

ЭЛЕКТРОН, ПИОН и МЮОН: СООТНОШЕНИЕ МАСС

Саврухин А.П. E-mail: savrukhin@ya.ru

Вычислены массы пиона $m_p = 139.54 \text{ МэВ}$ и мюона $m_\mu = 105.58 \text{ МэВ}$. Входной величиной служит только масса электрона. Соответствующие табличные значения равны 139.57 МэВ и 105.66 МэВ . Под массой понимается модуль полной энергии частицы, состоящей из электромагнитной и сильной компонент. Анализируется роль фазы в процессе преобразования частиц. Отрезки I и $(m_p - I)$ образуют **золотое сечение** пиона, где I – импульсная энергия обратного превращения мюона в пион.

1. Предыстория. В трудах Лармора, Лоренца и Пуанкаре за 1895-1905г.г. [1] представлена концепция, согласно которой электрон есть полевой объект, состоящий из электромагнитных полей и уравнивающих их полей иной природы. Инертная масса является лишь коэффициентом связи энергии частицы с её скоростью, а сверх этого нет никакой “действительной” или “материальной” массы.

В работе [2] автор вводит комплексный заряд с электрической и сильной компонентами, модуль которого, в отличие от элементарного заряда e , есть комбинация физических констант h и c ; предложена также формула квантования масс элементарных частиц. В монографии [3] (библиография содержит 63 наименования) и статье [4] автором предложена модель электрона, устойчивость которого обусловлена сосуществованием в нем полей, свойственных электромагнитному и сильному взаимодействиям. Энергия частицы представляет собой модуль вектора, обладающего электромагнитной компонентой (ЭК) и сильной компонентой (СК). Аргумент вектора (фаза) определяет соотношение компонент, проекций на оси абсцисс и ординат соответственно.

В покое электрон комптоновского размера обладает электрическим полем с энергией $E_{0e} = 0,5E_0\alpha$, магнитным полем с энергией $E_{0m} = 0,5E_0\alpha$, так что полная ЭК равна $E_{0em} = E_0\alpha$, где $E_0 = 0,511 \text{ МэВ}$ – полная энергия, а α – постоянная тонкой структуры. Здесь первая часть обусловлена наличием кулоновского заряда, а вторая – наличием собственного внутреннего движения со скоростью света c . Энергия СК равна $E_{0h} = (E_0^2 - E_{0em}^2)^{1/2} = E_0(1 - \alpha^2)^{1/2}$, а аргумент будет равен

$$\varphi_0 = \arctg (E_{0h}/E_{0em}) = (\alpha^{-2} - 1)^{1/2}.$$

Из последних публикаций отметим доклад Ф.Р. Липченко [5], в котором говорится о принципиальной однородности полей ядерных и электромагнитных.

2. Электрон и пион. Электрон с массой m_e , двигаясь со скоростью v , обладает импульсом p , импульсной энергией $I=pc$, полной энергией $E = (E_0^2 + I^2)^{1/2}$, релятивистской кинетической энергией $T=E - E_0$ и кинетической энергией $K = 0,5m_e v^2$. Тогда $E_0 = \beta E$, где $\beta = (1-v^2/c^2)^{1/2}$ – известный коэффициент. Длина волны электрона, принимаемая за его размер, пропорциональна β , поэтому энергия электрического поля будет теперь равна $E_e = 0,5E_0 \alpha / \beta$. Энергия магнитного поля меняется пренебрежимо мало, поскольку полная скорость частот электрона всегда равна c . Поэтому ЭК энергии движущегося электрона будет равна $E_{em} = 0,5E_0 \alpha (1 + \beta^{-1})$.

На рис.1 часть окружности B имеет радиус $ad=ab=E_0$, часть окружности A имеет произвольный радиус $ag=ac=E$, отрезок касательной G имеет длину $bg=I$, длина отрезка $bc=T$.

