

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru Cercetare

și Dezvoltare _____

_____ 2025

AVIZAT

Secția AȘM _____

_____ 2025

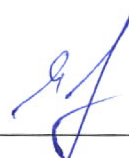
RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL**(pentru etapa 2025)****privind implementarea proiectului din cadrul concursului**
Stimularea excelenței cercetărilor științificeProiectul Efecte cuantice via blocarea excitațiilor în sistemele colective de radiatori

(titlul proiectului)

Cifra proiectului 25.80012.5007.73SEPrioritatea strategică V. Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare

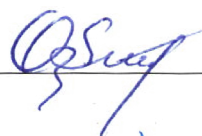
Rectorul USM

ȘAROV Igor



Președintele Consiliului Științific al IFA USM

ȘIKIMAKA Olga



Conducătorul proiectului

MACOVEI Mihai



Chișinău, 2025

CUPRINS:

1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs	3
2. Obiectivele etapei 2025	3
3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025	4
4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025	4
5. Rezultatele obținute	5
6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice.....	9
7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului 2025	11
8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului 2025	11
9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului 2025.....	11
10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane.....	12
11. Recomandări, propuneri	12
12. Lista lucrărilor științifice, publicate în anul 2025 (Anexa 1).....	13
13. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2025 în limba română și în limba engleză (Anexa 2)	16
14. Executarea devizului de cheltuieli din contractul de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 3)	18
15. Componenta echipei conform contractului de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 4).....	19

1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs

Etapa anului 2025 a prezentului proiect este prima etapă a proiectului și are denumirea „Studiul dinamicii cuantice a unui sistem mic de radiatori, aranjați simetric în spațiu, care interacționează prin intermediul termostatului înconjurător, și demonstrarea naturii cuantice a fotonilor generați în acest proces”.

Etapa anului 2025 a fost împărțită în două activități:

- activitatea 1 (august-octombrie): Cercetarea dinamicii cuantice a unui sistem mic de emițători, format din doi, trei qubiți ș.a.m.d., aranjați simetric în spațiu și interacționând reciproc dipol-dipol și, de asemenea, cu câmpul electromagnetic al termostatului ambiant.
- activitatea 2 (noiembrie-decembrie): Demonstrarea naturii cuantice a fotonilor generați în acest proces, de regulă în domeniul microundelor.

Ca rezultate preconizate ale executării etapei date au fost sau vor fi aprobate următoarele:

- activitatea 1: Diagonalizarea Hamiltonianului ce descrie 3 emițători cuantici, amplasați simetric în spațiu. În dependență de numărul de excitări, se va generaliza modelul pentru 4 sau 5 etc. radiatori.
- activitatea 2: Demonstrarea naturii cuantice a fotonilor generați în acest proces.

Indicatorii aprobați de cuantificare a rezultatelor obținute la executarea etapei date sunt:

- Organizarea unui seminar științific unde se va raporta despre rezultatele preconizate în cadrul acestui proiect, precum și prezentarea situației actuale în domeniu și importanța studiului,
- Participări la conferințe cu raport unde se vor prezenta rezultate preliminare obținute în cadrul proiectului: conferința organizată de UTM, Moldova – 1, și în România -1.
- Raportare anuală.

2. Obiectivele etapei 2025

Etapa dată a proiectului a avut următorul obiectiv aprobat: studiul dinamicii cuantice a unui sistem mic de radiatori, aranjați simetric în spațiu, care interacționează prin intermediul termostatului înconjurător, și demonstrarea naturii cuantice a fotonilor generați în acest proces, de regulă în domeniu microundelor.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025

Următoarele acțiuni au fost planificate în cadrul celor două activități ale etapei anului 2025 a proiectului:

- în cadrul activității 1: cercetarea dinamicii cuantice a unui sistem mic de emițători, format din doi, trei qubiți ș.a.m.d., aranjați simetric în spațiu și interacționând reciproc dipol-dipol și, de asemenea, cu câmpul electromagnetic al termostatului ambiant;
- în cadrul activității 2: demonstrarea naturii cuantice a fotonilor generați în acest proces, de regulă în domeniul microundelor.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025

În perioada august-octombrie 2025, pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei, în cadrul activității 1 a etapei raportate, au fost realizate următoarele acțiuni:

- s-a diagonalizat Hamiltonianul de interacțiune ce descrie sistemul în cauză, pentru parametri simetrici de interacțiune;
- s-a obținut ecuația master ce descrie sistemul de trei emițători, reprezentată în spațiul stărilor colective obținute la diagonalizarea Hamiltonianului;
- în cadrul seminarului Institutului de Fizică Aplicată, la 18.09.2025, s-a prezentat proiectul și rezultatele preliminare obținute.

