

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії, Єременко Іван Сергійович, 1999 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2022 році Київський національний університет імені Тараса Шевченка за спеціальністю «Фізика та астрономія», навчається в аспірантурі Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, місто Київ, виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Теоретична фізика».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом директора Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України від «10» липня 2026 року № 10/01-02, у складі:

Голова разової спеціалізованої вченої ради -

Іоргов Микола Зіновійович, доктор фіз.-мат. наук, завідувач лабораторії теорії інтегровних систем Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

Рецензенти -

Назаренко Андрій Володимирович, доктор фіз.-мат. наук, провідний науковий співробітник відділу математичних методів в теоретичній фізиці Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

Стародуб Іван Олексійович, кандидат фіз.-мат. наук, вчений секретар Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

Офіційні опоненти -

Сотніков Андрій Геннадійович, член-кореспондент Національної академії наук України, доктор фіз.-мат. наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу статистичної фізики та квантової теорії поля Інституту теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут».

Гнатенко Христина Павлівна, член-кореспондент Національної академії наук України, доктор фіз.-мат. наук, старший дослідник, професор кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука Львівського національного університету імені Івана Франка.

на засіданні «17» вересня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - Природничі науки Єременку Івану Сергійовичу на підставі публічного захисту дисертації «Реалістичні вимірювання багатомодового квантового світла» за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Дисертацію виконано в Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. Науковий керівник Семенов Андрій Олександрович, доктор наук з галузі «Природничі науки», старший науковий співробітник, член-кореспондент НАН України, провідний науковий співробітник відділу синергетики та керівник групи квантової оптики та квантової інформації Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису. Повністю відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами). Порушень академічної доброчесності в дисертації та в наукових працях, у яких було представлено результати дисертації, не виявлено.

Здобувач має 2 наукові публікації за темою дисертації, з них 2 опубліковані у науковому журналі квартилю Q1:

1. V. S. Kovtoniuk, I. S. Yeremenko, S. Ryl, W. Vogel, and A. A. Semenov, "Nonclassical correlations of radiation in relation to Bell nonlocality," *Phys. Rev. A* 105, 063722 (2022).
2. I. S. Yeremenko, M. A. Dmytruk, and A. A. Semenov, "Realistic photon-number resolution in Gaussian boson sampling," *Phys. Rev. A* 110, 043715 (2024).

У дискусії взяли участь (голова, рецензенти, офіційні опоненти, інші присутні) та висловили зауваження:

Офіційний опонент Х. П. Гнатенко:

- 1) У дисертаційній роботі обґрунтовано важливість урахування реалістичних характеристик фотодетекторів. Підсиленню роботи сприятиме ширше обговорення того, наскільки запропоновані підходи та отримані результати змінюються у випадку інших моделей неідеальності детекторів.
- 2) Наявні незначні неточності в оформленні літератури. Зокрема, у посиланні 16 пропущено видання *Progress in Optics*. У посиланнях 86, 87, 90 та 91 для одного автора (K. Brádler) використано різні варіанти написання прізвища.
- 3) Рисунок 3.5 та 3.6 мають надто дрібні розміри, зокрема підписи осей, що дещо ускладнює аналіз представлених результатів.
- 4) Результати дослідження представлено автором на двох конференціях. Бажаним було б ширше представлення отриманих наукових результатів на міжнародних наукових заходах у майбутньому, що сприятиме їх поширенню та використанню іншими дослідниками.

Офіційний опонент А. Г. Сотніков:

