

ФОРМУ ЗАТВЕРДЖЕНО  
рішенням наукової ради Національного фонду  
досліджень України  
протокол № 20 від 04-07 вересня 2020 року

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Інституту Теоретичної фізики ім.  
М. М. Боголюбова НАН України,  
академік НАН України  
Загородній Анатолій Глібович



**АНОТОВАНИЙ ЗВІТ**  
**про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту**  
**із виконання наукових досліджень і розробок**  
**«Моделі нерівноважних процесів в колоїдних системах»**

**Назва конкурсу:** «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»  
**Реєстраційний номер Проєкту:**

**Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок** (реєстраційний номер та назва Проєкту) №199/02.2020 «Моделі нерівноважних процесів в колоїдних системах»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» (назва конкурсу) протокол № 21 від «16-17» вересня 2020 року)

**1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ**

Тривалість виконання Проєкту

Початок 06.11.2020 – дата укладання Договору про виконання наукових досліджень і розробок;  
Закінчення 31.12.2021 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн. 2500000грн

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 500 000грн

2-й рік 2 000 000грн

3-й рік \_\_\_\_\_

**2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ**

до виконання Проєкту буде залучено 5 виконавців, з них:

доктори наук 1;

кандидати наук 4;

інші працівники 0.

**3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ(І)  
СУБВИКОНАВЦЯ(ІВ) ПРОЄКТУ**

## **4. ОПИС ПРОЄКТУ**

### **4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)**

Метою наших наукових досліджень є розробка та застосування математичних методів для описання нерівноважних процесів в колоїдних системах таких як, звичайні та рідкокристалічні колоїди, плазма та надпровідники.

### **4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)**

Планується розробити математичні моделі динаміки колоїдних систем всіх рівнів організації а саме активних колоїдів, коли рух окремих частинок мотивує взаємодію між ними з умовами локального впливу та організацію колективної поведінки з утворенням можливих дисипативних структур. Для проведення кількісного і якісного аналізу отриманих результатів будуть використані сучасні методи теоретичної фізики, молекулярної динаміки та теорія динамічних систем.

### **4.3. Детальний зміст Проєкту:**

#### **- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)**

Дослідження в цих напрямках ведуться у провідних наукових центрах в Україні та за кордоном: Інститут рідких кристалів, Кент, США. Інститут передових досягнень науки та технології (AIST). Тсукуба, Японія. Чунгнам національний Університет, Теаджон, Республіка Корея, Інститут Штефана, Любляна, Словенія, Університет Любляни, Словенія. В деяких напрямках досліджень співробітники нашого відділу займають провідні позиції в світі.

#### **- Новизна Проєкту (до 400 знаків)**

Новизна досліджень за представленою темою полягає в систематичному застосуванні методів синергетики в пошуку законів самоорганізації в нерівноважних процесах в колоїдних системах а також в застосуванні математичних методів для опису інших відкритих систем.

#### **- Методологія дослідження (до 400 знаків)**

Для проведення кількісного і якісного аналізу отриманих результатів будуть використані сучасні методи теоретичної фізики, молекулярної біології, хімічної кінетики та теорія динамічних систем. В ході виконання роботи будуть виконані також фундаментальні дослідження статистичних і кінетичних властивостей слабо іонізованої заповненої плазми, звичайних та рідкокристалічних колоїдів зокрема. Всі числові розрахунки будуть виконані на сучасних комп'ютерах.

## **5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:**

В результаті проведених досліджень можна стверджувати, що запропонована низка теоретичних моделей впливу зовнішніх чинників (наявність магнітного або електричного поля) на динаміку окремих частинок) а також на вивчення умов взаємодії між активними колоїдними частинками за рахунок спричинених деформацій пружного поля середовища. Для цього були вивчені основні види та характер взаємодій в даних системах і відповідно побудовані загальні схеми нерівноважних процесів в них. Для проведення кількісного і якісного аналізу отриманих результатів використані наявні експериментальні результати.

Вирішена проблема появи квадрупольного характеру взаємодії між феромагнітними голками за рахунок невпорядкованої орієнтації окремих доменів. Також запропонована модель взаємодії між нано дротинками в змінному магнітному полі а також виявлено характер руху окремої колоїдної частинки в змінному електричному полі. За допомогою комп'ютерного моделювання дослідження перенесення заповнених частинок випадковим електричним полем в плазмі. Аналітично описали періодичні в часі зміни молекул у моношарах, що складаються з видовжених молекул і які неперервно опромінювались лазером, за допомогою механізму локальної зміни температури. Запропонована розширена нестационарна теорія Гінзбурга-Ландау для надпровідників з домішками яка є Лоренц-коваріантною в той же час як динаміка електронів провідності залишається нерелятивістською.

Для теоретичного опису фотоіндукованих хвиль і, відповідно, для опису поведінки рефрактивного індексу (показника заломлення) в моношарах, які складаються з видовжених молекул, ми використали механізм локальних флуктуацій температури. Такий механізм пов'язаний з конформаційними переходами молекул моношару. Встановлено, що механізм локальних температурних флуктуацій можна використати для опису видовжених молекул будь-якого моношару, які трансформуються під дією лазерного опромінення. Математично динаміку рефрактивного індексу можна описати за допомогою кінетичного рівняння для густини збуджених молекул або рівняння теплопровідності, які є взаємопов'язаними нелінійними рівняннями та враховують процеси, що впливають взаємно. Кінетичне рівняння, з яким ми мали справу, є прикладом реакційно-дифузійного рівняння, яке має розв'язок у вигляді хвилі.

Продемонстрували, що коливання Голдстоуна не можуть супроводжуватися коливаннями густини заряду, вони генерують лише поперечне поле як результат граничної умови і це є струми. Це виражається в тому, що має місце механізм Андерсона-Хіггса: коливання фази поглинаються калібрувальним полем, отже чисті Голдстоунові коливання стають неспостережувальними. Глибина проникнення залежить від частоти, зростає з частотою, і така частота існує, що глибина стає нескінченно великою. Це головний результат розширеної нестационарної теорії Гінзбурга-Ландау

Розраховано коефіцієнти перенесення порошинок поперек магнітного поля під впливом випадкового електричного поля. Показано, що накопичення заряду призводить до зростання дисперсії частинок в порівнянні із випадком, коли порошок не змінює заряд. Для випадку флуктуації заряду порошок навколо рівноважного значення середньоквадратичне зміщення нехтувано відрізняється від середньоквадратичного зміщення порошинок зі сталим зарядом. Розрахунки на основі рівнянь статистичного підходу узагальненні шляхом усереднення флуктуацій заряду.

### **5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)**

Основні результати отримані вперше і мають підтвердження експериментом. Деякі передбачення будуть перевірені в лабораторіях США та Південної Кореї.

### **5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами**

В тих напрямках які вказані в результатах роботи аналоги нам не відомі.

**5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)**

Практичну цінність оцінити важко але можна стверджувати що для фундаментальних досліджень отримані результати будуть мати відгук, ти більше що ми працюємо безпосередньо з лабораторіями які проводять експериментальні дослідження.

**5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.**

Такі шляхи для нас не відомі. Але з цього приводу нами вже написана книга видана в Науковій думці (2018р). «Рідкокристалічні колоїди; деякі аспекти теорії» Б.І. Лев, О.М. Товкач та С.Б.Чернишук.

**Науковий керівник Проєкту**

Завідувач відділу синергетики

Лев Богдан Іванович

