

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în subprogram în anul 2024
OPTICA CUANTICĂ NELINIARĂ ÎN CÂMPURI ELECTROMAGNETICE
COERENTE DE FRECVENȚĂ ÎNALTĂ

(denumirea subprogramului)

Codul subprogramului **011205**

Etapa anului 2024 a subprogramului 011205 „Optica cuantică neliniară în câmpuri electromagnetice coerente de frecvență înaltă” are denumirea „Statistica cuantica sub-Poissoniană la excitarea sistemelor colective de nuclee cu câmpuri electromagnetice coerente și intense de raze X.”

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 cu două niveluri energetice, echipa executorilor a ales pentru studiu interacțiunea colectivă a unui ansamblu mic și foarte compact de N emițători cu două niveluri energetice aflați în repaus, interacționând cu radiația coerentă a unui laser, aplicată din exterior. Distanțele dintre particule fiind mai mici decât lungimea de undă a radiației emise corespunzătoare, interacțiunile dipol-dipol dintre emițătorii cu două niveluri sunt relevante și trebuie luate în considerație. Ne-am concentrat atenția, în special, asupra situației în care frecvența Rabi, care apare datorită interacțiunii la rezonanță a ansamblului de emițători cu radiația coerentă a laserului comensurabilă cu puterea interacțiunii dipol-dipol, dar totuși mai mare. În aceste condiții, am calculat analitic spectrul de fluorescență de rezonanță colectivă, împrăștiat spontan de emițătorii cu două niveluri care interacționează dipol-dipol, pompați de laser, și am constatat că acesta constă din $N+1$ linii spectrale distincte. Fiecare dintre cele N linii spectrale laterale sunt plasate simetric față de linia centrală ce coincide cu linia radiației laserului. În plus, aceste benzi laterale spectrale devin bine distincte dacă puterea cuplajului dipol-dipol, presupusă constantă pentru toate perechile de emițători implicați, este mai mare decât relaxarea spontană colectivă (dezintegrarea stărilor).

În concluziile făcute pe baza rezultatelor obținute, executorii înaintează și o serie de rezultate/preziceri cu caracter aplicabil, de interes pentru experimenterii – se propune o metodă de determinare a numărului de emițători și a parametrilor de distribuție spațială și de grad de interacțiune colectivă între acești emițători pornind de studiul formei și prezenței liniilor spectrale în spectrul de fluorescență al clusterului de material dat de acești emițători.

În realizarea etapei subproiectului au fost antrenate 12 persoane deținând 7,25 unități de funcții de cercetare și 1,0 unități de funcții administrative. Ponderea tinerilor (sub 40 ani) în echipa de executori a constituit 36,4%.

Pe baza rezultatelor obținute, în 2024 executorii au fost publicate 6 articole în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS cu factor de impact și 9 teze/articole în lucrările conferințelor științifice internaționale din Republica Moldova. Încă două rapoarte orale au fost făcute la conferințe științifice internaționale de peste hotare, însă care nu publică teze/rezumat ale lucrărilor sale.

Unul din executorii subprogramului a susținut în anul curent teza de doctor în științe.

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

Summary of Activity and Results Obtained in Subprogram in 2024
NONLINEAR QUANTUM OPTICS IN HIGH FREQUENCY COHERENT
ELECTROMAGNETIC FIELDS

(Subprogram Name)

Subprogram Code **011205**

The 2024 year phase of the subprogram 011205 “Non-linear quantum optics in high-frequency coherent electromagnetic fields” is entitled “Sub-Poissonian quantum statistics in the collective systems of nuclei under the intense coherent electromagnetic X-ray excitation.”

In accordance with the proposed subject of the phase and the proposed work plan, Thus, motivated by recent advances in experimental research dealing with cooperative interactions among many two-level emitters, here we investigate the collective interaction of a small and closely packed ensemble of N two-level motionless emitters with an externally applied coherent laser wave. The interparticle separations are less than the corresponding emission wavelength, therefore, the dipole-dipole interactions among the two-level radiators are included and can play a relevant role under specific conditions. Particularly, we focus on a situation when the Rabi frequency, arising due to the ensemble interaction with the resonantly applied coherent laser field, is larger than the collective spontaneous decay rate. On the other hand, it is commensurable to the dipole-dipole interaction strength, but still bigger. Under these conditions, we have analytically calculated the collective resonance fluorescence spectrum, spontaneously scattered by the laser-driven dipole-dipole interacting two-level radiators, and have found that it consists of $2N + 1$ spectral lines. Each of N spectral sidebands are symmetrically generated, with respect to the central spectral line at the laser frequency, around the Rabi frequency. Furthermore, these spectral sidebands become distinguishable if the dipole-dipole coupling strength, assumed constant for all involved atomic pairs, is larger than the collective spontaneous decay.

As a possible application of the reported results, a method for determining the number of emitters, their spatial distribution and degree of collective interaction of a closely packed ensemble of two-level emitters starting from the measurement of fluorescence spectrum and analysis of the distribution of its spectral lines was proposed.

For the subprogram phase implementation, 12 people were involved, holding 7.25 units of research functions and 1.0 unit of administrative function. The share of young people (under 40) in the team of executors was 36.4%.

Based on the results obtained, in 2024 executors published 6 articles in Web of Science and SCOPUS indexed journals with impact factor and 9 theses/articles in the proceedings of international scientific conferences in the Republic of Moldova. Two more oral reports were made at international scientific conferences abroad, but without publishing theses/articles.

One of the sub-program's executors defended his PhD thesis this year.

The scientific results achieved by the executors in the current year correspond to the planned objectives and estimated results. All of the proposed objectives have been achieved and successfully realized.