În mod corespunzător, în perioada noiembrie-decembrie 2025, pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei, în cadrul activității 2 a etapei raportate, au fost realizate următoarele acțiuni:

- utilizând ecuația master obținută în Activitatea precedentă, ce descrie sistemul de trei emițători, reprezentată în spațiul stărilor colective, s-au obținut ecuațiile de mișcare pentru mediile corespunzătoare ale operatorilor qubiților;
- funcțiile de corelație ale fotonilor, generați în acest proces, au fost reprezentate prin mediile operatorilor ce descriu sistemul colectiv format din trei qubiți și s-au identificat domeniile unde statistica fonică are proprietăți cuantice;
- rezultatele preliminare obținute au fost comunicate la 2 conferințe de specialitate organizate de Universitatea Tehnică din Moldova (Octombrie, 2025) și, respectiv, Universitatea din Timișoara, Romania (Decembrie, 2025).

5. Rezultatele obținute

În conformitate cu tematica etapei și planul de activități propus, pornind de la cele mai recente realizări în studiile experimentale și teoretice ale sistemelor cuantice cu interacțiuni cooperative între mai mulți emițători, a fost investigată dinamica cuantică a două emițătoare cu două niveluri cuplate dipol-dipol care interacționează prin intermediul termostatului lor de mediu. Folosind stări colective Dicke cu doi atomi pentru cazul în care interacțiunile dipol-dipol sunt puternice, dar mai slabe decât energiile de tranziție, a fost derivată ecuația master Markov corespunzătoare, care caracterizează comportamentul sistemului în stare staționară. Aceasta ia în considerare dependența ratelor de dezintegrare spontană, precum și numărului mediu de fotoni (obținut din urmărirea rezervorului), observate la tranzițiile respective ale celor doi qubiți, de intensitatea cuplajului dipol-dipol. Ca urmare, au fost obținute populațiile stărilor cooperative, precum și spectrul de fluorescență al sistemului cuplat dipol-dipol cu doi qubiți care interacționează cu termostatul de mediu. Populațiile implicate în tranzițiile adiacente au o distribuție diferită de distribuția Boltzmann, deoarece depind de interacțiunea dipol-dipol dintre perechea de qubiți. De asemenea, spectrul de fluorescență în limita câmpului îndepărtat constă din două linii spectrale distincte dacă cuplajul dipol-dipol este mai mare decât ratele de dezintegrare spontană colectivă. Dependența de semnul dipol-dipol apare deoarece stările colective simetrice și antisimetrice ale celor doi qubiți sunt deplasate de la frecvența de rezonanță a unui singur qubit de către intensitatea cuplajului dipol-dipol.

Modelul teoretic studiat

Pentru început, a fost decis să se studieze un sistem, mai simplu, format din trei componente, și anume: cei doi qubiți care interacționează dipol-dipol, un rezervor electromagnetic ambiental și interacțiunea dintre acestea două. Hamiltonianul sistemului investigat va avea, deci, componentele $H = H_A + H_F + H_{AF}$. Hamiltonianul câmpului electromagnetic, în aproximarea undei rotative, are o formă bine cunoscută [1-4]:

$$H_{AF} = \hbar \sum_k g_k (a_k S^+ + a_k^\dagger S^-) , \quad (1)$$

unde operatorii sunt definiți ca

$$S^+ = |e\rangle\langle g| , \quad S^- = |g\rangle\langle e| , \quad (2)$$

cu $|g\rangle$ și $|e\rangle$ - notații uzuale ale stărilor de bază (*ground*) și excitate (*excited*), operatorii respectând relațiile de comutare

$$[S_z, S^+] = S^+ , \quad [S_z, S^-] = -S^- , \quad [S^+, S^-] = 2S_z . \quad (3)$$