- 1) У формулі (1.62) вперше використано абревіатуру TMSV, хоча у списку скорочень на с. 16 його явно не розшифровано. Там лише наявна абревіатура українською ДМСВС — двомодовий стиснений вакуумний стан; для узгодженості варто було би навести пояснення щодо еквівалентності скорочення англomовному аналогу — two-mode squeezed vacuum (TMSV).
- 2) Розглянута в розділі 2 гібридна схема і критерії в підрозділах 2.5-2.6 сформульовані для двомодового (біпартитного) випадку, тоді як апарат розділу 1 і задача гаусівської бозонної вибірки в розділі 3 явно багатомодові. Чи можна узагальнити КХШХ-подібний критерій локального реалізму та тест на фазово-просторову неklasичність на багатосторонній/багатомодовий випадок (наприклад, кілька пар гомодин і пороговий детектор), і чи очікується збереження тієї самої якісної картини — локальний реалізм зберігається, але фазово-просторова неklasичність присутня?
- 3) У підрозділі 3.1 (с. 97–99) автор явно виключає з розгляду темнові відліки, післяімпульси, нестабільність інтерферометра та спектральну/просторову розрізнюваність фотонів. Було б корисно дізнатися, чи можуть ці ефекти бути включені в той самий формалізм ДОЗМ без істотної зміни його структури, і чи слід очікувати, що врахування, наприклад, темнових відліків якісно змінить висновок про корисність часткового розрізнення чисел фотонів для валідації гаусівської бозонної вибірки.
- 4) У чисельних ілюстраціях (підрозділ 3.9) використано значення на кшталт $K=3$ для масиву порогових детекторів і $\tau_d=0,25\tau_m$ для мертвого часу лавинного фотодіоду, які, судячи з тексту, є ілюстративними. Наскільки ці значення відповідають характеристикам реальних лавинних фотодіодів чи масивів надпровідникових нанодротових однофотонних детекторів, що застосовуються в сучасних експериментах з гаусівської бозонної вибірки? Чи зберігається продемонстроване покращення валідаційної здатності при використанні реалістичних (взятих з експерименту) значень цих параметрів?

Рецензент А. В. Назаренко:

- 1) При аналізі результатів другого розділу складається враження про надмірне ускладнення теоретичного аналізу нелокальності. Аналітична формула (2.47) для спільної статистики гібридної схеми сама по собі є самодостатньою і демонструє наявність квантових міжмодових кореляцій. Хоча здобувач математично строго пов'язує цей розподіл із межами порушення умов локального реалізму Белла, деталізований аналіз виглядає переобтяженим. Постає питання, чи можна спростити критерій неklasичності для його практичного застосування в експерименті?

Рецензент І. О. Стародуб:

- 1) Запропоновані в розділі 3 процедури валідації з використанням згрупованих орбітальних статистик є практичним способом перевірити узгодженість доступних даних із цільовою моделлю, але вони не є повною сертифікацією квантової переваги, оскільки повний розподіл для великих систем недоступний для прямого аналізу.
- 2) Побудована теоретична модель фотодетектування розглядає детектори, які діють суто локально на окремі вихідні моди і мають добуткову структуру ДОЗМ, а також виключно вхідні гаусівські стани без когерентного зміщення. Таким чином, модель не враховує можливого виникнення додаткових міжмодових кореляцій саме на етапі вимірювання та низки реальних фізичних ефектів, таких як перехресні завади, темнові відліки, післяімпульси, нестабільність інтерферометра, спектральна чи просторова розрізняюваність фотонів. Автор також використовує припущення, що детектор не може зареєструвати більше подій, ніж було поглинуто фотонів, що виключає появу додаткових хибних відліків.
- 3) Залишається відкритим питання, як саме зміниться матрично-функціональний вираз, якщо додати до моделі ДОЗМ, наприклад, темнові відліки чи післяімпульси, або на вхід інтерферометра подавати гаусівські стани з ненульовим зміщенням?
- 4) Для лавинних фотодіодів аналітичні спрощення матрично-функціонального виразу вдалося отримати лише для обмеженого підпростору подій - патернів без кратної реєстрації, де в кожній моді фіксується не більше одного імпульсу. Як ефективно обчислювати відповідні матричні функціонали, якщо в одну моду потрапляє кілька фотонів?

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Єременку Івану Сергійовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 10 "Природничі науки" за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради

Микола ІОРГОВ

Засвідчую:

Вчений секретар

Інституту теоретичної фізики

ім. М.М. Боголюбова

Національної академії наук України

кандидат фізико-математичних наук



Іван СТАРОДУБ