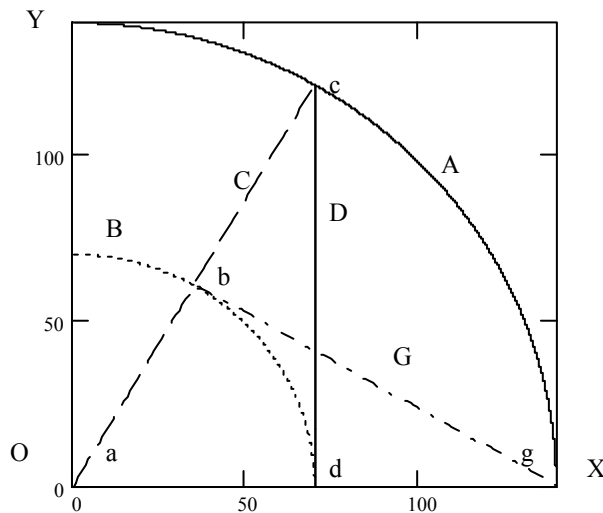


Рис. 1 Схема преобразования электрона в пион

Прямоугольные треугольники acd и abg равны между собой только если фаза $\varphi_1 = \angle sag$ равна фазе $\varphi_2 = \angle bag$. Действительно, в Δabg $\cos \varphi_2 = E_0/E$, что следует из кинематики. С другой стороны, в Δcad $\cos \varphi_1 = E_{em}/E$, что обусловлено свойствами частицы изменять фазу при возбуждении.

Следовательно, должно выполняться условие $\varphi_1 = \varphi_2$, $E_0 = E_{em}$, то есть $\beta = \left(\frac{2}{\alpha} - 1\right)^{-1}$ и масса пиона m_p будет равна

$$m_p = m_e \left(\frac{2}{\alpha} - 1\right) = 139.54 \text{ МэВ}. \quad (1)$$

Табличные значения: $m_e = 0.511 \text{ МэВ}$, $m_p = 139.57 \text{ МэВ}$.

Таким образом, ЭК пиона ad в положении ac равна собственной энергии электрона E_0 .

3. Пион и мюон. Рассмотрим реакцию распада пиона π в мюон μ и нейтрино ν_μ : $\pi \rightarrow \mu \nu_\mu$. На рис.2 кривая A – окружность радиуса $ag = m_p$ с уравнением $y = (m_p^2 - x^2)^{1/2}$, кривая D – окружность радиуса $p = cd = dg$ с центром в точке d и уравнением $z = \{p^2 - [x - (m_p - p)]^2\}^{1/2}$, линия C – отрезок ab проходящей через начало координат касательной к кривой D , линия G – радиус db , соединяющий центр d с точкой касания b .

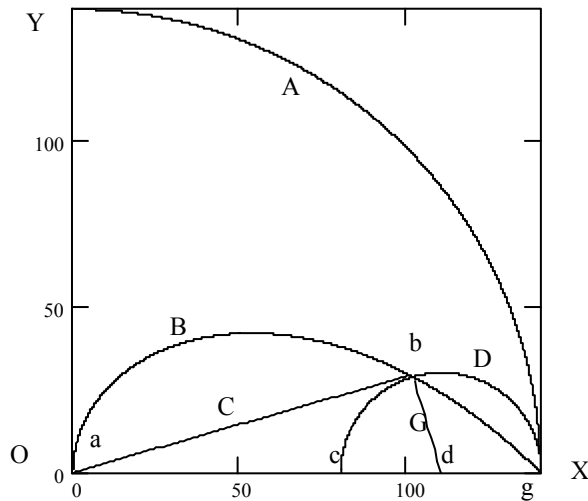


Рис. 2 Схема распада пиона

В данной реакции импульс p определяется известным соотношением [6]:

$$p = \frac{m_p^2 - m_\mu^2}{2m_p}, \quad (2)$$

где m_μ - масса мюона, например (множители c^2 при массах и c при импульсах опущены).