Astfel, sistemul este descris de următorul Hamiltonian [1-4]:

$$H = \sum_k \hbar \omega_k a_k^\dagger a_k + \hbar \omega_0 S_z - \hbar \delta \sum_{j \neq l} S_j^+ S_l^- + i \sum_k (g_k d) \{ S^+ a_k - a_k^\dagger S^- \} , \quad (4)$$

unde Hamiltonianul mediului înconjurător este cel al câmpului electromagnetic:

$$H_F = \sum_k \hbar \omega_k a_k^\dagger a_k . \quad (5)$$

Următorii doi termeni din (4) descriu energia liberă a sistemului atomic și, respectiv, interacțiunea dipol-dipol între emițători:

$$H_A = \hbar \omega_0 S_z - \hbar \delta \sum_{j \neq l} S_j^+ S_l^- . \quad (6)$$

Ultimul termen din Hamiltonian reprezintă interacțiunea dintre emițători și mediul fonic înconjurător [1-4]:

$$H_{AF} = i \sum_k (g_k d) \{S^+ a_k - a_k^\dagger S^-\} . \quad (7)$$

Dinamica cooperativă a doi atomi într-o baie termică este simplificată considerabil folosind stările colective Dicke pentru $N = 2$. Luând în considerare stările colective Dicke ale doi atomi [1]

$$\begin{aligned} |E\rangle &= |e_1 e_2\rangle , \\ |S\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|e_1 g_2\rangle + |e_2 g_1\rangle) , \\ |A\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|e_1 g_2\rangle - |e_2 g_1\rangle) , \\ |G\rangle &= |g_1 g_2\rangle , \end{aligned} \quad (8)$$

sunt introduși operatorii atomici care acționează în bazele colective cu doi atomi, după cum urmează: $R_{\alpha\beta} = |\alpha\rangle\langle\beta|$, care satisfac relațiile de comutare

$$[R_{\alpha\beta}, R_{\gamma\delta}] = R_{\alpha\delta} \delta_{\beta\gamma} - R_{\gamma\beta} \delta_{\alpha\delta} , \quad \alpha, \beta, \gamma, \delta \in \{E, A, S, G\} . \quad (9)$$

Deoarece starea antisimetrică nu este cuplată cu mediul înconjurător, aceasta va fi omisă, H devenind

$$H = \sum_k \hbar \omega_k a_k^\dagger a_k + \hbar \omega_0 (R_{EE} - R_{GG}) - \hbar \delta R_{SS} + i\sqrt{2}(g_k d)[(R_{ES} + R_{SG})a_k - a_k^\dagger (R_{SE} + R_{GS})] . \quad (10)$$

Acest Hamiltonian poate fi împărțit în partea de sistem H_A și partea de interacțiune H_{AF} , adică

$$H_A = \sum_k \hbar \omega_k a_k^\dagger a_k + \hbar \omega_0 (R_{EE} - R_{GG}) - \hbar \delta R_{SS} , \quad (11)$$

$$H_{AF} = i\sqrt{2} \sum_k (\vec{g}_k \cdot \vec{d}) [(R_{ES} + R_{SG})a_k - \text{H.c.}] . \quad (12)$$

Acum, forma generală a ecuației master, în imaginea interacțiunii [1-5], este dată de

$$\frac{d}{dt} \rho(t) = -\frac{1}{\hbar^2} \text{Tr}_f \left(\int_0^t dt' [H_I(t), [H_I(t'), \rho(t')]] \right) , \quad (13)$$

cu

$$H_I = e^{\frac{iH_0 t}{\hbar}} H_{AF} e^{-\frac{iH_0 t}{\hbar}} . \quad (14)$$

Introducând (14) în (13) și efectuând *trace* asupra gradelor de libertate ale câmpului termic, se ajunge la următoarea ecuație principală care descrie cei doi atomi cu interacțiune dipol-dipol într-un mediu termic [6], și anume

