

ВІДГУК

офіційного опонента **Корчина Олександра Юрійовича** на дисертаційну роботу **Дяченка Михайла Михайловича** «Резонансні ефекти при розповсюдженні фотонів в магнітному полі» подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Дисертаційна робота Дяченка М. М. присвячена теоретичному дослідженню резонансних і поляризаційних ефектів в квантово-електродинамічних (КЕД) процесах другого порядку в сильному магнітному полі, а саме – народження електрон-позитронної пари фотоном з послідовною анігіляцією в один фотон та двофотонне народження e^-e^+ пари, а також гальмівної здатності електронного газу з врахуванням другого борнівського наближення.

Актуальність роботи обумовлена існуванням сильних магнітних полів в магнітосфері нейтронних зірок, які досягають критичного значення поля Швінгера. Крім того, в сучасних експериментах із зіткнень важких релятивістських іонів, в області між іонами можуть виникати сильні магнітні поля, які близькі до критичного поля. В більшості досліджень при аналізі зіткнень важких іонів враховується лише кулонівська взаємодія, а утворення електрон-позитронних пар у присутності магнітного поля досліджено недостатньо. В таких умовах можливе протікання резонансних процесів КЕД у другому порядку по α_{em} , які вносять суттєві зміни в фізику явищ в магнітосфері пульсарів та у зіткненнях важких іонів.

Інший напрям роботи, який важливий для методу електронного охолодження, це проблема втрат енергії різнойменно заряджених частинок, що рухаються крізь замагнічений електронний газ. Зокрема, це важливо для проекту HESR ('High-Energy Storage Ring'), GSI, м.Дармштадт, Німеччина, в якому буде використано електронне охолодження для одержання прецизійних пучків антипротонів ($\Delta p/p \sim 10^{-5}$). Тому я вважаю, що тема дисертаційної роботи Дяченка М. М. є актуальною.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів основного тексту, висновків та списку використаних джерел. Повний обсяг роботи – 125 сторінок. Структура роботи логічно відповідає темі дослідження.

У вступі автор обґрунтовує актуальність теми, формулює мету і завдання дослідження, формулює наукову новизну результатів, їх наукове і практичне значення, вказує особистий вклад, інформацію про апробацію дисертації і публікації.

В першому розділі автор дає огляд робіт, присвячених вивченню квантово-електродинамічних процесів першого та другого порядків за сталою тонкої структури в магнітному полі, та задачі проходження зарядженої частинки крізь електронний газ. Описано основні теоретичні досягнення у вивченні КЕД процесів в

сильному магнітному полі. Вказано характерні параметри електронного охолоджувача та приводяться найбільш важливі проблеми теоретичного дослідження цього методу. Перший розділ дає вичерпну картину попередніх досліджень у цій галузі фізики.

В другому розділі розглянуто процес резонансного розповсюдження поляризованого фотона в сильному магнітному полі. Основна увага приділяється розрахунку поляризаційних характеристик фотона.

В третьому розділі містяться результати для перерізів резонансного процесу народження електрон-позитронної пари двома фотонами у наближенні низьких рівнів Ландау. Проведено порівняння внесків процесів однофотонного та резонансного двофотонного народження пари в механізм генерації електрон-позитронної плазми в магнітосфері нейтронних зірок.

В четвертому розділі автор викладає результати розрахунків процесу гальмування зарядженої частинки в електронному газі методами квантової теорії поля. Детально досліджено електричну сприйнятливості замагніченого електронного газу. Одержано оцінку втрат енергії зарядженої частинки, що рухається крізь електронний газ, з врахуванням другого борнівського наближення у КЕД.

У Висновках наведені головні наукові результати, здобуті у дисертації.

Апробація дисертації. Основні положення і висновки дисертації повністю відображені у п'яти публікаціях у спеціалізованих наукових журналах, які входять до переліку журналів ДАК МОН України. Дисертант доповідав результати дисертації на міжнародних школах і конференціях, опубліковано 7 тез доповідей.

