

**ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Гнатенко Христини Павлівни
«Одно– і багаточастинкові задачі у некомутативному просторі»,
подану на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю
01.04.02 – теоретична фізика**

Упродовж останніх двох десятиліть увага багатьох фіzikів-теоретиків зосереджена на пошуках можливостей логічного поєднання основних принципів квантової теорії з одного боку та релятивістської теорії гравітації з іншого. У цьому зв'язку поступово сформувалися уявлення про доцільність (можливо, й необхідність) відійти від деяких традиційних уявлень з тим, щоб розширити “територію”, на якій вдається досягти глибшого розуміння суті й співвідношення обох теорій. Зокрема, в теорії гравітаційної взаємодії прикметним є вихід за рамки класичної загальної теорії відносності, сторічний ювілей якої відзначаємо цього року, розроблення різних її альтернативних варіантів. Водночас певні “зустрічні” кроки робляться з боку квантової теорії поля, окремим прикладом чого є проведення досліджень квантових явищ за умов некомутативності простору і відповідного його квантування.

Дисертація присвячена розв'язанню низки пов'язаних між собою задач, кожна з яких є кроком у з'ясуванні впливу врахування некомутативності координат на властивості одночастинкових і багаточастинкових систем у некомутативному просторі. Серед них опис в ньому багатьох частинок та оцінка верхньої межі параметра некомутативності, впливу гравітаційного поля, властивостей атома водню у сферично-симетричному некомутативному просторі.

Актуальність теми дисертації безпосередньо випливає з активних пошуків шляхів побудови квантової теорії гравітаційної взаємодії, які проводяться у відомих міжнародних наукових центрах. Важливо, що в дисертації Гнатенко Х.П. представлено результати, які містять конкретні числові оцінки явищ, пов'язаних з квантованістю простору.

Наукову новизну дисертації забезпечують:

- 1). Отримання й аналіз виразу для ефективного параметра некомутативності, що описує рух центра маси системи частинок у некомутативному просторі.
- 2). Побудова сферично-симетричної некомутативної алгебри, еквівалентної некомутативній алгебрі канонічного типу.
- 3). Дослідження атома водню із знаходженням поправок до енергетичних рівнів, зумовлених некомутативністю координат.
- 4). Розв'язання задачі про рух частинки в однорідному полі у сферично-симетричному некомутативному просторі канонічного типу з виявленням впливу некомутативності на величину маси частинки.
- 5). Запровадження умов для відновлення принципу еквівалентності в сферично-симетричному некомутативному просторі.

Перелічені положення наукової новизни апробовані у доповідях на міжнародних конференціях (14 тез різних конференцій і статті у матеріалах конференцій), а також у шістьох журнальних статтях. Результати, представлені в дисертації, цитуються зарубіжними вченими у відомих міжнародних журналах.

Дисертація складається зі змісту, вступу, шести розділів, висновків і списку використаних джерел. Праця викладена на 129-ти сторінках. Бібліографія містить 110 найменувань, викладених на 16-ти сторінках.

Вступ містить обґрунтування актуальності обраної теми, зв'язок роботи з науковими темами і проектами, формулювання мети та задач дослідження, висвітлення наукового та практичного значення отриманих результатів, виділено особистий внесок здобувача й вказано на апробацію результатів дисертації.

Розділ 1 присвячено оглядові літератури за тематикою досліджень з акцентуванням уваги на пionерські ідеї та результати Гайзенберга, Пайерлса, Снайдера. Подано означення основних величин у некомутативному просторі, представлено приклади задач, розглянутих раніше іншими авторами, звернуто увагу на невирішенні ними проблеми.

У **розділі 2** подано результати оригінальних досліджень, які суттєво доповнюють й уточнюють висновки інших авторів стосовно специфіки опису системи частинок у некомутативному просторі. окремо виділено випадок двох частинок у двовимірному просторі. Показано, як задача про рух двох взаємодіючих частинок у некомутативному просторі зводиться до задачі про рух центра маси та відносного руху, визначено умову, за якої координати центра маси й координати відносного руху є незалежними. Для системи N частинок у двовимірному просторі взято до уваги ефективний параметр некомутативності, завдяки чому отримано уточнені оцінки верхньої межі для параметра некомутативності елементарних частинок.

