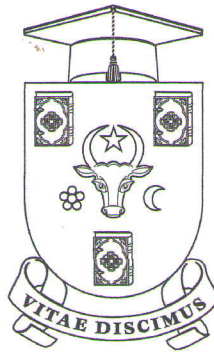


MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI
CERCETĂRII AL
REPUBLICII MOLDOVA

UNIVERSITATEA DE STAT
DIN MOLDOVA

MD-2009, mun. Chișinău
str. A.Mateevici 60
tel.: (+373) 22244821, fax: 22244248
www.usm.md, email: rector@usm.md



MINISTRY OF EDUCATION AND
RESEARCH OF
THE REPUBLIC OF MOLDOVA

MOLDOVA STATE UNIVERSITY

MD-2009, Chisinau
A.Mateevici str. 60
phone: (+373) 22244821, fax: 22244248
www.usm.md, email: rector@usm.md

CONSILIUL ȘTIINȚIFIC al USM

EXTRAS

din proces-verbal nr.2
al ședinței din 05 decembrie 2024
a Consiliului Științific al Universității de Stat din Moldova

Au fost prezenți: 14 membri din 15

Obiect de referință:

*Aprobarea rapoartelor științifice anuale
ale proiectelor stimularea excelenței în cercetare*

Ca urmare a prezentării publice se aprobă rezultatele științifice anuale (2024), obținute în cadrul proiectului stimularea excelenței în cercetare ***Creșterea ratei de decontaminare a fluidului infectat prin canale de rotație sub dispersia radiației ultraviolete C prin metamateriale compozite***, cu cifrul 24.80012.5007.26SE, conducător de proiect Nicolae ENACHI.

**Președintele Consiliului Științific
profesor universitar**

Secretar al ședinței



Georgeta Stepanov

Lilia Spînu

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare
și Dezvoltare _____

_____ 2024

AVIZAT

Secția AȘM _____

_____ 2024

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL 2024

privind implementarea proiectului din cadrul concursului
stimularea excelenței în cercetare

Proiectul **Creșterea ratei de decontaminare a fluidului infectat prin canale de rotație sub
dispersia radiației ultraviolete C prin metamateriale compozite**

Cifra proiectului **24.80012.5007.26SE**

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

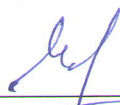
Rectorul

Igor ȘAROV
(numele, prenumele)


(semnătura)

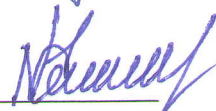
Președintele Consiliul Științific

Georgeta STEPANOV
(numele, prenumele)


(semnătura)

Conducătorul proiectului

Nicolae ENACHI
(numele, prenumele)


(semnătura)



Chișinău 2024

CUPRINS:

1. Scopul etapei 2024	3
2. Obiectivele etapei 2024	4
3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2024.....	5
4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2024.....	6
5. Rezultatele obținute	7
6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice	12
7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului 2024	12
8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului 2024.....	12
9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului 2024.....	13
10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane.....	13
11. Recomandări, propuneri.....	13
12. Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anul 2024 (Anexa 1)....	14
13. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2024 în limba română și în limba engleză (Anexa 2).....	15
14. Executarea devizului de cheltuieli din contractul de finanțare pentru anul 2024 (Anexa 3).....	19
15. Componenta echipei conform contractului de finanțare pentru anul 2024 (Anexa 4).....	20

1. Scopul etapei 2024 conform proiectului depus la concurs (obligatoriu)

Propunerea de proiect a implicat o abordare nouă a decontaminării fluidelor, vizând apa infectată. Am propus să implementăm această metodologie de decontaminare folosind o combinație de posibilități de reambalare care implică atât elemente de ambalare de dimensiuni milimetrice, cât și submilimetrice într-o matrice meta-materială sigură. Această strategie este formulată pentru a genera moduri de accelerare rotațională pentru agenții patogeni (virusi, bacterii, fungi, etc.) liberi sau localizați pe aerosoli/impurități. Acest efect stimulează manipularea agenților patogeni către zonele ultraviolete C de mare intensitate (lungime de undă 250-270 nm) ale zonei evanescente ale fiecărui element din matricea metamaterialului.

2. Obiectivele etapei 2024 (obligatoriu)

Ro:

1. Identificarea mecanismelor de inactivare a replicării ADN/ARN și a compușilor chimici periculoși sub acțiunea radiațiilor UVC elucidând mecanismul microscopic a ratei de distrugere atât a substanțelor toxice cat si a patogenilor (virusi, bacterii, fungi) sub acțiunea radiațiilor pulsate.
2. Se va utilizeze tehnica luminii pulsate (PLT) pentru optimizarea ratei de decontaminare a fluidului/apă, asistată de propagarea radiației ultraviolete C. Pentru inactivarea patogenilor utilizând canale de rotație între elementele metamateriale ce combină două efecte ale manipulării patogenului în zona evanescentă: a) unul legat de efectul de captare optică numit in literatura pensetă optică și al doilea legat de accelerarea rotativă a patogenilor în timpul scurgerii fluxului de fluid contaminat printre elementele transparente ale metamaterialului optic.
3. Elucidarea unui model teoretic de sinteză ori foto-transformare a bio-structurilor moleculare sub acțiunea câmpul electromagnetic pulsant. Optimizarea efectului de pensetă optică pentru agenți patogeni și molecule toxice în zonele de decontaminare penetrat de câmpul electromagnetic cu un înalt gradient si adâncime de pătrundere.
4. Utilizarea modelului teoretic pentru optimizarea rezultatelor experimentale in decontaminarea cu utilizare a metamaterialelor. Optimizarea ratei de inactivare a diferitelor ca funcție de viteza de scurgere a fluidului, geometria canalelor de rotație, efectul penseta in doua frecvente.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2024 (obligatoriu)

