM], p. 55-62, CZU: 535.37:615.371:616.314-77

9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală

9.2. eliberate de Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală

- Depunere cerere de brevet la AGEPI, Titlu: *Dispozitiv sterilizator UV-C*; Inventator(i): **MUNTEANU, I., ȚURCAN, M., MD**; Nr. depozit: s 2024 0049 (aparține atât proiectului de față cât și proiectului pentru excelența de la ANCD);
- **MUNTEANU, I., ENACHI, N.** *Dispozitiv pentru decontaminarea lichidelor*. Brevet de Invenție nr. MD 1723 Y 2023.10.31.

Coordonatorul subprogramului
de cercetare

ENACHI Nicolae
(numele, prenumele)

(semnătura)

Data: 30.01.2025

Componenta echipei de cercetare

**FENOMENE COOPERATIV-CUANTICE DINTRE ATOMI, BIOMOLECULE, CAVITAȚI
OPTICE SUB ACȚIUNEA RADIAȚIEI ELECTROMAGNETICE ȘI APLICAREA
ACESTORA ÎN BIOFOTONICĂ PENTRU ELABORAREA ECHIPAMENTELOR
MODERNE DE DECONTAMINARE ȘI DIAGNOSTICĂ**
(denumirea subprogramului)

Codul subprogramului **011206**

Echipa subprogramului pentru 2024							
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Funcția	Norma de muncă	Data angajării	Data eliberării*
1.	ENACHI Nicolae	1958	dr.hab	șef.lab.	1.0	02.01.2024	
2.	ȚURCAN Marina	1982	dr.	cerc. șt. sup.	1.0	02.01.2024	
3.	BAZGAN Sergiu	1987	dr.	cerc. șt. coord.	1.0	02.01.2024	
4.	COSTIȘIN Igor	1977		cerc. șt.	1.0	02.01.2024	
5.	MUNTEANU Ion	1982		cerc. șt.	1.0	02.01.2024	
6.	PÎSLARI Tatiana	1989		cerc. șt.	0.5	02.01.2024	
7.	PODOLEANU Diana	1989		cerc. șt.	0.5	02.01.2024	
8.	STARODUB Elena	1989		cerc. șt.	1.0	02.01.2024	
9.	TONU Viorica	1987		cerc. șt.		02.01.2024	
10.	CHIRMAN Gheorghe	1987	Doctorand	-	-	02.12.2024	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor	60%
--	-----

Directorul unității de cercetare

ȘIKIMAKA Olga

(numele, prenumele)

(semnătura)

Coordonatorul subprogramului
de cercetareENACHI Nicolae

(numele, prenumele)

(semnătura)

Data: 30.01.2025