Энергию $gd = p$ уносит нейтрино, а энергию $m = ad = m_p - p = ag - dg$ будет иметь образующийся мюон с импульсом p . Собственная масса мюона m_μ после торможения до остановки будет равна

$$m_\mu = ab = (ad^2 - bd^2)^{1/2} = (m^2 - p^2)^{1/2} = [m_p(2m - m_p)]^{1/2}. \quad (3)$$

Тогда уравнение кривой B распада пиона, определяющей положение точки b , будет иметь вид:

$$y^2 = (m_p - x) \left(\frac{2m_p}{x} - 1 \right)^{-1/2}. \quad (4)$$

На рис. 3 построение выполнено в реальном масштабе. Здесь добавлены полуокружности $y1$ и $y11$ с радиусом $0,5 m_p$:

$$y1 = [(0,5m_p)^2 - (x - 0,5m_p)^2]^{1/2} = [(m_p - x)x]^{1/2},$$

$$y_{11} = 0,5m_p + [(0,5m_p)^2 - x^2]^{1/2}.$$

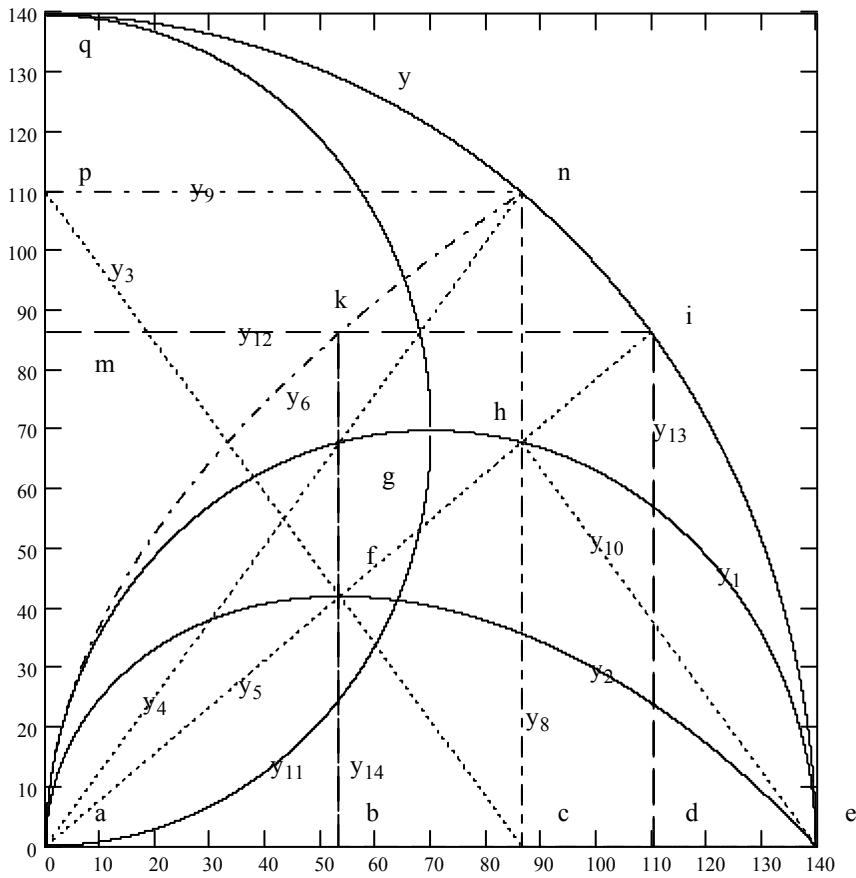


Рис. 3 Схема образования мюона

Функция y_1 определяет положение вершин h прямоугольных треугольников ahc , где $ah = m$ – масса некой исходной частицы, $hc = I$ – её импульсная энергия, а $m_p = (m^2 + I^2)^{1/2}$, если конечная фаза пиона нулевая. Кривая y_{11} построена для случая когда эта фаза равна $0,5\pi$. Функция $y_b = m$ определяет по текущим координатам точку h ($ac = x$, $hc = y_1$).

Значения искомой массы m :

$$y_b = (hc^2 + ac^2)^{1/2} = (m_p x)^{1/2}. \quad (5)$$

На рис.3 величина ac есть абсцисса точки n , общей функциям y и y_b , она является решением уравнения $y(ac) = y_b(ac)$, то есть $ac = m_p \Phi$, и искомая $m = cn = ah = y(ac) = m_p \Phi^{1/2}$, where $\Phi = 0.618\dots$ is number of Phideo.