1. Dezvoltarea unui nou model de modificare cooperativă foto-termică ADN/ARN a virusilor și bacteriilor ținând cont de structura nucleobazelor ADN/ARN. Aceste mecanisme vor fi aplicate în mecanismele de inactivare a replicării ADN/ARN a microbilor și virusilor în cazul unor regimuri de scurtă durată de interacțiune a radiațiilor infraroșii și ultraviolete cu microorganismele.
2. Dezvoltarea particularităților tehnicii luminii pulsate (PLT) pentru optimizarea ratei de decontaminare a fluidului, folosind propagarea radiației ultraviolete C împreună cu infraroșu prin metamaterialele reambalate. Ținând cont de aspectul microscopic al integrării radiației pulsate cu agenți patogeni vor fi îmbunătățite canalele de rotație dintre elementele metamaterialelor. Metamaterialele combinând două efecte ale manipulării agenților patogeni în zona evanescentă: a) unul legat de efectul de captare optică (penseta optică) și al doilea cu accelerarea rotației particulelor (aerosoli, agenți patogeni etc.) în timpul fluxului de contaminare între elementele metamateriale.
3. Modificarea suprafețelor de contact ale radiației pulsului cu țesutul infectat va fi utilizată pentru îmbunătățirea sensibilității echipamentelor de diagnosticare sau decontaminare propuse pentru agenți patogeni. Pentru a crește substanțial, rata de decontaminare cu gaze (aerosoli) și lichide și suprafețe infectate. Se vor stabili mecanismele de propagare și interacțiune a impulsurilor laser ultraviolete scurte prin metamateriale cu suprafața de contact modificată cu agenții patogeni din fluide și suprafețe contaminate. Folosind acest concept, se va ajunge la optimizarea eficienței diagnosticului și decontaminării cu metamaterial reambalat cu structuri manipulative pentru manipularea agenților patogeni.
4. Realizarea optimizării posibilităților de pensetă optică (capcană optică) pentru agenți patogeni și molecule dăunătoare în zonele de decontaminare se va efectua prin combinarea trecerilor ultraviolete în nanosecunde (230-300 nm) împreună cu lumină roșu-infraroșu cu o lungime de undă de 800-1000 nm. Experimentele vor fi extinse la fluide precum plasma sanguină sau alte lichide care curg între spațiul liber al metamaterialului reambalat. Având ca scop stabilirea unei suprafețe de contact crescută datorită manipulării în două tipuri de impulsuri a agenților patogeni.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2024 (obligatoriu)

1. A fost dezvoltat un model nou de modificare cooperativă foto-termică ADN/ARN a virusilor și bacteriilor ținând cont de structura nucleobazelor. De asemenea am aplicat mecanismele de inactivare a replicării ADN/ARN a patogenilor în cazul unor interacțiuni a pulsurilor de scurtă durată de ordinul nanosecundlor a pulsurilor laser din spectrul infraroșii și ultraviolet C.
2. La această am estimat adâncimea de penetrare a radiației ultraviolete C împreună cu infraroșu prin canalele de rotație în comun cu metamaterialele reambalate pentru sporirea ratei de decontaminare a biomoleculelor din fluide și anume a fost aleasă soluția de drojdie de panificație. Pentru îmbunătățirea inactivării eficiente am dezvoltat unele particularități ale tehnicii luminii pulsate (PLT) pentru optimizarea ratei de decontaminare a soluției de drojdie. S-a luat în considerare aspectul microscopic al integrării radiației pulsate cu agenți patogeni din soluția de drojdie, am îmbunătățit mecanismul de curgere a fluidului prin canalele de rotație dintre elementele metamaterialelor. Metamaterialele combinând două efecte ale manipulării agenților patogeni în zona evanescentă: a) unul legat de efectul de captare optică (penseta optică) și al doilea cu accelerarea rotației particulelor (aerosoli, agenți patogeni etc.) în timpul fluxului de decontaminare între elementele metamateriale.
3. Am îmbunătățit sensibilitatea echipamentelor de diagnosticare/decontaminare propuse pentru agenți patogeni în scopul modificării suprafețelor de contact ale radiației pulsului cu zona infectată. Drept rezultat a crescut substanțial, rata de decontaminare cu gaze (aerosoli) și lichide pe suprafețe infectate. Am stabilit mecanismele de propagare și interacțiune a impulsurilor laser ultraviolete scurte prin metamateriale cu suprafața de contact modificată cu agenții patogeni din fluide și suprafețe contaminate.
4. La această etapă am optimizat utilizarea pensetei optice estimând forța de captare a agenților patogenici și a biomoleculelor în zona de decontaminare prin combinarea radiației ultraviolete pulsate ($\lambda \sim 250-280$ nm) cu lumină infraroșie lungimea de undă a carea este mai mare decât 1000 nm. Am dezvoltat tehnici noi pentru extinderea experimentelor în cazul mai multor fluide și am realizat experimente pentru acele fluide care curg între spațiul liber al metamaterialului reambalat totodată am îmbunătățit mecanismul de curgere a fluidului prin canalele de rotație dintre elementele metamaterialelor.