Найбільш важливими результатами дисертаційної роботи на мій погляд є наступні:

1. Встановлено, що при розповсюдженні поляризованого фотона в сильному магнітному полі у більшості випадках кінцевий фотон має аномальну лінійну поляризацію. Винятком є випадок нормальної лінійної поляризації початкового фотона, коли фотон розповсюджується без зміни своєї поляризації.
2. Показано, що переріз резонансного двофотонного народження електрон-позитронної пари на збудженні рівні Ландау є найбільшим по порядку величини для народженої пари з напрямками спінів $\mu^- = -1$, $\mu^+ = +1$ та аномальної лінійної поляризації “жорсткого” фотона.
3. Проаналізовано вплив резонансного двофотонного процесу народження пари на генерацію електрон-позитронної плазми в магнітосфері зірок-пульсарів. Знайдено критичну концентрацію вторинного випромінювання, при якій процес другого порядку стає порівняним з процесом першого порядку.
4. Досліджено вплив знаку заряду на втрати енергії частинки в електронному газі методами квантової теорії поля та показано, що виконується оптична теорема не тільки для КЕД процесів, а також і для процесу гальмування частинки в області близьких зіткнень.

Практична значимість дисертації пов'язана з тим, що результати можуть бути застосовані для вирішення важливих фізичних задач: проблеми відмінності втрат енергії різнойменно заряджених частинок, які рухаються крізь електронний газ у магнітному полі, та для розуміння механізмів генерації електрон-позитронної плазми в магнітосфері зірок-пульсарів.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно або при його безпосередній участі.

Достовірність і обґрунтованість результатів дисертації обумовлена використанням добре розроблених методів квантової електродинаміки та порівнянням нових одержаних результатів з результатами інших авторів у відповідних граничних випадках.

До недоліків дисертації потрібно віднести наступні:

1. У підрозділі 3.4 для оцінки швидкості народження пар при резонансному процесі другого порядку вибрано деяку радіаційну ширину. Доцільно було б пояснити її фізичний зміст.
2. На Рис.1.3 та Рис.1.4 у розділі 2 показана ймовірність процесу і вказані параметри Стокса ξ_i початкового фотону, але не вказано, для яких параметрів Стокса ξ_i кінцевого фотону проведено розрахунки.
3. У розділі 2 (підрозділ 2.2) розраховується ймовірність процесу резонансного проходження фотона у магнітному полі в залежності від параметрів Стокса початкового і кінцевого фотонів. Бажано було б чітко визначити систему координат, відносно якої ці параметри Стокса визначені. Інакше не дуже зрозуміло, що означає „нормальна” ($\xi_3 = -1$) і „аномальна” ($\xi_3 = +1$) лінійні поляризації фотона.
4. Технічні зауваження: а) у розділі 2 нумерацію рисунків 2.1, 1.2, 1.3, 1.4, потрібно замінити на 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, б) замість „ступінь поляризації” краще використовувати „ступінь поляризації”.

Однак наведені зауваження не впливають на достовірність і значимість одержаних автором результатів, і не знижують загальну вельми позитивну оцінку дисертації Дяченка М.М.

Матеріал у дисертації викладено послідовно і акуратно роз'яснений. У кожному розділі є висновки. Автореферат правильно відбиває зміст і основні положення дисертації.

На мій погляд дисертаційна робота Дяченка Михайла Михайловича є закінченою науково-дослідною роботою. Здобуті в дисертації результати є важливими для подальшого розвитку фізики нейтронних зірок та для опису процесу електронного охолодження антипротонів. Результати можуть бути використані в дослідженнях, які виконуються в ІПФ НАН України, ІТФ НАН України, ННЦ ХФТІ

НАН України, Київському національному університеті ім. Тараса Шевченка, Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна, у міжнародних проєктах SPARC ('Stored Particles Atomic Physics Research Collaboration') і HESR ('High Energy Storage Ring') у м.Дармштадт, Німеччина, та інших наукових центрах.

Таким чином, за актуальністю теми дисертації, обсягом досліджень, новизною здобутих результатів я вважаю, що дисертаційна робота «Резонансні ефекти при розповсюдженні фотонів в магнітному полі» задовольняє вимогам Атестаційної колегії МОН України до кандидатських дисертацій і „Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, а її автор, Дяченко Михайло Михайлович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Завідувач відділу “Квантово-електродинамічних явищ і електродинаміки адронів”
Інституту теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера
ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України
доктор фізико-математичних наук



О.Ю. Корчин

Підпис О.Ю. Корчина засвідчую.

Вчений секретар ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАН України
кандидат фізико-математичних наук



О.В. Волобуєв



“ 18 ” 09 2016 р.