

Physical and mathematical foundations that underpin the existence of a false vacuum from the perspective of quantum mechanics

Mordvinov A.¹, Petrischeva A.² (Russian Federation)

Физико-математические основы, предопределяющие существование ложного вакуума с позиции квантовой механики

Мордвинов А. А.¹, Петрищева А. А.² (Российская Федерация)

¹Мордвинов Александр Александрович / Mordvinov Aleksandr – студент;

²Петрищева Анна Александровна / Petrischeva Anna – студент,

специальность: компьютерные сети,

Областное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Курский техникум связи, г. Курск

Аннотация: согласно теории элементарных частиц, вакуум - это пространство, свободное от вещества. Он заряжен энергией и существует в разных формах. Типы элементарных частиц и взаимодействие между ними определяются находящимся в основании вакуумом. Пространство, в котором располагается наша вселенная, пребывает в низшем энергетическом состоянии, в "истинном вакууме". Теория струн, предполагает наличие форм с отрицательной энергией, такие как «Ложный вакуум».

Abstract: according to the theory of particle, vacuim - a space free from material. It is charged with energy and exists in different forms. Types of elementary particles and the interaction between them are in determined based vacuo. The space, in which our universe is located, is in the lowest energy state, in the "true vacuum". String theory suggests the existence of negative energy forms such as the "false vacuum".

Ключевые слова: вакуум, материя, частицы, энергия, вселенная, Хиггсовое поле.

Keywords: vacuum, matter, particle energy, the universe, the Higgs field.

Ложный вакуум - это состояние в квантовой теории поля, которое не является состоянием с глобально минимальной энергией, а соответствует её локальному минимуму. Такое состояние стабильно в течение определённого времени, но может «туннелировать» в состояние истинного вакуума [1]. Современная наука накопила огромное количество сведений о частицах, которые пребывают в ложном вакууме, и законах, действующих на них.

Самый простой вариант моделирования такой ситуации – “Хиггсовское” поле $V(r)$:

$$V(r) = [h(r)^2 - v^2]^2 \quad (1)$$

r - 3D координата, v - некоторая переменная размерности E (энергии). У истинного Хиггсовского поля, $E = 246$ ГэВ. MinE (минимальная энергия) возникнет, когда во всём пространстве поля $h(r)$ выполняется условие: $\text{const} = -v\sqrt{v}$ (константа, будет равна отрицательной или положительной размерности энергии).

Любое трансформирующееся поле в пространстве, безусловно, накопит еще большую энергию. Высоту допустимого барьера, разделяющего на две точки минимума можно представить в виде формулы:

$$\delta = V(r)_{h(r)=0} = v^4 \quad (2)$$

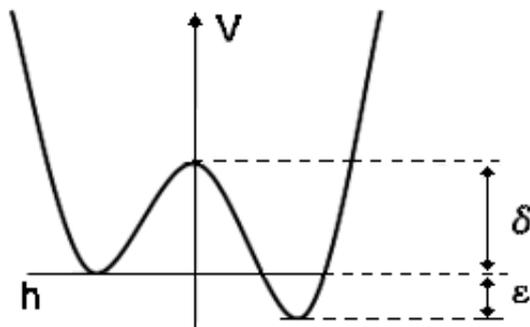


Рис. 1. Возникновение неравноправных вакуумов

В отдельных Хиггсовских механизмах может возникнуть ситуация с двумя неравноправными вакуумами. В этом случае время до распада сильно зависит от отношения δ/E [2]. В такой форме, то и другое значение вакуумного среднего поля равны, так как потенциал симметричен. В не минимальных вариациях Хиггсовского механизма вероятно положение, подобное (Рис. 2). В таком положении

потенциал несколько искривлён в пользу одной из минимальных точек (Рис. 1). Вид и высота потенциального барьера при новых изменениях фактически не изменяется (следовательно, расчет ведется по формуле высоты барьера). Но при этом, можно заметить, что между двумя точками образовался порог в плотности энергии (E). Так как появляется отклонение в отрицательную сторону, это означает, что $\delta/E > 1$ (отношение высоты потенциального барьера к используемой энергии становится больше 1, следовательно, образуется ложный вакуум).



Рис. 2. Образование потенциального барьера

Частица в потенциале с двумя разными минимумами. В классической механике частица может вечно покоиться в менее глубоком минимуме (слева); в квантовой механике через какое-то время произойдет туннелирование частицы в более глубокий минимум (справа) [3]. На завершающем этапе у нас имеются два вакуума: первый - истинный вакуум, который соответствует минимальной плотности энергии [$\hbar(r)=1$]. Новый образовавшийся, выше истинного - ложный вакуум (абсолютно не стабилен). До некоторого времени он может казаться истинным вакуумом, в котором, могут двигаться элементарные частицы и возникать космические тела, но присутствует вероятность того, что он видоизменится и протуннелирует в более стабильный истинный вакуум.



Рис. 3. Квантовый распад вакуума

В определённый момент Квантовый распад вакуума происходит в виде возникновения пузыря истинного вакуума в состоянии «ложного». Образование такого пузыря - обозначает, что в данном пространстве Хиггсовское поле, преодолевая потенциальный барьер, пробилось в истинный вакуум (Рис. 3). При переходе, свойства материи деформируются, а во вселенную вырвется огромное количество разрушающей энергии, которая хранилась в ложном вакууме. Последствия распада катастрофически повлияют на любые структуры, находящиеся в пространстве.

Литература

1. Материал из Википедии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 02.11.2016).
2. Материалы спецкурсов кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e122> (дата обращения: 16.10.2016).
3. Казанский федеральный университет. Справочные материалы – физика атомного ядра [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kpfu.ru/news/analitika/ekspert-kfu-predskazannyj-fizikom-hokingom-kones>. (дата обращения: 03.11.2016).