



Ідентифікатор подання: 53

Тип: Секційна доповідь

Релятивізація в квантовій механіці

понеділок, 26 травня 2025 р. 16:45 (20 хвилин)

Релятивізація в квантовій механіці

С. П. Майданюк

Південний центр теорії ядерної фізики, Інститут сучасної фізики, Хуейчжоу, Китай

У доповіді буде розглянута ідея релятивізації у квантовій механіці.

Квантові властивості ядерних сил є важливими, які базуються на квантовій механіці. В той же час, рівняння Дірака сформульовано для опису релятивістської інваріантності рівнянь для ферміона, що рухається у вакуумі. Тут хвильова функція по суті описує рух ферміона лише для надбар'єрних енергій, що собою являє прояв класичної (не квантової) фізики. Властивостей поведінки ферміона для підбар'єрних енергій унікально. Але відомо, що суто квантові властивості процесів (та взаємодій) найбільш потужно розкриваються для підбар'єрних енергій.

Попередній аналіз показав, що використання рівняння Дірака має декілька недоліків в повному описі квантових властивостей процесів. Наприклад, виконання квантових властивостей можна проаналізувати з більш глибокого вивчення розсіяння частинок на ядрах. А саме, компоненти резонансного та потенційного розсіяння дають таке розуміння та їх можна було б оцінити для перевірки рівнянь Дірака. Але виявляється, що такий аналіз та навіть формалізм, що міг би дати такі оцінки, відсутні в релятивістських моделях на сьогодні. Але методи квантової механіки запропонують тести для оцінок та самі виконуються з надзвичайно високою точністю (до 14 значущих цифр у реакціях захоплення альфа-частинок ядрами [1, 2]).

Цю невідповідність можна було б розв'язати, якщо узагальнити рівняння Шредингера для релятивістських енергій (зробити так звану релятивізацію квантової механіки). В роботі поставлено питання, як саме можна узагальнити рівняння Шредингера для опису релятивістських ефектів та одночасно зберегти опис квантових ефектів. Виявлено, що таке узагальнення може бути розвинуто по-різному для низьких та високих енергій. У області низьких енергій можна розвивати формалізм теорії збурень (або послідовних релятивістських корекцій). До цієї області енергій відноситься рівняння Паулі, як перше наближення рівняння Дірака (для наступних корекцій див. [3], також [4]). Тут можна отримувати спин-орбітальну взаємодію.

В області високих енергій теорію збурень не можна застосувати в принципі. До цієї області можна віднести процеси, що вивчаються у фізиці адронів, ядерних зіткнень при релятивістських енергіях, т.д. Але тут нами знайдено точне аналітичне перетворення рівняння Дірака у вигляді одновимірного рівняння типу Шредингера, у якому присутній новий додатковий член потенціалу взаємодії. Цей додатковий член пояснюється не врахуванням релятивістських ефектів (енергій), а різницею між рівнянням Дірака та Шредингера при однакових енергіях. Тобто два рівняння дають різні результати опису природи для однакових фізичних явищ.

Висновок такий. Якщо рівняння Шредингера більш точно підтверджується експериментами, тоді рівняння Дірака є наближенням в опису квантових властивостей ядерних процесів (для однакових енергій розсіяння). Або навпаки, якщо більш точно може бути підтверджено експериментально рівняння Дірака, тоді рівняння Шредингера є наближенням та воно повинно бути скоректовано додаванням цього додаткового нового члена у потенціал взаємодії (навіть, для низьких енергій). З'ясувати, який варіант правильний, може майбутній експеримент.

Можна оцінити, чи важлива та як може проявлятися ця властивість у задачах ядерної фізики. У доповіді буде представлено такі оцінки та висновки з аналізу таких оцінок.

1. S. P. Maydanyuk, P.-M. Zhang, L.-P. Zou. New quasibound states of the compound nucleus in α -particle capture by the nucleus 2017. arXiv: 1711.07012. Phys. Rev. C 96 014602 (2017) 014602
2. S. P. Maydanyuk, P.-M. Zhang, S. V. Belchikov. Quantum design using a multiple internal reflections method in a study of fusion processes in the capture of alpha-particles by nuclei 2015. arXiv: 1504.00567. Nucl. Phys. A 940 (2015) 89
3. А. И. Азиезер, В. Б. Берестецкий. Квантовая электродинамика (М: Наука, 1981) с. 432.

4. D. Anchishkin. Nonrelativistic approximations of the relativistic equations and subbarrier relativistic effects. J. Phys. A: Math. Gen. 30 (1997) 1303.

Author: МАЙДАНЮК (ІЯД)

Доповідач: МАЙДАНЮК (ІЯД)

Тип засідання: Теоретична ядерна фізика

Класифікація за напрямком: Теоретична ядерна фізика