

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Самара Миколи Івановича
«Класичні та релятивістські квантові задачі в просторі з мінімальною довжиною»,
подану на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю
01.04.02 – теоретична фізика

Дисертація присвячена розвиткові концепції щодо застосування деформованих комутаційних співвідношень з мінімальною довжиною як однієї з можливостей узгодити основні принципи квантової теорії і теорії гравітації. При цьому враховано напрацьовані Кемпфом із співавторами у 1994-1997 роках підходи.

Актуальність теми дисертації зумовлена активними зусиллями фізиків-теоретиків у провідних наукових центрах, спрямованих на розв'язання проблеми квантування гравітаційного поля, зокрема через модифікацію базових співвідношень квантової механіки.

Наукову новизну дисертації забезпечують:

1). У контексті дослідження модифікованого комутаційного співвідношення з мінімальною довжиною отримано необхідну умову фізичності хвильової функції. Встановлено, що максимально локалізовані стани можуть бути зображені як лінійна комбінація двох власних станів оператора координати.

2). Аналіз нових розв'язків рівняння Шредингера в імпульсному представленні за умов деформованого простору з мінімальною довжиною, які описують одновимірні випадки для частинки в дельта-ямі, подвійній дельта-ямі та з урахуванням кулонівського потенціалу.

3). Отримання точного розв'язку для одновимірної задачі Кулона у випадку деформованої алгебри Гайзенберга з мінімальною довжиною.

4). Оцінка поправок до енергетичних рівнів атома водню у просторі із лоренц-коваріантною деформованою алгеброю з відмінним від нуля бета-параметром.

5). Розвинуто метод модифікованої теорії збурень для особливих станів атома водню, для яких незастосовна звичайна теорія збурень.

Перелічені положення наукової новизни апробовані у доповідях на міжнародних конференціях (в 16 тезах різних конференцій і стаття у матеріалах конференції), а також у п'ятьох журнальних статтях.

Дисертація складається зі змісту, вступу, шести розділів, висновків і списку використаних джерел. Праця викладена на 127-ми сторінках. Бібліографія містить 110 найменувань, викладених на 16-ти сторінках.

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

Розділі 1 присвячено оглядові літератури за тематикою досліджень з акцентуванням уваги на піонерські ідеї та результати Гайзенберга, Пайерлса, Снайдера, а також на більш пізні підходи Кемпфа та ін. Подано стислу характеристику основних комутаційних співвідношень, які розглядались у літературі, як і тих конкретних фізичних задач, що досліджувались на їх основі, звернуто увагу на невирішені проблеми. Підкреслено, що незначна модифікація канонічних комутаційних співвідношень може значно змінити висновки про поведінку конкретної квантової системи.

У **розділі 2** після встановлення того, що власні стани оператора координати є нефізичними (зокрема, через розбіжність середнього значення кінетичної енергії), взято до уваги максимально локалізовані стани, які задовольняють умову фізичності. Розроблено процедуру зображення хвильової функції у вигляді лінійної комбінації зліченої множини максимально локалізованих станів.

Основні результати **розділу 3** пов'язані з дослідженням рівняння Шредингера в імпульсному представленні в деформованому просторі з мінімальною довжиною за припущення, що ядро потенціальної енергії незмінне за деформованого комутаційного співвідношення. Для випадку дельта-потенціалу Дірака встановлено, що відповідна система має один зв'язаний стан, як і в недеформованому просторі. Водночас отримано першу поправку до рівня енергії, пропорційну до квадратного кореня від бета-параметра. Введено означення оберненого оператора для оператора координати із збереженням його ермітовості.

Розділ 4 присвячено вивченню задачі Кулона для одновимірного рівняння Шредингера на основі деформованої алгебри Гайзенберга. Досліджено вплив функцій деформації на енергетичний спектр задачі Кулона, розглянуто три конкретні приклади. Встановлено, що для різних функцій деформацій знак і абсолютна величина поправок до енергетичних рівнів суттєво відрізняються.

Атом водню є важливим об'єктом, на якому апробуються різні підходи до опису квантових систем. У **розділі 5** розглянуто атом водню в теорії Дірака з лоренц-коваріантною деформованою алгеброю застосовуючи теорію збурень. Розглянуто випадок, коли один з бета-параметрів додатний, а інший дорівнює нулеві. Використано сферичні координати разом з канонічним перетворенням. Після процедури усереднення оператора збурення на власних функціях недеформованого релятивістського атома водню отримано поправку до енергетичного спектру, залежну від квантових чисел p і k .

У **розділі 6** вивчено можливості застосування певної модифікації теорії збурень для обчислення поправок до енергетичних рівнів атома водню за їх неаналітичної залежності від параметра деформації. Для цього використано аналогію із нерелятивістським випадком. Отримано оцінку верхньої межі для мінімальної довжини.

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 впливає 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 різних підходів, які розробляються для узгодження квантової механіки і загальної теорії відносності з метою квантування гравітаційного поля, доцільно було б вказати на пропонувану Аланом Костелецьким та іншими дослідниками можливість порушення лоренц-інваріантності за умов високоенергетичних процесів у малих масштабах.

2). Ймовірно, при характеристиці релятивістського атома водню як “ідеального об'єкта” для перевірки існування мінімальної довжини (с. 27) було б більш відповідним замість слова “ідеальний” вжити менш категоричне, наприклад “перспективний”.

3). Оскільки відомо, що чисельні значення релятивістських фізичних ефектів суттєво залежать від ступеню релятивізму (слабко релятивістські, просто чи середньо релятивістські та ультрарелятивістські) цікаво було б знати, як це може відобразитися в нових задачах у подальших дослідженнях з обраної тематики.

Вказані зауваження не знижують загальну високу оцінку дисертації Самара М.І. та не применшують її наукове значення. Дисертація є завершеним науковим дослідженням. Матеріал викладено послідовно і чітко. Дисертант проявив 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 Самара Миколи Івановича «Класичні та релятивістські» 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. Плячка засвідчую:
Вчений секретар
Інституту прикладних проблем механіки і математики
ім. Я.С. Підстригача НАН України
кандидат фіз.-мат. наук



14.06.2017

В.О. Міщенко