

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



C 322
T-351

27/II - 78
P2 - 11149

Я.П.Терлецкий

926/2-78

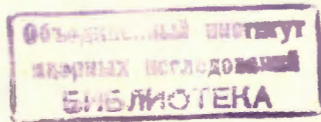
К КИНЕТИКЕ РЕАКЦИЙ РОЖДЕНИЯ
И ПОГЛОЩЕНИЯ ТАХИОНОВ*

1977

P2 - 11149

Я.П.Терлецкий

К КИНЕТИКЕ РЕАКЦИЙ РОЖДЕНИЯ
И ПОГЛОЩЕНИЯ ТАХИОНОВ*



*Работа является частью доклада автора на Международном семинаре "Тахионы и связанные с ними проблемы", проходившем в центре "Этторе Майорана" в Эриче /Сицилия/ 1-15 сентября 1976 г.

Терлецкий Я.П.

P2 - 11149

К кинетике реакций рождения и поглощения тахионов

Выясняется возможность реакций рождения и поглощения тахиона частицей с превращением ее в частицу большей или меньшей массы или без изменения массы. Исходя из релятивистских законов сохранения энергии и импульса вычисляется энергия тахиона, поглощаемого покоящейся частицей, а также импульс частицы, которая испускает тахион, имеющий бесконечную скорость.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Terletsky Ya.P.

P2 - 11149

Kinematics of Reactions of Tachyon Production and Absorption

A possibility of reactions of production and absorption of a tachyon by a particle with its transformation into a particle of more or less mass or without mass changes is discussed. Proceedings from relativistic laws of energy and momentum conservation, an energy of a tachyon absorbed by a particle at rest as well as a momentum of a particle emitting a tachyon, which has an infinite velocity, are calculated.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Реакции рождения или поглощения частиц действительной собственной массы /брадионы B, b ; $M_B > 0$, $M_b > 0$ / или нулевой собственной массы /люксоны Λ ; $M_\Lambda = 0$ /, т.е.

$$B' \leftrightarrow B + b, \quad B' \leftrightarrow B + \Lambda, \quad /1/$$

допускаются релятивистскими законами сохранения энергии и импульса лишь при $M' > M$, где $M' = M'_B$ и $M = M_B$ - соответственно собственные массы частиц B' и B . Однако аналогичные реакции рождения или поглощения сверхсветовых частиц мнимой собственной массы /тахионы T ; $M_T = i\mu$, $\mu^2 > 0$ /¹⁻⁵/, т.е. реакции вида

$$B' \leftrightarrow B + T \quad \text{или} \quad B' \leftrightarrow \Lambda + T, \quad /2/$$

кинетически допустимы также при $M' < M$, $M' = M$, $M' = 0$ или $M = 0$. Особый интерес представляет случай $M' = M$, т.е. возможность испускания и поглощения тахиона обычной частицей без изменения ее собственной массы^{1,3,6}. Рассмотрим детальнее все указанные возможности.

Пусть частица массы M поглощает тахион массы $M_T = i\mu$ и превращается в частицу массы M' . Из законов сохранения энергии и импульса:

$$E' = E + E_T, \quad \vec{p}' = \vec{p} + \vec{p}_T,$$

и определения собственных масс:

$$M'^2 c^2 = \left(\frac{E'}{c}\right)^2 - \vec{p}'^2, \quad M^2 c^2 = \left(\frac{E}{c}\right)^2 - \vec{p}^2, \quad M_T^2 c^2 = \left(\frac{E_T}{c}\right)^2 - \vec{p}_T^2 = -\mu^2 c^2,$$

легко получаем:

$$M'^2 c^2 = M^2 c^2 + M_T^2 c^2 + 2\left(\frac{E_T E}{c^2} - \vec{p}_T \vec{p}\right). \quad /3/$$

Или, полагая частицу массы M до поглощения ею тахиона покоящейся, т.е. считая $\vec{p}=0$, $E=Mc^2$, получаем

$$E_T = \frac{c^2}{2M} (M'^2 - M^2 + \mu^2). \quad /4/$$

Замечая, что $E_T = E' - Mc^2 = \Delta E$ имеет смысл энергии, переданной тахионом поглотившей его частице, формулу /4/ можно записать также в виде

$$\frac{\Delta E}{Mc^2} = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{M'}{M} \right)^2 + \left(\frac{\mu}{M} \right)^2 - 1 \right\}. \quad /5/$$

Исключая реакции с тахионами отрицательной энергии, т.е. считая $E_T > 0$, возможно определить из соотношения /4/ тип допустимых реакций при различных значениях E_T и отношения μ/M . Введем обозначения:

$$\epsilon = \frac{c^2}{2M} \mu^2, \quad E_0 = \epsilon - \frac{Mc^2}{2} = \frac{c^2}{2M} (\mu^2 - M^2). \quad /6/$$