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

Efectul de cooperare al absorbției și emisiei multiple de fotoni din lumina laser pulsată propus în referința Phys Open. 2024, 21, 100231-1—100231-26, deschide noi perspective în bio-fotonică. În aceste procese fotonul reemis în procesul de împrăștiere poate fi reabsorbit din nou, generând o nouă stare moleculară, a cărei dinamică poate fi studiată în cazul sintezei sau dezintegrării biomoleculare sub acțiunea radiației așa cum este reprezentată în Fig. 1. Un impuls de lumină cu reabsorbție multiplă de fotoni ar putea sintetiza biomasă mult mai eficient decât lumina obișnuită, ceea ce ne permite credem ca utilizarea unor astfel de posibilități practice în situația crizei energetice globale ar sta la baza unor noi surse eficiente de energie. Dacă un foton la absorbția cooperativ multiplă generează mai mulți purtători de sarcină electrică, atunci eficiența sursei fotovoltaice va deveni proporțională cu pătratul numărului de fotoni generați și va crește substanțial. Același efect de cooperare poate fi utilizat și în dimerizarea ADN/ARN în decontaminare, de exemplu (vezi Fig. 2). În toate aceste procese multiple de re-absorbție și emisie este necesară o modalitate de dirijare a radiației către centrele de reacție pentru a mări rata lor de fototransformare. Metamaterialele cuazi-periodice pot localiza fluxul fonic în fiecare element a acestor structuri a fost utilizat în laborator pentru mărirea eficienței de inactivarea a unor microorganisme așa cum este prezentat în Fig. 2 din dreapta. Efectul de mărirea suprafeței de contact a patogenilor/microorganismelor cu câmpul evanescent al fiecărui element din structura cuazi-periodică fără doar și poate este util și în fotoreacțiile de dimerizare sau fotosinteză, care după estimările noastre îmbunătățesc substanțial eficiența fotoreacțiilor descrise în Fig. 1.

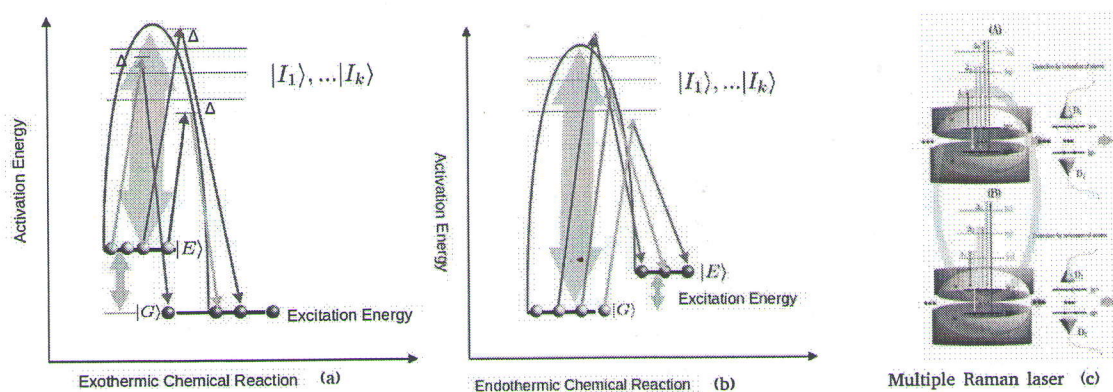


Fig. 1 Comportamentul reacțiilor fotochimice exotermice (a) și edotermice (b) sub acțiunea împrăstierii Multiple de tip Raman de tip laser (c) (ATOMS, Constanta, August, 2024).

La moment este propus un model semi-clasic (clasic după câmpul laser și cuantic prin descrierea biomoleculelor), care stabilește dependența ratei de dimerizare ADN/ARN de intensitatea radiației ultraviolete C (UVC). În special, este dezvoltat un model neliniar bazat pe procese de cooperare similare cu cea Raman 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 al interacțiunilor luminii UVC cu ADN-ul sau ADN-proteina. Este dată o noțiune de moleculă fonică constând din starea normală și starea dimer sub acțiunea câmpului Raman bimodal (prezentare la ATOMS, 2024, Constanta care

va fi publicată în IEEE). Acest tip de moleculă există doar în prezența câmpului excitat, iar după ce este oprită declansarea de pulsuri, biomolecula poate rămâne o parte din timp în starea înseparabil mixată, după care are loc dimerizarea stabilă a unor legături ADN de tip timina timina, $T=T$, la ruperea a două legături $T=A$ $T=A$. este stabilită probabil. S-a stabilit o dependență neliniară de intensitatea radiației aplicate, ceea ce a fost confirmat într-o serie de experimente privind inactivarea reproducerii agenților patogeni (sau coloniilor de drojdie) sub acțiunea radiațiilor ultraviolete.

După cum urmează din rezultatele experimentale publicate în Eur Biophys J. 2024, 53(3), 133–145. Doi: 10.1007/s00249-024-01702-2 (IF: 2.0), prin creșterea intensității radiației UVC inactivarea coloniilor de drojdie crește într-o manieră neliniară atunci când sunt aprinse trei lămpi radiante. Ulterior, dacă crește consecutiv numărul de lămpi, atunci se respectă mai mult o lege liniară. În experimentele noastre am folosit până la șase bulgări pentru a atinge o intensitate critică, când este detectată inactivarea aproape completă a coloniilor de drojdie.