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \rho(t) + i[\omega_0 (R_{EE} - R_{GG}) - \delta R_{SS}, \rho] = & \\ = -\gamma^{(+)}(1 + \bar{n}^{(+)}) ([R_{ES}, R_{SE}\rho] + [R_{SG}, R_{SE}\rho]) - & \\ -\gamma^{(-)}(1 + \bar{n}^{(-)}) ([R_{SG}, R_{GS}\rho] + [R_{ES}, R_{GS}\rho]) - & \\ -\gamma^{(+)}\bar{n}^{(+)} ([R_{SE}, R_{ES}\rho] + [R_{GS}, R_{ES}\rho]) - & \\ -\gamma^{(-)}\bar{n}^{(-)} ([R_{GS}, R_{SG}\rho] + [R_{SE}, R_{SG}\rho]) + \text{H.c.} . & \end{aligned} \quad (15)$$

unde

$$\bar{n}^{(\pm)} = \bar{n}(\omega_0 \pm \delta) , \quad \gamma^{(\pm)} = \Gamma(\omega_0 \pm \delta) \quad (16)$$

sunt date la tranziția corespunzătoare în baza cu doi atomi. Se observă aici că, ecuația (15) implică faptul că $\delta / \omega_0 \ll 1$, ceea ce înseamnă, că corecțiile la rezultatele obținute sunt de ordinul $(\delta / \omega_0)^2$.

Acum pot fi obținute ecuațiile de mișcare pentru variabilele de interes. De exemplu, populațiile din stările colective cu doi atomi sunt date de următoarele ecuații:

$$\frac{d}{dt} \langle R_{EE} \rangle = -2\gamma^{(+)}(1 + \bar{n}^{(+)}) \langle R_{EE} \rangle + 2\gamma^{(-)}\bar{n}^{(-)} \langle R_{SS} \rangle, \quad (17)$$

$$\frac{d}{dt} \langle R_{GG} \rangle = 2\gamma^{(+)}(1 + \bar{n}^{(+)}) \langle R_{SS} \rangle - 2\gamma^{(-)}\bar{n}^{(-)} \langle R_{GG} \rangle, \quad (18)$$

cu

$$\langle R_{EE}(t) \rangle + \langle R_{SS}(t) \rangle + \langle R_{GG}(t) \rangle = 1. \quad (19)$$

Soluțiile lor în stare staționară sunt, respectiv,

$$\langle R_{EE} \rangle_{ss} = \frac{\mu^+ \mu^-}{1 + \mu^-(1 + \mu^+)} \quad (20)$$

$$\langle R_{SS} \rangle_{ss} = \frac{\mu^-}{1 + \mu^-(1 + \mu^+)} \quad (21)$$

$$\langle R_{GG} \rangle_{ss} = \frac{1}{1 + \mu^-(1 + \mu^+)} \quad (22)$$

unde $\mu^{(\pm)} = \exp[(-x(1 \pm \eta))]$, și, deoarece $x = \hbar\omega_0 / k_B T$ și $\eta = \frac{\delta}{\omega_0}$, cu $\eta < 1$, se poate observa că dinamica populației nu respectă întru totul distribuțiile Boltzmann.

În limita câmpului îndepărtat, $R = |\vec{R}| \gg \lambda$, întregul spectru de fluorescență în stare staționară se poate exprima astfel:

$$S(\nu) = \Phi(R) \text{Re} \left\{ \int_0^\infty d\tau e^{i(\nu - \omega_0)\tau} \langle S^+ S^-(\tau) \rangle_s \right\}, \quad (23)$$

unde indicele de jos $\underline{s}$ indică starea staționară. $\Phi(R)$ este un factor geometric pe care îl stabilim egal cu unitatea în cele ce urmează, în timp ce ν este frecvența fotonilor detectați. În baza stărilor Dicke a doi qubiți, avem că $S^+ = \sqrt{2}(R_{ES} + R_{SG})$ și $S^- = \sqrt{2}(R_{SE} + R_{GS})$, în acest fel spectrul menționat ia forma

$$S(\nu) = 2\text{Re} \left\{ \int_0^\infty d\tau e^{i(\nu - \omega_0)\tau} \langle (R_{ES} + R_{SG})(R_{SE}(\tau) + R_{GS}(\tau)) \rangle_s \right\}. \quad (24)$$

Acum, folosind ecuația master (15), se pot obține dependențele de timp pentru operatorii colectivi a doi qubiți, care intră în expresia (24) pentru spectrul de fluorescență, și anume

$$R_{SE}(\tau) = R_{SE} e^{-(i\delta + \Gamma_e)\tau}, \quad R_{GS}(\tau) = R_{GS} e^{(i\delta - \Gamma_g)\tau}, \quad (25)$$

unde $\Gamma_e = \gamma^{(+)}(2\bar{n}^{(+)} + 1) + \gamma^{(-)}(\bar{n}^{(-)} + 1)$, iar $\Gamma_g = \gamma^{(-)}(2\bar{n}^{(-)} + 1) + \gamma^{(+)}\bar{n}^{(+)}$, cu $\bar{n}^{(\pm)} = \mu^{(\pm)} / [1 - \mu^{(\pm)}]$.

