МОЖНО ЛИ ОБОЙТИСЬ БЕЗ АНТИЧАСТИЦ?

Терехин Владимир Александрович
Независимый исследователь, г. Екатеринбург
E-mail: terekhin.vladim@yandex.ru

Аннотация

В статье критически рассматривается предложение П.Дирака о введении в теорию частиц позитрона как античастицы электрона при решении релятивистского волнового уравнения. А так же обсуждается отношение к этому вопросу Р.Фейнмана, который нашел иную, отличную от дираковской, интерпретацию данной ситуации.

Ключевые слова: электрон, позитрон, отрицательная энергия, релятивизм, интерпретация, положительная энергия, физический смысл.

Введение

Впервые идею позитрона как античастицы электрона высказал Поль Дирак, чтобы объяснить состояния с отрицательной энергией, возникающие при решении релятивистского волнового уравнения. Для этого он привел соответствующую интерпретацию [1]. Позднее, занимаясь этим же вопросом, Ричард Фейнман нашел иную, отличную от дираковской, интерпретацию [2]. Ниже производится попытка развития обеих интерпретаций с целью их объединения и выяснения реального физического смысла.

1. Развитие интерпретации Дирака

Можно представить, что переход частиц (электронов) из состояний с положительной энергией в состояние с отрицательной энергией и обратно происходит не через низкие по абсолютной величине энергетические состояния [1], а в противоположном направлении, то есть через состояния с высокими по абсолютной величине энергиями (рис. 1). Уровень E = 0 является, в некотором смысле, одинаковым для обеих областей. Поэтому схему Дирака можно несколько преобразовать (рис. 2). Стрелками показаны пути перехода.

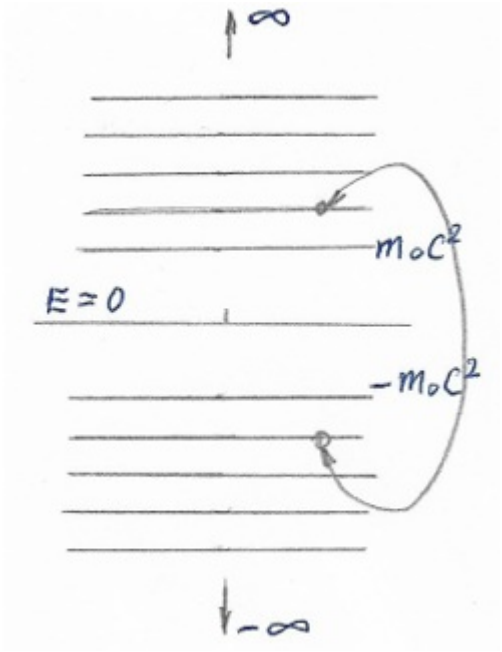


Рис. 1

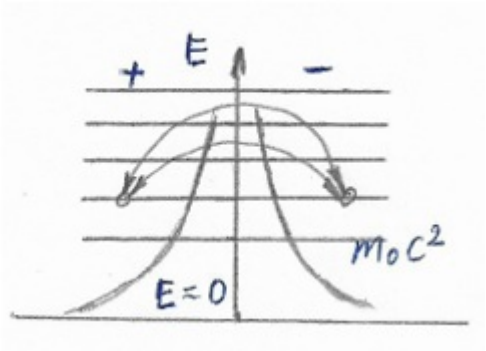


Рис. 2

Левая область положительная, правая область отрицательная. Они разделены потенциальным барьером, который экспоненциально сужается с ростом энергии по абсолютной величине. Правая область является отрицательной в том смысле, что теряя энергию, частица в этой области переходит на более высокий уровень, приобретая переходит на более низкий уровень.

