

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Хелемелі Олексія Володимировича
«Втрати енергії важкої зарядженої частинки в замагніченому електронному газі з
анізотропною температурою»,
що подана на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика

Актуальність обраної теми

Дисертаційна робота Хелемелі О. В. присвячена теоретичному дослідженню взаємодії важкої зарядженої частинки з електронним газом з анізотропним розподілом за швидкостями у зовнішньому магнітному полі. Основна увага приділена розвитку існуючих теоретичних підходів для вирішення такої задачі, врахуванню анізотропії замагніченого електронного газу, що, як було показано, має достатньо значимий вплив на втрати енергії важкої частинки. Важливість задачі, що розглядається в дисертаційному дослідженні, пов'язана з проблемою електронного охолодження – стисненням фазового об'єму пучків важких заряджених частинок, який широко використовується на накопичувальних установках. Саме завдяки взаємодії важких заряджених частинок з електронним газом вдається збільшити емітанс пучків таких частинок. Тому задача, що розглядається у дисертації, є важливою та актуальною.

На сьогодні існують теорії, що описують взаємодію важкої зарядженої частинки з електронним газом, як на основі класичного, так і квантово-механічного підходу. Однак вирази, що отримані у рамках цих теорій, записані через інтеграли, аналітичний вигляд яких можна знайти лише в ряді наближень. Виникає задача, знаходження таких інтегралів в аналітичному вигляді для довільних параметрів. Це дає змогу знаходити оптимальні параметри для охолодження пучків заряджених частинок у широкому діапазоні їх значень. Також у дисертації вперше досліджено вплив анізотропного розподілу за швидкостями електронного газу на енергетичні втрати важкої частинки. Такий розподіл виникає, наприклад, коли електронний газ розміщують у фокусувальному магнітному полі. Розв'язку таких задач і присвячена дисертаційна робота Хелемелі О. В.

Актуальність тематики проведених досліджень у дисертації також підтверджується тим, що вона є складовою частиною ряду держбюджетних науково-дослідних робіт, які виконувалися Інститутом прикладної фізики НАН України.

Основні положення та висновки роботи, їх новизна, обґрунтованість та достовірність

Обґрунтованість наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі Хелемелі О. В., базується: на застосуванні добре апробованих методів розрахунків на основі квантової теорії поля та фізики плазми; на узгодженні у граничних випадках частини результатів дисертаційної роботи з результатами, отриманими

іншими авторами. Усе це дає підставу вважати результати, які отримані у дисертаційній роботі, є достовірними.

До найбільш важливих та нових результатів слід віднести такі:

1) Уперше в рамках квантово-польового підходу знайдено аналітичні вирази для дійсної та уявної частин діелектричної сприйнятливості замагніченого електронного газу з анізотропним розподілом за швидкостями.

2) Уперше, використовуючи явний вигляд діелектричної сприйнятливості, проведено аналіз залежності енергетичних втрат важкої зарядженої частинки від швидкості з врахуванням впливу анізотропної температури електронного газу та зовнішнього однорідного магнітного поля. Показано, що у випадку відсутності зовнішнього магнітного поля для анізотропного розподілу електронів за швидкостями, коли повздовжня температура електронного газу суттєво менша за поперечну, максимум гальмівної здатності у 3 рази перевищує значення, яке отримане для ізотропного розподілу.

Значущість роботи для науки і практики

Розвинута в роботі теорія та отримані результати можуть бути застосовані для розроблення рекомендацій щодо проектування електронних охолоджувачів, що дасть змогу отримувати пучки важких заряджених частинок великої густини і з малим розкидом частинок за імпульсами.

Зауваження щодо змісту дисертації

- 1) У дисертаційній роботі термін «електронне охолодження» досить часто трактується не як зменшення *фазового об'єму пучка важких* заряджених частинок, а як *гальмування однієї важкої частинки* під час проходження через електронну плазму, що не є правильним. Так у параграфі «1.3 Теорія електронного охолодження», розділі «2 Квантова теорія поля в задачі електронного охолодження» мова йде не про зменшення фазового об'єму пучка важких заряджених частинок, а про гальмування однієї важкої частинки під час проходження через електронну плазму.
- 2) Назва розділу «2 Квантова теорія поля в задачі електронного охолодження» не відповідає матеріалу, який у цьому розділі поданий. *По-перше*, у цьому розділі мова йде про гальмування однієї важкої частинки, а не електронне охолодження (зменшення фазового об'єму пучка важких заряджених частинок). *По-друге*, 27 сторінок з 35 цього розділу присвячено опису взаємодії однієї важкої зарядженої частинки з електронним газом у рамках класичної діелектричної моделі. Тільки на 6 сторінках (17%) цього розділу мова йде про квантово-механічний підхід, та й то це є, фактично, постановка задачі на базі відомих літературних джерел.
- 3) В авторефераті написано, що у розділі 2 «Запропоновано натомість традиційній процедурі зшивки використовувати принцип відповідності для визначення явного виду кулонівського логарифму». Реально в дисертаційній роботі не описано, як визначався явний вид кулонівського логарифму. Схоже на те, що цей вираз просто було взято з роботи ¹ (на це є посилання). У роботі ¹

¹ Электродинамика плазмы / [Ахиезер А.И., Ахиезер И.А., Половин Р.В. и др.] ; под ред. А.И. Ахиезера. – М.: Наука, 1974. – 719 с.

такий явний вид кулонівського логарифму отримано у рамках класичної діелектричної моделі.

- 4) У пунктах 3.2.2, 3.2.3, 3.3.2, 3.3.3 досліджуються енергетичні втрати важкої зарядженої частинки в частинних випадках, зокрема, в наближенні великих та малих швидкостей іона, що налітає. Проте кінцеві формули для енергетичних втрат наведені без проміжних розрахунків.
- 5) У тексті дисертації є описки. Наприклад формула (2.10) записана в системі одиниць СІ, хоча інші формули подаються у системі СГС. На сторінці 2 дисертації в анотації написано про дисертацію, що «В роботі **вперше** запропоновано для дослідження процесу електронного охолодження використовувати квантово-польовий підхід». Слово «вперше» в авторефераті вже відсутнє, в англійському перекладі анотації це слово також відсутнє. В тексті зустрічаються пропуски ком і т.і. Такі помилки роблять текст дисертації досить важким для сприймання.

Відповідність встановленим вимогам до кандидатських дисертацій

Перераховані недоліки, хоча і знижують загальне враження від дисертації, проте вони не торкаються основних положень та результатів, що виносяться на захист. Результати дисертації викладені у 19 наукових працях, з них 5 статей опубліковані у фахових вітчизняних та іноземних наукових журналах, Аналіз публікацій дає підставу стверджувати, що всі основні положення дисертації є у повній мірі опублікованими й апробованими на вітчизняних і міжнародних конференціях. Зміст автореферату повністю відображає дисертаційну роботу. Структура дисертації та автореферату в повній мірі відповідають вимогам, яким повинні задовольняти кандидатські дисертаційні роботи.

На підставі викладеного вище можна стверджувати, що робота Хелемелі Олексія Володимировича «Втрати енергії важкої зарядженої частинки в замагніченому електронному газі з анізотропною температурою» за актуальністю, ступенем новизни, значимістю для науки і практики, а також за структурою і об'ємом відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.02 – теоретична фізика.

Завідувач кафедри прикладної математики
та моделювання складних систем
Сумського державного університету,
доктор фізико-математичних наук, професор

О.В. Лисенко

Підпис	Лисенка О.В.
засвідчую	пров. фам. відділу кадрів