Din observațiile noastre experimentale (Eur Biophys J. 2024, 53(3), 133–145. Doi: 10.1007/s00249-024-01702-2 (IF: 2.0)), concluzionăm că prin creșterea intensității radiației aplicate în un interval de timp fix, numărul de colonii de drojdie scade neliniar până la o intensitate dată și după, predomină o scădere liniară lentă. Acest rezultat confirmă predicția teoretică. În special, luând în considerare concluziile teoriei perturbației, dependența de intensitate a suprapunerii funcțiilor de undă în potențialul dublu puț poate fi aplicată acestui experiment. Putem considera eficiența efectului de tunel între stările normale și dimer ale ADN/ARN proporțional cu stările normale și dimerizate ale schimbărilor de intensitate și colapsul acestui sistem în stare comună localizată stimulată de câmpul extern. Prin urmare, se găsește o corelație fenomenologică între observațiile experimentale ale inactivării drojdiei dependente de intensitatea iradierii și cadrul teoretic care explică procesul de dimerizare a ADN-ului/ARN-ului drojdiei prin iradierea UVC. Parametrul de decontaminare al sistemului devine proporțional cu compresia potențialului dublu puț și tunelarea electronilor între două stări staționare crește în funcție de intensitatea iradierii.

Structura unui nucleosom constă dintr-un segment de ADN înfășurat în jurul a opt proteine histone și seamănă cu firul înfășurat în jurul unei bobine. Nucleosomul este subunitatea fundamentală a cromatinei. Fiecare nucleozom este compus din două ture de ADN înfășurate în jurul unui set de opt proteine numite histone, care sunt cunoscute sub numele de octamer de histonă. Fiecare octamer de histonă este compus din două copii fiecare dintre proteinele histonelor H2A, H2B, H3 și H4. Datorită faptului că indicele de refracție al elementelor histonice este mai mare decât al apei, este posibil să se realizeze undele stătătoare sau de galerie într-un astfel de sistem ca și în elementele optice tradiționale.

Sa cercetăm vectorul Poynting mediat la descreșterea câmpului electromagnetic de la suprafața plan-paralelă a unui gid de unde ori de la suprafața unei fibre (ori sferă) așa cum este prezentat în Fig. 2 A, B.

$$I(r) = \langle S(r, t) \rangle_T = iRe[\mathbf{E}(r) \times \mathbf{H}^*(r)] = \frac{e_z n_2 \epsilon_0 c}{2} |E(r)|^2 = e_z I(r),$$

Forța care acționează asupra unei particule dielectrice de formă sferică din partea câmpului evanescent se masoară conform expresiei,

$$\mathbf{F}_\nabla(r) = \frac{2\pi n_2 a^3}{c} \left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right) \nabla I(r).$$
 Unde $I(r)$ este intensitatea în câmp evanescent proporțională cu atenuarea exponențială, $\exp[-2\alpha(z - R)]$, $z > R$; a este raza particulei, n_0 este indicele de refracție al particulei, $m = n_0/n_1$ este indicele de refracție relativ dintre particulă și mediu. Pătratul mărimii câmpului electric este egal cu intensitatea fasciculului în funcție de poziție față de distanța, z , de măsurată de la suprafața sferei: $I(z) = I(R) \exp[-2\alpha z]$, unde coeficientul de atenuare este $\alpha = \frac{2\pi}{n_i \lambda_i} \sqrt{n_i^2 - n_1^2}$ iar forța de atracție este proporțională cu mărimea $F_\nabla(r) \sim -2\alpha e_z \exp[-2\alpha z]$.

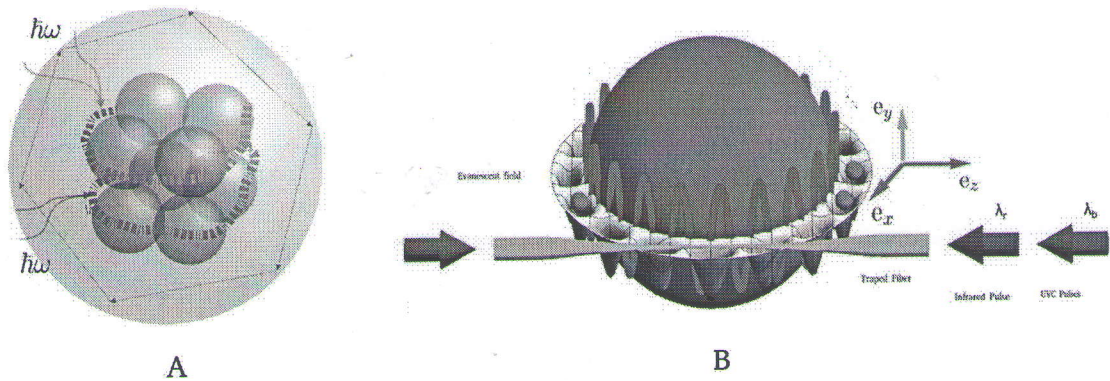


Fig. 2 ADN înfășurat pe Hestone și posibile captări a luminii în nucleul celular datorită indicelui de refracție mai înalt al componentei nucleare a celulei. Un model de captare optică în două culori după literatura observată în lucrarea [Sci Rep 11, 13899 (2021)] pentru atomii de Sr.