Introducând soluțiile temporale (25) în (24), efectuând integrarea și utilizând teorema regresiei cuantice, se ajunge la următoarea expresie pentru spectrul de fluorescență colectivă în stare staționară incoerentă, și anume [6]:

$$S(\nu) = \langle R_{EE} \rangle \frac{2\Gamma_e}{\Gamma_e^2 + (\nu - \omega_0 - \delta)^2} + \langle R_{SS} \rangle \frac{2\Gamma_g}{\Gamma_g^2 + (\nu - \omega_0 + \delta)^2} . \quad (26)$$

Se poate observa că, spectrul este format din două linii: una emisă pe $|E\rangle \rightarrow |S\rangle$, iar cealaltă pe tranzițiile $|S\rangle \rightarrow |G\rangle$, respectiv. Aceste două linii spectrale vor fi detectate separat dacă intensitatea cuplajului dipol-dipol δ este mai mare decât Γ_e, Γ_g .

Formalismul analitic prezentat mai sus pentru doi emițători a fost generalizat pentru trei emițători cuantici. În particular, s-a diagonalizat Hamiltonianul de interacțiune a trei qubiți și s-a obținut ecuația master corespunzătoare pentru trei emițători. Respectiv, s-au obținut ecuațiile de mișcare ce descriu acest sistem și se lucrează la manuscrisul articolului.

[I](#)

Referințe bibliografice

- [1] Dicke, R. H. Coherence in Spontaneous Radiation Processes. *Phys Rev* **93**, 99 (1954).
- [2] Lehmberg, R. H. Radiation from an N-Atom System. II. Spontaneous Emission from a Pair of Atoms. *Phys Rev A* **2**, 889 (1970)
- [3] Agarwal, G. S. *Quantum Statistical Theories of Spontaneous Emission and Their Relation to Other Approaches* (Springer, 1970)
- [4] Ficek, Z. *Quantum Interference and Coherence: Theory and Experiments* (Springer, 2005)
- [5] Macovei, M. A. Dense dipole-dipole-coupled two-level systems in a thermal bath. *Phys Rev A* **110(2)**, 023712 (2024)
- [6] Rotari, A.; Gherman, C.; Macovei, M, Two Qubits in Thermostat. ICNBME 2025, *IFMBE Proceedings* **134**, 56-63 (2025).

6. Diseminarea rezultatelor

Rezultate obținute pe durata executării etapei anului 2025 a proiectului au stat la baza următoarelor rapoarte științifice la conferințe științifice internaționale:

- Rotari, A.; Gherman, C.; Macovei, M. Two Qubits in Thermostat. Raport oral: *7th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, October 7—10, 2025, Chisinau, Moldova*;
- Cudreașov, A.; Macovei, M. A. Cooperative Resonance Fluorescence of Two Dipole-Dipole Coupled Emitters in a Moderately Strong Laser Field. *Raport oral: 3rd International Conference „Advances in 3OM and Photonics Technologies”, December 8-11, 2025, Timisoara, Romania.*

Lista publicațiilor din anul 2025

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

1.1. monografii internaționale

Nu avem

1.2. monografii naționale

Nu avem

2. Capitole în monografii naționale/internaționale

Nu avem

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

Nu avem

4. Articole în reviste științifice

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

Nu avem

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

Nu avem

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

Nu avem

4.4. în alte reviste naționale

Nu avem

5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

Nu avem

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

Nu avem

6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

Nu avem

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

Nu avem

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

Nu avem

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Nu avem

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

Nu avem

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

- Rotari, A.; Gherman, C.; Macovei, M. Two Qubits in Thermostat. În: Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S. (eds) *7th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, October 7—10, 2025, Chisinau, Moldova. ICNBME 2025. IFMBE Proceedings*, vol 134. Springer, Cham. p 56—63. DOI: [10.1007/978-3-032-06494-3_7](https://doi.org/10.1007/978-3-032-06494-3_7)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