Тогда при $\mu < M$ возможны следующие соотношения масс M' и M :

$$\begin{array}{ll} \text{а/ при } 0 < E_T < \epsilon & \sqrt{M^2 - \mu^2} < M' < M; \\ \text{б/ при } E_T = \epsilon & M' = M; \\ \text{в/ при } E_T > \epsilon & M' > M. \end{array} \quad /7/$$

Если же $\mu > M$, то:

$$\begin{array}{ll} \text{А/ при } 0 < E_T < E_0 & M^2 - \mu^2 < M'^2 < 0; \\ \text{Б/ при } E_T = 0 & M' = 0; \\ \text{В/ при } E_0 < E_T < \epsilon & 0 < M' < M; \\ \text{Г/ при } E_T = \epsilon & M' = M; \\ \text{Д/ при } E_T > \epsilon & M' > M. \end{array} \quad /8/$$

Только в случаях в/ и Д/, т.е. при $E_T > \epsilon$, реакции поглощения и испускания тахионов протекают аналогично реакциям /1/ поглощения и испускания брадионов и люксонов, т.е. при $M' > M$. Однако в случаях а/ и В/ эти реакции протекают при $M' < M$, т.е. система, поглотившая тахион, не увеличивает, как обычно, а уменьшает свою собственную массу.

В случаях б/ и Г/, т.е. при $E_T = \epsilon$, испускающая или поглощающая тахион частица не изменяет своей собственной массы. Таким образом, частица /брадион/, испуская или поглощая тахионы, может оставаться самой собой, не превращаясь в другие частицы, а лишь скачкообразно, на величину ϵ изменяя свою энергию. Естественно, подобный процесс допустим лишь при удовлетворении других законов сохранения, т.е. при условии, что тахионы имеют нулевой спин и не несут зарядов какого-либо рода.

В случае Б/, т.е. при $E_T = E_0$, $M' = 0$, брадион, поглощающий тахион, превращается в люксон, т.е. допускается реакция



И, наконец, в случае А/, т.е. при $0 < E_T < E_0$, брадион, поглощающий тахион, превращается в тахион, т.е. рассматривается реакция вида



Заметим, что экзотические реакции /9/ и /10/ допустимы лишь при $\mu > M$.

Все рассмотренные выше следствия можно получить исходя не из формулы /4/ для E_T , а из выражения для импульса P частицы, поглощающей тахион, который движется с бесконечной скоростью и имеет нулевую энергию $E_T = 0$ и минимальный импульс $P_T = \mu c$. Согласно /3/ в системе отсчета, где $\vec{p} \parallel \vec{P}_T$, $P_T = \mu c$, $E_T = 0$, имеем

$$p = - \frac{c}{2\mu} (M'^2 - M^2 + \mu^2). \quad /11/$$

Если $\mu < M$, то согласно /11/:

$$\text{а/ при } -\frac{\mu c}{2} < p < 0 \quad \sqrt{M^2 - \mu^2} < M' < M; \quad /12/$$

$$\text{б/ при } p = -\frac{\mu c}{2} \quad M' = M;$$

$$\text{в/ при } p < -\frac{\mu c}{2} \quad M' > M.$$

Если же $\mu > M$, то

$$\text{А/ при } \frac{c}{2\mu} (M^2 - \mu^2) < p < 0 \quad M^2 - \mu^2 < M'^2 < 0;$$

$$\text{Б/ при } p = \frac{c}{2\mu} (M^2 - \mu^2) \quad M' = 0;$$

$$\text{В/ при } -\frac{\mu c}{2} < p < \frac{c}{2\mu} (M^2 - \mu^2) \quad 0 < M' < M;$$

$$\text{Г/ при } p = -\frac{\mu c}{2} \quad M' = M;$$

$$\text{Д/ при } p < -\frac{\mu c}{2} \quad M' > M.$$

Таким образом, соотношения /12/ и /13/ выражают то же самое, что и соотношения /7/ и /8/. Они определяют энергию и импульс частиц - брадиона и тахиона, при которых возможен процесс поглощения тахиона с образованием новой частицы. При этом не рассматривались запреты, вытекающие из законов сохранения зарядов, спинов и т.п.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терлецкий Я.П. ДАН СССР, 1960, 133, с.329.
2. Tanaka S. Progr.Theor.Phys., 1960,24, p.171.
3. Terletsky J.P. J. de Phys. et Rad., 1960, 21, p.49.
4. Bilaniuk O.M.P., Deshpande V.K., Sudarshan E.C.G. Am. J. of Phys., 1962, 30, p.718.
5. Feinberg G. Phys.Rev., 1967, 159, p.1089.
6. Терлецкий Я.П. Парадоксы теории относительности. "Наука", М., 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 декабря 1977 года.