Pentru descrierea dependenței de intensitate a modificării structurii ADN sub acțiunea radiației UVC, utilizăm aproximarea Born-Oppenheimer (1927) folosită frecvent în chimie și microbiologie. În această abordare, subsistemul nucleu este caracterizat de vectorii, $\mathbf{R}_{\{1\}}, \mathbf{R}_{\{2\}} \dots \mathbf{R}_{\{n\}}$, și este considerat un subsistem lent în comparație cu cel electronic, $\mathbf{r} = \{r_1, r_2 \dots r_n\}$. Acest lucru ne permite să reprezentăm funcția de undă moleculară prin produsul funcțiilor de undă, $|\Psi_e(\mathbf{r}, \mathbf{R})\rangle |\chi(\mathbf{R})\rangle$, a subsistemelor de electroni, $|\Psi_e(\mathbf{r}, \mathbf{R})\rangle$, și subsistemul de nucleu, $|\chi(\mathbf{R})\rangle$, ale moleculelor respective. Modificarea structurilor ADN și ARN are loc sub acțiunea radiației UVC, așa cum este reprezentat schematic în Fig.3 din dreapta prin modificarea legăturilor covalente, iar în figurile 3 prin modificări ale potențialului de interacțiune. Având în vedere că pozițiile nucleelor sunt fixe pentru subsistemul electronic, ecuația Schrodinger poate fi reprezentată sub forma $H_e(\mathbf{r}, \mathbf{R}_s) |\Psi_e(\mathbf{r}, \mathbf{R}_s)\rangle = E_e(\mathbf{R}_s) |\Psi_e(\mathbf{r}, \mathbf{R}_s)\rangle$. În mod evident, valoarea proprie a energiei electronice E_e depinde de pozițiile $\mathbf{R}$ ale nucleelor. Variind aceste poziții $\mathbf{R}$ în pași mici și rezolvând în mod repetat ecuația electronică Schrodinger, se obține $E_e(\mathbf{R}_s)$ în funcție de $\mathbf{R}_s$. Începem cu modificarea dimerului ADN a legăturilor nucleotidice apropiate sub acțiunea câmpului electromagnetic. Energia de interacțiune a multipolilor electrici moleculari poate fi aproximată cu acțiunea câmpului electric în timpul deplasărilor electronului la distanța

$r_j, H_I = - \sum e_j U(r_j)$, neglijând partea magnetică a câmpului, unde $U = \int_0^{r_j} (d\vec{r}, \vec{E}(\vec{r}))$ este

potentialul generat de campul extern, e sarcina electronului de videnta. In cazul utilizarii mprastierii multiple Raman potentialul cu de vibratie cu doua stari localizate poate fi aproximat cu expresia.

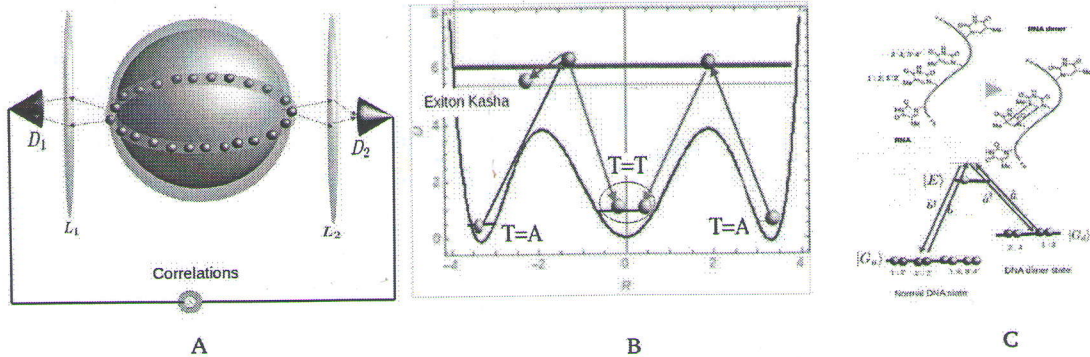


Fig. 3 Fig. A. reprezinta un sistem de biomolecule prins în câmpul evanescent al cavității sferice (poate fi si nucleul celular). Fig B descrie modificarea potențialului irațional al stării normale a bazelor ADN T=A, T=A și trecerea lor la dimer, T=T. Fig. C este o reprezentare a ruperii de legăturilor chimice de tip hidrogen și a formării de legături, T=T pentru ADN (și U=U pentru ARN) la interacțiunea cu un câmp de cavitare UVC.

În timpul nutației cuantice, sistemul generează fotonii liberi care ar putea fi înregistrați cu detectorii D_1 și D_2 reprezentați în figură A în urma unei fluorescențe de rezonanță (detaliat în Physics Open și). Ei ar putea purta amprenta fotoreacțiilor de dimerizare: a doua legături in ADN, T=A ; T=A, trec in starea dimer T=T conform figurii din dreapta. Starea normala a ADN si starea dimer raman intr-o superpozitie cuantica: $\hat{W}(t) = |\Psi_e(\mathbf{r}, t, \mathbf{R})\rangle \otimes |\chi(\mathbf{R})\rangle \langle \Psi_e(\mathbf{r}, t, \mathbf{R})| \otimes \langle \chi(\mathbf{R})|$;

Penru subsistemul electronic obtinem urmatoarea ecuatie pentru matricea de densitate W_e ,

$$k[\hat{\Lambda}_n^+ \check{W}_e(t) + i\sigma \check{W}_e(t), \hat{\Lambda}_n^-] + H.c, = 0,$$

a cărei soluție staționară poate fi reprezentată în forma normală de produs, în raport cu operatorii de excitare, $\hat{\Lambda}_n^+$ și dezexcitare $\hat{\Lambda}_n^-$ reprezentati in Fig 1 (Physics Open),

$$\check{W}_e = \frac{1}{\hat{\Lambda}_n^+ + i\sigma} \tilde{A} \frac{1}{\hat{\Lambda}_n^- - i\sigma}.$$

Aici $\sigma = \Omega/(2k)$ este frecventa Rabi de nutatie Raman intre starea normala si dimerizata a ADN, A este o constanta de normalizare a matricei de densitate a excitațiilor cvasiparticulelor. Din această soluție rezultă că sub excitația coerentă, funcția de undă a subsistemului de stari localizate este o superpozitie a starii dimerizate si norlale a lantului ADN. Conform teoriei dezvoltate acest efect ar putea avea prag de tranzitie de faza ca functie de intensitate descris in Figurile 4 .