Nu avem

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Nu avem

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

8.1. cărți (cu caracter informativ)

Nu avem

8.2. enciclopedii, dicționare

Nu avem

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

Nu avem

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

Nu avem

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

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

Nu avem

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

Nu avem

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

Nu avem

11. Recomandări, propuneri.

Nu avem

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

Proiectul este de tip fundamental, într-un domeniu modern de frontiera ce ține de utilizarea câmpurilor electromagnetice cu proprietăți cuantice și se poate aștepta că și în continuare rezultatele, diseminate liber prin publicații științifice și prezentărilor la conferințe, vor atrage atenția comunității științifice. Respectiv, vor prezenta interes pentru studenți la licență sau masteranzi, ori doctoranzi la specialități de profil sau conexe.

8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului

Un membru al echipei, concomitent cu activitățile de cercetare, este implicat și în activități didactice (dr. hab. M. Macovei – USM).

9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului

Nu avem.

10. Dificultățile în realizarea proiectului

Nu am avut.

11. Recomandări, propuneri

Nu avem.

Conducătorul de proiect _____ dr. hab. Mihai MACOVEI /

M. Macovei

Data: *03.12.25*

LȘ



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul 2025 în cadrul proiectului**

Efecte cuantice via blocarea excitațiilor în sistemele colective de radiatori

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

1.1. monografii internaționale

Nu avem

1.2. monografii naționale

Nu avem

2. Capitole în monografii naționale/internaționale

Nu avem

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

Nu avem

4. Articole în reviste științifice

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

Nu avem

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

Nu avem

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

Nu avem

4.4. în alte reviste naționale

Nu avem

5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

Nu avem

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

Nu avem

6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

Nu avem

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

Nu avem

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

Nu avem

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Nu avem

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

Nu avem

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

- Rotari, A.; Gherman, C.; Macovei, M. Two Qubits in Thermostat. În: Sontea, V., Tiginyanu, I., Railean, S. (eds) *7th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering, October 7—10, 2025, Chisinau, Moldova. ICNBME 2025. IFMBE Proceedings*, vol 134. Springer, Cham. p 56—63.
DOI: [10.1007/978-3-032-06494-3_7](https://doi.org/10.1007/978-3-032-06494-3_7)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

Nu avem

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Nu avem

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

8.1. cărți (cu caracter informativ)

Nu avem

8.2. enciclopedii, dicționare

Nu avem

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

Nu avem

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

Nu avem

10. Lucrări științifico-metodice și didactice

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

Nu avem

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

Nu avem

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

Nu avem

11. Recomandări, propuneri.

Nu avem

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025

Cifra proiectului 25.80012.5007.73SE

Denumirea Proiectului Efecte cuantice via blocarea excitațiilor în sistemele colective de radiatori

Etapă anulului 2025 a proiectului are denumirea „Studiul dinamicii cuantice a unui sistem mic de radiatori, aranjați simetric în spațiu, care interacționează prin intermediul termostatului înconjurător, și demonstrarea naturii cuantice a fotonilor generați în acest proces.”

În conformitate cu tematica etapei și planul de activități propus, a fost investigată dinamica cuantică a două emițătoare cu două niveluri cuplate dipol-dipol care interacționează prin intermediul termostatului lor de mediu. Folosind stări colective Dicke cu doi atomi pentru cazul în care interacțiunile dipol-dipol sunt puternice, dar mai slabe decât energiile de tranziție, a fost derivată ecuația master Markov corespunzătoare, care caracterizează comportamentul sistemului în stare staționară. Aceasta ia în considerare dependența ratelor de dezintegrare spontană, precum și numărului mediu de fotoni (obținut din urmărirea rezervorului), observate la tranzițiile respective ale celor doi qubiți, de intensitatea cuplajului dipol-dipol. Ca urmare, au fost obținute populațiile stărilor cooperative, precum și spectrul de fluorescență al sistemului cuplat dipol-dipol cu doi qubiți care interacționează cu termostatul de mediu. Populațiile implicate în tranzițiile adiacente au o distribuție diferită de distribuția Boltzmann, deoarece depind de interacțiunea dipol-dipol dintre perechea de qubiți. De asemenea, spectrul de fluorescență în limita câmpului îndepărtat constă din două linii spectrale care diferă dacă cuplajul dipol-dipol este mai mare decât ratele de dezintegrare spontană colectivă. Dependența de semnul dipol-dipol apare deoarece stările colective simetrice și antisimetrice ale celor doi qubiți sunt deplasate de la frecvența de rezonanță a unui singur qubit de către intensitatea cuplajului dipol-dipol.