Основні результати **розділу 3** пов'язані з аналізом рівнянь руху макроскопічного тіла (частинки) у гравітаційному полі у контексті виконання принципу еквівалентності. Встановлено, що цей принцип у просторі з канонічною некомутативністю координат виконується, якщо параметр некомутативності для частинки обернено пропорційний до її маси. Показано, що аналогічна ситуація має місце для системи частинок.

Розділ 4 містить результати, які стосуються опису фізичних явищ у тривимірному некомутативному просторі, що потребує поглибленого аналізу властивості сферичної симетрії. Для цього в роботі запроваджено сферично-симетричну некомутативну алгебру, еквівалентну алгебрі канонічного типу. Використано узагальнений параметр некомутативності та додаткові координати, які комутують з операторами координат та імпульсів.

Традиційно атом водню є важливим об'єктом, на якому апробуються різні підходи до опису квантових систем. У **розділі 5** дисертації основна увага зосереджена власне на дослідженні властивостей атома водню у сферично-симетричному некомутативному просторі й підставою для цього є результати попереднього розділу. Взято до уваги два можливі варіанти побудови сферично-симетричної некомутативної алгебри й встановлено, що знайдені поправки до енергетичних рівнів атома водню є однаковими для цих випадків. Отримано нерівність, яка накладає сильніше обмеження на величину параметра некомутативності, ніж відоме в літературі на основі даних для лембівського зсуву.

У **розділі 6** продовжено вивчення специфіки впливу на рух частинки гравітаційного поля, тепер у сферично-симетричному некомутативному просторі. Поле вважається однорідним, що дало змогу провести відповідні обчислення точно, без наближення за малим параметром некомутативності. Проаналізовано анізотропію маси частинки, зумовлену некомутативністю координат, встановлено умови, за яких виконується принцип еквівалентності у сферично-симетричному некомутативному просторі.

У висновках підведено підсумки досліджень із виділенням основних оригінальних результатів.

У процесі досліджень дисертант ефективно використовує методи і підходи сучасної теоретичної фізики,

Достовірність одержаних результатів та висновків випливає із коректності відповідних граничних переходів при виконанні обчислень, їх зіставлення з результатами,

отриманими іншими авторами, високого рівня апробації матеріалу в журнальних статтях та доповідях на конференціях і семінарах.

Робота виконана у Львівському національному університеті імені Івана Франка згідно з держбюджетною темою і проектом Державного фонду фундаментальних досліджень.

Зауваження

1). При обговоренні принципу еквівалентності на с. 43 дисертаційної роботи слід розділяти два формулювання принципу еквівалентності – в термінах закономірності вільного падіння і рівності інертної та гравітаційної мас: у першому випадку в літературі використовують термін “слабкий принцип еквівалентності”, в другому – “найбільш слабкий принцип еквівалентності”, маючи на увазі ще різні формулювання сильного принципу еквівалентності.

2). Доцільно було б зазначити, як змінюються співвідношення, отримані в дисертації, за умов урахування релятивістських ефектів, наприклад, коли замість ньютонівського закону падіння брати до уваги рівняння геодезійних ліній у полі Шварцшильда.

3). Числові оцінки, подані в дисертації, не здійснило б доповнити даними для нейтріно, що є актуальним в контексті експериментів і спостережень у рамках проекту IceCube.

Вказані зауваження не знижують загальну високу оцінку дисертації Гнатенко Х.П. і не применшують її наукове значення. Дисертація є завершеним науковим дослідженням. Матеріал викладено послідовно і чітко. Дисертант проявила високу наукову ерудицію, вміння самостійно розв'язувати наукові задачі. Теоретичне значення і практична цінність основних положень, результатів і висновків дисертаційної роботи не викликають сумніву.

Автореферат дисертації відображає її зміст на належному рівні. Опубліковані статті і тези доповідей охоплюють всі положення, результати і висновки дисертаційної роботи.

За науковим рівнем і обсягом проведених досліджень дисертаційна робота Христини Павлівни Гнатенко «Одно – і багаточастинкові задачі у некомутативному просторі» відповідає всім вимогам ВАК України до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Доктор фіз.-мат. наук,
провідний науковий співробітник
Інституту прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України

Р.М. Пляцко

Підпис Р.М. Пляцка засвідчує:
Вчений секретар
Інституту прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України
кандидат фіз.-мат. наук 06.10.2016



В.О. Міщенко