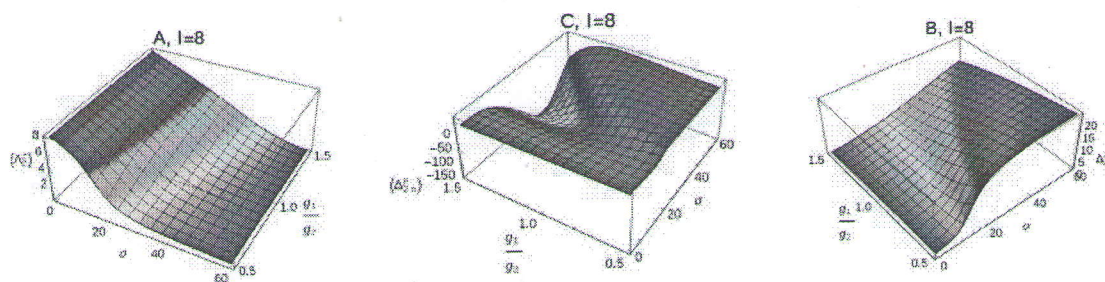


Fig. 4 : A. Sistemul de molecule este prins în starea coerentă aproape de starea excitată, $N=16$. Acest sistem de legături $\{T=A\}$ coerent este mixat cu $N=16$ stări dimerizare $T=T$ de energie mai mare decât starea de baza $T=A$. Realizarea maximală a coerenței cooperare, procesul de conversie se relaxează în starea cu inversia aproape de zero.

În baza cercetărilor fundamentale propuse la aceasta etapa s-a realizat următoarele rezultate: 1. A fost dezvoltat un model nou de modificare cooperativă foto-termică ADN/ARN a virusilor și bacteriilor ținând cont de structura nucleobazelor. De asemenea a avut loc aplicarea mecanismelor de inactivare a replicării ADN/ARN a microbilor și virusilor în cazul unor regimuri de scurtă durată de interacțiune a radiațiilor infraroșii și ultraviolete cu microorganismele. 2. Un nou concept despre cooperarea dintre fotoni în laserul cu împrăștiere multiplă și posibila lor aplicare a fost propus în revista de tip *open access*: Un alt concept principal în este descris de rotația fluidelor contaminate prin canalele șuruburilor în metamateriale fabricate din fibre optice în configurație de torsiune prin care se propagă impulsurile laser. Apa contaminată este rotită de-a lungul direcției de curgere. Ori de câte ori densitatea virusurilor și bacteriilor este superioară celei a fluidului, aderența agenților patogeni la „suprafața exterioară” a canalelor de rotație crește în funcție de gradul de torsiune al canalelor. Ca rezultat, radiația UV-C pulsată este propagată aproape de suprafață ca în modurile undei de galerie. Eficiența decontaminării depinde de suprafața totală de contact a radiației cu fluidul și de accelerarea rotației agenților patogeni în canalele șuruburilor. Deoarece numărul de astfel de canale de rotație în metamateriale este mare, suprafața totală constă din suma tuturor suprafețelor canalelor de curgere dintre fibre.

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 la pentru care Dimerizarea ADN are loc coerent. O intensitate critică după care are loc inactivarea fungilor de drojdie este a fost observată experimental în laborator. Datele experimentale și a teoria este prezentată în revista EPJ Plus . A fost dată o noțiune de moleculă fonică formată din starea normală și cea dimer sub acțiunea câmpului bi modal Raman. A fost combinat efectul de rotație a patogenilor cu re-impachetarea metamaterialelor pentru a elabora echipamente mai eficiente de decontaminare a patogenilor. Se afla în elaborare un model competitiv de transfer a informației prin structuri cvasi periodice de tip ADN/ Proteine este în dezvoltare. Aplicarea agregatelor biomoleculare obținute în urma dimerizării ADN/Proteinelor în informatica clasică/cuantică.

6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice (obligatoriu)

Rezultatele cercetărilor în cadrul proiectului au fost diseminate prin articole științifice publicate atât în reviste de specialitate, cotate ISI (Physics Open, December, 2024 Elsevier , Prosidings IEEE de la conferința ATOMS , Constanta, august 2024), cât și reviste naționale, cu scopul familiarizării publicului larg cu rezultatele cercetărilor noastre. Prin participările la conferințe, echipa de cercetare asigura prezentarea rezultatelor celor mai valoroase care vor avea un impact de stabilire a colaborărilor cu alte echipe de cercetare, cu scopul realizării cercetărilor și dezvoltării domeniilor trans disciplinare. Este modernizat echipamentul utilizat pentru decontaminare, unde sursa principală de inactivare este radiația ultravioletă de tip C (230-280 nm) asistată de radiația infraroșie ($> 10\,000\text{ nm}$) care penetrează fluidul contaminat ce circulă printre metamateriale din fibre sau bile din cuarț împachetate sub diferite geometrii. Echipamentul modernizat în proiectul de cercetare anterior a câștigat peste 10 medalii de aur, mai mult de 20 diplome de excelență și trei trofee la aceste târguri de invenții și desigur va fi minimizat și trecut în regim de puls laser.