În realizarea etapei subproiectului au fost antrenate 4 persoane. Ponderea tinerilor (sub 40 ani) în echipa de executori a constituit 50%.

Pe baza rezultatelor obținute, în 2025 executorii au publicat 1 raport în Proceedings al conferinței internaționale.

Rezultatele științifice obținute de executori în anul curent corespund obiectivelor și rezultatelor planificate. Toate obiectivele propuse inițial au fost atinse și realizate cu succes.

Conducătorul de proiect dr. hab. Mihai MACOVEI / M. Macovei

Data: 03.12.25

LȘ



Project code 25.80012.5007.73SE

Project title Quantum features via collective dipole-dipole blockade effects in multi-qubit systems

The 2025 stage of the project is entitled "Study of the quantum dynamics of a small system of radiators, arranged symmetrically in space, interacting through the surrounding thermostat, and demonstration of the quantum nature of photons generated in this process."

In accordance with the theme of the stage and the proposed activity plan, the quantum dynamics of two dipole-dipole coupled two-level emitters interacting via their environmental thermostat is investigated. Using collective two-atom Dicke states for the case when dipole-dipole interactions are strong but less than the transition energy, we derived the corresponding Markovian master equation characterizing the behavior of the system in a steady state. It takes into account the influence of the dipole-dipole coupling strength on the spontaneous decay rates, as well as on the average number of photons (which we obtain by tracking the reservoir) during the corresponding two-qubit transitions. As a result, the cooperative populations, as well as the fluorescence spectrum of the dipole-dipole coupled two-qubit sample interacting with the environmental thermostat were obtained. The population ratios at neighboring transitions differ from the Boltzmann distribution because they depend on the dipole-dipole interaction between the pair of qubits. Also, the fluorescence spectrum in the far-field limit consists of two spectral lines, which differ if the dipole-dipole interaction is greater than the collective spontaneous decay rates. Finally, it was concluded that the dependence on dipole-dipole interactions arises because the symmetric and antisymmetric collective states of two qubits are shifted from the resonance frequency of one qubit by the magnitude of the dipole-dipole interaction force.

For the realization of this subproject stage, four people were involved. Young researchers (under 40 years old) constituted 50% of the team.

Based on the results obtained, in 2025 the researchers published one report in the Proceedings of the international conference.

The scientific results obtained by the researchers in the current year correspond to the planned objectives and results. All the initially proposed objectives were successfully achieved and implemented.

Conducătorul de proiect dr. hab. Mihai MACOVEI / M. Macovei

Data: 03.12.25

LȘ



**Executarea devizului de cheltuieli,
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2025**

Cifrul proiectului: 25.80012.5007.73 SE

Cheltuieli, lei				
Denumirea	Cod		Anul de gestiune	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Deplasări de serviciu peste hotare	222720	47826,0		47826,0
Servicii de cercetări științifice contractate	222930	237150,0		237150,0
Servicii neatribuite altor aliniate	222999	14880,0		14880,0
Total		299856,0		299856,0

Rectorul USM

prof. Igor ȘAROV

Contabil șef

Liliana COJOCARU

Conducătorul de proiect

dr. hab. Mihai MACOVEI

Data:

LȘ



Componența echipei conform contractului de finanțare 2025

Cifrul proiectului 25.80012.5007.73 SE

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2025						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Macovei Mihai	1972	dr. hab.	25	01.08.2025	31.12.2025
2.	Cudreașov Alexandr	1988		25	01.08.2025	31.12.2025
3.	Gherman Corneliu	1973	dr.	25	01.08.2025	31.12.2025
4.	Rotari Arthur	2003		25	01.08.2025	31.12.2025

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2025					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului	Data angajării
1.	-	-	-	-	-

Rectorul USM

prof. Igor ȘAROV

Contabil șef

Liliana COJOCARU

Conducătorul de proiect

dr. hab. Mihai MACOVEI

