

ЗАТВЕРДЖУЮ
Керівник підприємства/установи/організації
(Грантоотримувача)
(посада)

Директор Інституту теоретичної фізики
ім. М.М. Боголюбова НАН України
А. Г. Загородній



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок
Некласичні та гібридні кореляції квантових систем за реалістичних умов
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: Підтримка досліджень провідних та молодих вчених

Регістраційний номер Проєкту: 2020.02/0111

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0111, Некласичні та гібридні кореляції квантових систем за реалістичних умов

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

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту
Початок – 30 жовтня 2020р;
Закінчення – 2022 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн. 7 980 045 грн.

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 986 562 грн.
2-й рік 3 480 075 грн.
3-й рік 3 513 408 грн.

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту буде залучено 7 виконавців, з них:

доктори наук 1;
кандидати наук 1;
інші працівники 5.

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

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Опис неklasичних кореляцій, які залежать від доступної інформації про вимірювальні прилади, та розробка методів їхнього застосування у новітніх квантових технологіях.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

1. Знаходження методів тестування гібридних кореляцій для квантових оптичних полів.
2. Побудова теорії фотодетектування для нанодротових детекторів.
3. Опис атмосферних квантових каналів великої відстані та часової когерентності в них.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

(i) Відомо, що в квантових системах існує клас неklasичних кореляцій більш загальний, ніж квантова заплутаність. (ii) Теорія фотодетектування не адаптована під нанодротові фотодетектори, які широко застосовуються у сучасних квантових технологіях. (iii) Атмосферні канали широко використовуються у квантовій комунікації та вимагають ретельного теоретичного аналізу.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

(i) Вводиться новий клас квантових кореляцій, який потенційно може бути більш стійким щодо взаємодії з оточенням, порівняно з квантовою заплутаністю. (ii) Теорію фотодетектування буде адаптовано для нанодротових фотодетекторів. (iii) Будуть пояснені відомі експериментальні дані для квантових атмосферних каналів та запропоновані нові ідеї їхнього використання.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Три взаємопов'язані комплекси робіт буде задіяно в процесі виконання. Для досягнення мети ми будемо використовувати методи лінійного програмування, квантового фазового простору, теорії пуассонівських процесів, комбінаторний аналіз, теорії розповсюдження випромінювання у випадкових середовищах, функції густини фотонів та фазових екранів.

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

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

Були отримали гібридні нерівності Белла, що дозволяють тестувати квантові кореляції, якщо відома інформація про один з вимірювальних приладів. Показано, що відповідні кореляції зберігаються в умовах реальних експериментів. На конкретних прикладах продемонстровано, що гібридні кореляції зберігаються навіть для тих станів, що не є заплутаними.

Отримано явний вираз для нерівностей Белла на випадок, якщо одна із сторін вимірює дискретну, а інша неперервну змінну. Для цієї задачі було пов'язано явище неklasичності розподілів квазіймовірності із нелокальністю Белла. Виявилось, що останнє являє собою приклад більш сильних кореляцій. У цьому контексті нами було введено поняття основної задачі нелокальності Белла. Її частинний розв'язок залежить від наявної у нас інформації про вимірювальні прилади.

Отримано формулу фотодетектування для нанодротових детекторів. На підставі неї розраховані розподіли ймовірностей числа імпульсів у заданому часовому інтервалі для когерентного стану, фоківського стану та стану стисненого вакууму. Було продемонстровано суттєвий вплив "гнучкого" мертвого часу нанодротових детекторів на статистику фотовідліків.

Для задачі атмосферних квантових каналів великої відстані отримані аналітичні вирази та побудовано числові моделі для усередненого за апертурою сцинтиляційного індексу. Результати виявилися такими, що добре описують результати певних експериментів.

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

Дослідження має фундаментальний характер та не передбачає створення науково-технічної продукції.

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

Дослідження має фундаментальний характер та не передбачає проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок.

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

Теорія фотодетектування для нанодротових фотодетекторів може знайти своє застосування при розробці приладів захищеного квантового зв'язку та оптичних квантових комп'ютерів. Крім того, відповідна теорія виявиться у нагоді практично у всіх сферах застосування відповідних детекторів. Розуміння того, чи можна функцію густини фотонів застосовувати до квантових каналів великої відстані, буде використано у наступних етапах виконання цього Проєкту. Якщо результат буде позитивним, її буде безпосередньо застосовано до побудови розподілу імовірності прозорості (probability distribution of transmittance, PDT), що є основною характеристикою квантових атмосферних каналів. У протилежному випадку ми будемо розглядати альтернативні методики, або шукати причини відповідних розбіжностей. Теорія гібридних кореляцій у подальшому може бути застосована до удосконалення на її основі існуючих протоколів захищеного квантового зв'язку. Крім того, вона сама по собі буде являти значний внесок у коректне розуміння фундаментальної природи квантових кореляцій, що у подальшому може призвести до появи принципово нових ідей у квантовій інформації та основ квантової фізики.

Примітка: Анотований звіт не повинен містити відомостей, заборонених до відкритого опублікування

Науковий керівник Проєкту

провідний науковий співробітник

(посада)

А. О. Семенов

ПІБ



(підпис)