Переход из одной области в другую осуществляется скачком туннельным образом. Наиболее вероятен переход при высокоэнергетических состояниях, где барьер достаточно узок. Для перехода с низшего уровня левой области на тот же уровень правой области частица должна получить минимальный импульс порядка 2 с. То есть, для перехода в «отрицательную» область частица должна получить энергию, а не потерять. При обратном переходе она отдает энергию. Веским аргументом в пользу такой интерпретации является то, что сама проблема возникает только при решении релятивистского волнового уравнения.

2. О фейнмановской интерпретации

Предполагая, что позитрон — это «попятно» движущийся электрон [2], Р. Фейнман предлагает рассматривать движение трех частиц (двух электронов и позитрона) как движение одной частицы (электрона), которая на одном из участков движется попятно во времени.

Фейнмановской интерпретации можно придать реальный физический смысл, если рассматривать «попятность» движения электрона только как наблюдаемую. Нетрудно представить себе систему (электрон), движущуюся с переменной скоростью в прямом направлении собственного времени так, что в проекции на временную ось покоящейся системы движение кажется попятным. Поворот временной оси для быстро движущихся частиц определяется преобразованиями Лоренца [3]. Чтобы проекция временной оси стала отрицательной, электрон должен двигаться со сверхсветовой скоростью. Формализм Специальной теории относительности этого не запрещает. Особенность возникает только при световой скорости частицы. Однако электрон может изменить свою энергию (и скорость) скачком, то есть совершить туннельный переход (см. п.1). Действительная картина не имеет участков попятного движения (рис. 3).

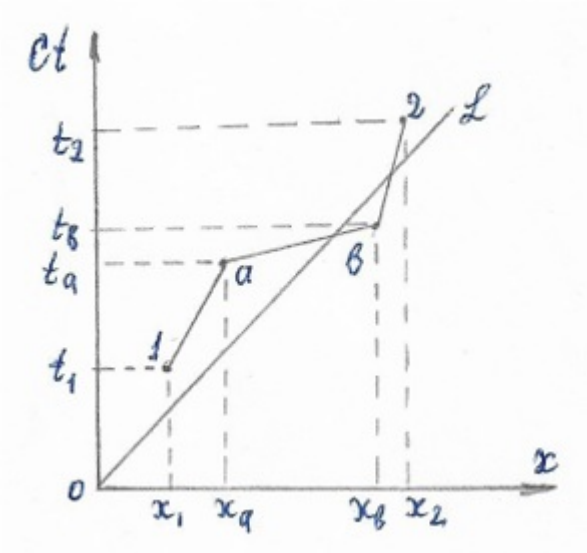


Рис. 3

OL — мировая линия света. 1ab2 — мировая линия частицы (электрона).

На участке ab движение наблюдается как попятное во времени.

Для наглядности приведем аналогию (не претендующую на какую либо точность) со сверхзвуковым самолетом. Допустим, вы можете наблюдать за самолетом лишь с помощью звукоприемника. Самолет летит в вашу сторону сначала с дозвуковой скоростью, затем набирает скорость и переходит в сверхзвуковую область, обгоняя собственный звук. После этого самолет снова возвращается в дозвуковую область, отставший звук догоняет его. На каком-то отрезке времени ваш приемник одновременно примет звуковые сигналы с трех участков пути.

В этот момент звукоприемник может отметить, что наблюдаются три самолета. И переход звукового барьера в прямом направлении для него представится аннигиляцией двух самолетов (самолета и антисамолета), обратный переход представится рождением нового самолета из мощного звукового кванта.

3. Заключение.

Развитие дираковской и фейнмановской интерпретаций приводит к единой интерпретации. Возвращаясь к рис. 2, можно отметить, что правая (отрицательная) область является областью засветовых скоростей.

Так как понятие спина и принцип Паули не были использованы, то вышеизложенное справедливо и для фермионов и для бозонов.

Литература

1. Э. Ферми. Квантовая механика. М. 1968.
2. Р. Фейнман. Квантовая электродинамика. М. 1964.
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Теория поля. М. 1967.