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

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

8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (opțional)

La momentul actual colaborăm intens cu laboratorul profesorului Ion Mihailescu la utilizarea mai eficientă a surselor laser de intensitate înaltă frecvență și durată de puls specifică. Aici avem în vedere surse laser pulsate din domeniu spectral ultraviolet C și domeniul vizibil cu durată de nanosecunde sau picosecunde în funcție de necesitate. De asemenea colaborăm și cu Catedra de Fiziologie de la Universitatea de Stat de Medicină și Farmaceutică „Nicolae Testemițanu” (USMF „Nicolae Testemițanu”), unde discipolul nostru Nellu Ciobanu duce o activitate de aplicare a surselor laser în tratament și diagnostica medicală.

9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (opțional)

Pentru a contracara rezistența bacteriană și fungică și pentru a folosi noi modalități de combatere a noilor agenți patogeni (virusi, bacterii, ciuperci) propunem metode si echipamente de tratament si decontaminare a fluidelor (apei si aerului). În apelul publicat recent pentru 2024 pentru proiecte în cadrul BIODIVERSA+ 2025 <https://www.biodiversa.eu/about-us/#> am aplicat împreuna cu

urmatoarele 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.

În acest moment, intenționăm să aplicăm din nou la o propunere de proiect NATO SPS pentru anul 2025 „Apelul de propuneri 2025/1 este acum disponibil pe site-ul web SPS”: <https://natoscience.cmail19.com/t/r-e-tiqhuty-kkkudjlluh-r/>. În care unele intenții ale cercetării noastre în direcția „Combaterea terorismului chimic, biologic, radiologic și nuclear pentru pace și securitate comună (CBRN) sunt pe deplin respectate. Ne propunem să ne înscriem la acest concurs.

10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane

În prezent, avem nevoie de fonduri suplimentare pentru a ne moderniza echipamentele și a trece la un nou tip de echipament de decontaminare în regimul laser pulsant în nanosecunde (ns). În domeniul măsurătorilor în intervalul de timp sub-ns al câmpului electromagnetic pulsant, întâlnim obstacole legate de lipsa echipamentelor cu rezoluția în timp necesară. Acoperim aceste obstacole cu cercetări teoretice, care iau în considerare multe măsurători din alte centre științifice adiacente.

11. Recomandări, propuneri (opțional).

Propunem înlocuirea cercetării experimentale în durata pulsului sub nanosecunde cu investigații teoretice din acest domeniu, care în colaborare cu centrele experimentale adiacente, vor deschide proiecte internaționale de import de echipament modern pentru măsurători exacte pe puls sau fluctuațiile acestuia.

Conducătorul de proiect N. Enache / (numele, prenumele, semnătura)

Data: 09.12.2024

L.Ș.

Confirm semnatura
C. Furcan
09.12.2024



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul 2024 în cadrul proiectului**

Creșterea ratei de decontaminare a fluidului infectat prin canale de rotație sub dispersia radiației
ultraviolete C prin metamateriale compozite

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

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

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

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

4. **Articole în reviste științifice**

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

- 1) **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. (Decembrie 2024)

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

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

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

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

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

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

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. Raport Invitat 29.8.24 „*The Generation of Photonic "Molecules" Under the Action of Ultraviolet Light in the DNA/RNA Dimerization Process*” **PODOLEANU, Diana., COSTISEN, Igor., MUNTEANU, Ion., STARODUB, Elena., Enaki, Nicolae.** Vor fi pulicate 4 pp în IEEE Conference Advanced Topics on Measurement and Simulation (ATOMS),
<http://atoms2024.org/program.html>

2. Raport Invitat 29.8.24 „Cooperative Properties of Multiple Scattering Lasing and Their Application in Processing of Information” **Nicolae Enaki**. Vor fi pulicate 4 pp în IEEE Conference Advanced Topics on Measurement and Simulation (ATOMS),
<http://atoms2024.org/program.html>

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

1. **TURCAN, Marina**. *Diagnose of biomolecules using raman interactions of the light diagnosticul biomoleculelor folosind interacțiuni raman ale luminii*. Conferința științifică națională cu participare internațională „INTEGRARE PRIN CERCETARE ȘI INOVARE” dedicată Zilei Internaționale a Științei pentru Pace și Dezvoltare 7-8 noiembrie 2024, Chisinau.
<https://cercetare.usm.md/wp-content/uploads/Programa-Conferintei-1.pdf>

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

1. **MUNTEANU, Ion**. *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, Chișinău, R.Moldova (goretz19@yahoo.com)

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

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

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

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

1. Depunere cerere de brevet la AGEPI, Titlu: *Dispozitiv sterilizator UV-C*; Inventator(i): **MUNTEANU Ion, MD; TURCAN Marina, MD**; Nr. depozit: s 2024 0049

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

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

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției) 10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2024

Sunt propuse două tipuri de efecte de cooperare între fotonii convertiți în etapele multiple ale laserului de tip Raman. Primul tip implică procesul de cooperare între fotonii uneia dintre etapele de conversie Raman. Al doilea efect de cooperare are loc între fotonii care aparțin diferitelor etape de conversie multiple. Acest nou tip de stare coerentă generată este propus de noi surse bi-modale amestecate, care iau în considerare atât coerența, cât și fenomenele colective dintre fotonii aparținând sistemului de câmp bimodal obținute în emisii Raman multiple. Pentru aceasta, operatorii de creare și anihilare ai noului instrument rezonator cu cvasiparticule au fost introduși prin luarea în considerare a spațiului Hilbert al vectorilor de câmp la diferențe de frecvență, $\omega_{p+1} - \omega_p$ dintre componentele anti-Stokes și Stokes ale laserului Raman multiplu. Aplicarea informațiilor cuantice a câmpului coerent bimodal Raman multiplu de ordin superior este descrisă conform definiției amplitudinii cuantice și fazei unor astfel de stări de lumină încurcate. Sunt propuse proprietățile de cooperare ale câmpului bimodal în procesele multiple de împrăștiere ale laserului Raman cavitat/fibră și interacțiunea acestuia cu un ansamblu de atomi pregătiți în stare coerentă. Caracteristici noi ale câmpului bimodal au fost introduse, în care acestea iau în considerare interacțiunea multiplă de împrăștiere Raman cu excitația coerentă și fluctuațiile cuantice nestaționare ale ratei de generare a cvasiparticulelor introduse. Aici, reprezentăm momentele de viteză prin operatorii de generare și anihilare a cvasiparticulelor cavității.

