

ВІДГУК

офіційного опонента 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

Актуальність досліджень квантово-електродинамічних процесів у сильному магнітному полі, яке близьке до критичного поля Швінгера ($4,41 \cdot 10^{13} \text{ Гс}$), пов'язана з наявністю у природі таких фізичних об'єктів як нейтронні зірки, в магнітосфері яких магнітні поля досягають таких значень. У таких об'єктах процеси другого порядку за сталою тонкої структури можуть мати резонансний характер. У цьому випадку ймовірність таких процесів стрімко зростає, і вони вносять суттєвий внесок у картину основних явищ, що мають місце в магнітосфері пульсарів. Так резонансний процес двофотонного народження електрон-позитронної пари двома фотонами може конкурувати з однофотонним і суттєво впливати на генерацію електрон-позитронної плазми біля поверхні нейтронної зірки. Слід також зазначити, що народження пари в сильному магнітному полі спостерігаються і в лабораторних умовах в експериментах із зіткненням важких іонів. Магнітні поля рухомих іонів можуть досягати критичного значення вже при енергії зіткнення поблизу кулонівського бар'єру.

Також зазначимо, що актуальність досліджень, які проведені в дисертаційній роботі, пов'язані з проблемою різної втрати енергії різнойменно зарядженими частинками за умови руху в замагніченому електронному газі під час електронного охолодження пучка. Усі існуючі теорії (метод парних зіткнень, діелектрична модель) не пояснюють цього ефекту (втрати енергії залежать лише від квадрата заряду частинки). Ця проблема є важливою для експериментів, які плануються на накопичувачі антипротонів HESR (High Energy Storage Ring), де планується вивчення протон-антипротонних взаємодій.

Тому дослідження резонансних ефектів при розповсюдженні фотонів у магнітному полі, які проведені у дисертаційній роботі Дяченка М.М., є актуальними й важливими. Про актуальність дисертаційної роботи також свідчить те, що проведені у дисертації дослідження є частиною держбюджетної наукової теми, яка виконувалась Інститутом прикладної фізики НАН України.

У дисертаційній роботі Дяченка М.М. отримано ряд нових результатів, які знаходять своє застосування для теоретичного опису процесів поширення поляризованого фотона з послідовним народженням та анігіляцією електрон-позитронної пари в сильному магнітному полі, резонансного двофотонного народження пари на збуджені рівні Ландау, процесу гальмування зарядженої частинки в електронному газі. До найбільш суттєвих результатів, що визначають наукову новизну, слід віднести наступні:

1) встановлено, що в процесі розповсюдження фотона в сильному магнітному полі кінцевий фотон майже завжди має аномальну лінійну поляризацію, за винятком випадку нормальної лінійної поляризації;

2) знайдено, що в резонансному процесі народження електрон-позитронної пари двома фотонами в сильному магнітному полі енергія одного з фотонів перевищує поріг однофотонного народження пари, а частота іншого кратна циклотронній;

3) одержано аналітичні вирази для резонансного перерізу процесу двофотонного народження електрон-позитронної пари з довільними поляризаціями частинок в ультраквантовому наближенні та знайдено, що переріз максимальний для додатних проєкцій магнітних моментів електрона й позитрона та аномальної лінійної поляризації жорсткого фотона;

4) проведено порівняння конкуруючих одно та резонансного двофотонного процесів народження електрон-позитронної пари для характерних параметрів магнітосфери нейтронних зірок та знайдено, що останній домінує у магнітному полі $\sim 10^{12} \text{ Гс}$ за умови концентрації циклотронних фотонів більше ніж 10^{24} см^{-3} ;

5) у рамках другого борнівського наближення отримано залежність втрат енергії зарядженої частинки в електронному газі від знаку заряду.

Обґрунтованість та достовірність отриманих результатів базується на використанні апробованих методів квантової електродинаміки. Використання цих методів дозволило авторові дисертації отримати результати у вигляді аналітичних виразів, що дуже важливо з погляду аналізу фізики досліджуваних квантових процесів та процесу втрат енергії важкої зарядженої частинки в електронному газі. У частинних випадках нові результати співпадають із раніш відомими.

Практична значимість роботи для науки і практики результатів дисертаційної роботи полягає у тому, що розвинута в роботі теорія може бути застосована для опису широкого кола задач, наприклад, для вирішення проблеми відмінності втрат енергії різнойменної заряджених частинок при русі крізь замагнічений електронний газ, для опису механізму генерації електрон-позитронної плазми в магнітосфері нейтронної зірки.

До недоліків дисертаційної роботи вважаю за доцільним віднести наступне:

1. У підрозділі 3.3 досліджується резонансний процес народження електрон-позитронної пари двома фотонами в магнітному полі. Здобувач обмежився випадком неінтерференційної області (розглядається одна діаграма Фейнмана). Було б доцільно розглянути також інтерференційну область.

2. У підрозділі 3.4 досліджується вплив резонансного двофотонного процесу на генерацію електрон-позитронної плазми в магнітосфері нейтронної зірки, розглядається граничний випадок, коли обидва фотони рухаються перпендикулярно відносно силових ліній магнітного поля. Доцільно було б розглянути довільний випадок.

3. У розділі 4 знайдено вплив знаку заряду частинки на втрати енергії в електронному газі з урахуванням другого борнівського наближення. Варто було б вказати, який вплив на даний процес може викликати магнітне поле.

Вказані вище недоліки не є принциповими й не зменшують важливість отриманих результатів.

Дисертаційна робота Дяченка М.М. є завершеним дослідженням, яке виконане на високому науковому рівні. Отримані результати є новими та узагальнюють існуючі, розширюють уявлення про механізм генерації електрон-позитронної плазми в магнітосфері нейтронних зірок, про вплив поляризаційних ефектів на перерізи резонансних процесів розповсюдження двох фотонів, а також про вплив знаку заряду на втрати енергії антипротона в електронному газі. Зміст автореферату повністю відображує сутність дисертаційної роботи. За темою дисертації опубліковано 5 статей у спеціалізованих наукових журналах. Апробація роботи представлена на міжнародних конференціях у вигляді 7 статей та тез доповідей.

Таким чином, дисертаційна робота Дяченка М.М. «Резонансні ефекти при розповсюдженні фотонів в магнітному полі» за актуальністю, новизною, практичним значенням, об'ємом і завершеністю виконаних досліджень відповідає всім вимогам щодо кандидатських дисертацій. За основними положеннями і змістом робота повністю відповідає спеціальності 01.04.02 – теоретична фізика, а її автор Дяченко Михайло Михайлович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Доктор фізико-математичних наук, доцент,
завідувач кафедри моделювання складних систем
Сумського державного університету МОН України

Підпис Лисенка О.В.

доктора фізико-математичних наук, доцента,
завідувача кафедри моделювання складних систем
засвідчую

Вчений секретар

Сумського державного університету, доцент



Лисенко

О.В. Лисенко

Рубан

А.І. Рубан