Este propus un model semi-clasic (clasic prin câmpul laser aplicat și cuantic prin descrierea biomoleculelor), care stabilește dependența ratei de dimerizare ADN/ARN de intensitatea radiației ultraviolete C (UVC). În special, este dezvoltat un model neliniar bazat pe procese de cooperare similare cu cea Raman 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 fiind formată din superpoziția a două stări, normală și dimer stimulată de procesul multiplu Raman indus. Acest tip de moleculă există doar în prezența câmpului excitat, iar după ce este oprit, biomolecula rămâne o parte din timp în starea încurcată după care se stabilește probabil dimerizarea ADN-ului. S-a stabilit o dependență neliniară de intensitatea radiației aplicate, ceea ce a fost confirmat într-o serie de experimente privind inactivarea reproducerii agenților patogeni (sau coloniilor de drojdie) sub acțiunea radiațiilor ultraviolete.

Obiectivul principal al acestui studiu a fost stabilirea unei legături între intensitatea radiațiilor

UV-C și eficiența decontaminării folosind metamateriale cu o suprafață de contact crescută cu fluidul contaminat de agenți patogeni, care provoacă infecții de tip *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans* și *Candida*. Aceste microorganisme au fost supuse diferitelor forme de ambalare, atât fibre groase reambalate cu fibre subțiri, cât și bile milimetrice reambalate cu bile de cuarț submilimetrice. Rezultatele demonstrează că agenții patogeni bacterieni răspund diferit la expunerea la radiația UV-C, în funcție de suprafața de contact creată între elementele metamaterialelor cvasi-periodice.

Two types of cooperative effects between the converted photons in the multiple steps of Raman lasing are proposed. The first type involves the cooperative process between the photons of one of the steps of Raman conversion. The second cooperative effect appears between the photons belonging to different steps of multiple conversions. This new type of generated coherent state is proposed by novel bimodal entangled sources, which take into consideration both the coherence and collective phenomena between the photons belonging to the system of the bimodal field obtained in multiple Raman emissions. For this, the creation and annihilation operators of the new resonator quasi-particle were introduced taking into consideration the Hilbert space of field vectors at frequency differences, $\omega_{p+1} - \omega_p$ between the anti-Stokes components of multiple Raman lasing. The application of higher-order multiple Raman bimodal coherent field quantum information is described according to the definition of quantum amplitude and phase of such entangled states of light. The cooperative properties of the bimodal field in the multiple scattering processes of Raman lasing in the cavity/fiber and its interaction with ensemble of atoms prepared in coherent state are proposed. We introduced the new characteristics of bi-modes field in which the multiple Raman scattering takes into consideration the interaction with coherent excitation and non-stationary quantum fluctuations of the generation rate of the introduced quasi particles. Here, we represent the rate moments through the annihilation and generation operators of the cavity quasi-particles.

A semi-classical model (classical by the applied laser 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 is given according to the superposition of two states, normal and dimer created by multiple Raman scattering. 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 pathogens (or yeast colonies) reproduction under the action of ultraviolet radiation.

The main objective of this study was to establish a link between the intensity of UV-C radiation and the efficiency of decontamination using metamaterials with an increased contact surface with contaminated fluid by pathogens, like *Escherichia coli* (E.Coli), *Pseudomonas aeruginosa*,

Candida albicans, and Candida glabrata. These microorganisms were put through different forms of packing, both thick fibers repacked with thin fibers and millimeter balls repacked with sub-millimeter quartz balls. The results demonstrate that bacterial pathogens respond differently to exposure to UV-C radiation, depending on the contact surface created between the elements of the quasi-periodic metamaterials.

Conducătorul de proiect N. Enache (numele, prenumele, semnătura)

Data: 09.12.2024

LŞ



**Executarea devizului de cheltuieli,
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2024**

Cifrul proiectului: 24.80012.5007.26SE

Cheltuieli, mii lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Servicii de cercetări științifice contractate	222930	101,4		101,4
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110	0,9		0,9
Total		102,3		102,3

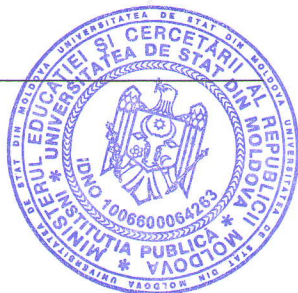
Conducătorul organizației Igor ȘAROV

Contabil șef Liliana COJOCARU

Conducătorul de proiect Nicolae ENACHI

Data: _____

LȘ



Componența echipei conform contractului de finanțare 2024

Cifrul proiectului 24.80012.5007.26SE

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2024						
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.	0,5	15.07.2024	31.12.2024
2.	Turcan Marina	1982	Dr.	0,5	15.07.2024	31.12.2024
3.	Munteanu Ion	1982		0,5	15.07.2024	31.12.2024

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2024					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	-	-	-	-	-

Conducătorul organizației Igor ȘAROVContabil șef Liliana COJOCARUConducătorul de proiect Nicolae ENACHI

Data:

LȘ