Введем обозначение $\psi = \angle hac$. Тогда $\cos \square = ac/ah = \Phi^{1/2} = 0.786151$ и $\psi = 0.6662394$. В этих условиях масса мюона (3) будет равна

$$m_{\mu}=m_p(2\cos \psi-1)^{1/2}=105.5856 \text{ МэВ}, \quad (6)$$

где $m_p=139.56995 \text{ МэВ}$ –табличное значение массы пиона. Значение m_{μ} даваемое формулой (6), близко к экспериментальной величине 105.6583 МэВ (относительное отклонение равно $7 \cdot 10^{-4}$).

Почему более 99.98% распадов пионов приходится на реакцию образования мюонов? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно проанализировать особенности приведенного построения.

Они таковы:

1. Для данного ψ выполняется равенство $\cos^2 \psi = \text{tg}^2 \psi = \sin \psi$. Поэтому пион из положения ia с фазой ψ имеет ЭК $ad=ah=m=m_p \cos \psi$ и СК $id=he=I=m_p \cos^2 \psi = ac$, где ac есть ЭК частицы m , а I – её импульсная энергия.

2. Кривая y_2 имеет максимумом точку f такую, что точки a, f, h, i лежат на одной линии. Частица с массой $af = m_p \cos^3 \psi$ имеет ЭК $ab = m_p \cos^4 \psi = fc = ce = nd$, равную импульсу нейтрино при распаде пиона из состояния ae с нулевой фазой, причем импульс ce равен ЭК энергии $I=he$. Особенность этой частицы заключается также в том, что она обладает максимальной СК $fb = m_p \cos^5 \psi = nh$. В свою очередь $af=hc$, являясь общей СК для частиц m и I .

3. Через общую точку кривых y_1 и y_{11} проходит биссектриса, служащая осью симметрии, так что для распада пиона из положения na вверх меняются местами ЭК и СК, поэтому $\Delta ahe = \Delta adi = \Delta anc = \Delta apc$, $ag = he$, $bk = id$ только при найденной фазе ψ .

4. Импульс $p=hi=de$ равен релятивистской кинетической энергии $p=T$, поэтому частица с массой ha может достигать массы m_p либо ускорением по линии he , либо поглощением нейтрино или фотона по линии hi , то есть прямым переходом.

5. Кинетическая энергия частицы с массой $ah=m = m_p \cos \psi$ равна $K = 0,5mv^2$, где $v^2/c^2=1-\beta^2$, а $\beta = \frac{m}{m_p} = \cos \psi$. Отсюда получим $K = 0,5m_p c^2 \cos^5 \psi$, что составляет половину найденной выше величины fb , то есть СК частицы с массой $fa = m_p \cos^3 \psi = 67,81 \text{ МэВ}$, приблизительно равной половине массы нейтрального π^0 мезона ($67,48 \text{ МэВ}$).

Поскольку $\cos^{s+2} \psi + \cos^{s+4} \psi = \cos^s \psi$, где s – целое число, $\cos \psi$ определяет углы треугольников, а s служит масштабом их подобия. Подобные треугольники ahe, ahc, hce, afb, fbc имеют $s = 0, 1, 2, 3, 4$ соответственно, причем этот ряд масс частиц имеет продолжение в обе стороны.

4. Заключение. Векторное представление энергии элементарных частиц и введение понятия фазы позволяет рассматривать процессы преобразования частиц также и с позиции перераспределения энергии между составляющими их полями.

В данной работе определены условия, выделяющие пион из спектра частиц, которые могут рождаться путем возбуждения электрона. Анализ кинематики реакции двухчастичного распада пиона дает возможность обосновать преобладание мюонов среди продуктов распада. А именно:

1. величина m есть среднее геометрическое массы пиона и импульсной энергии $m = \sqrt{m_p \cdot I} = m_p \cdot \cos \psi$;

2. величины I и $(m_p - I)$ образуют **золотое сечение** массы пиона $I = \sqrt{m_p(m_p - I)} = m_p \sin \psi$,

где $\sin \psi = \cos^2 \psi = 0,5(\sqrt{5} - 1) = \Phi = 0,618\dots$ есть число Фидия.

Здесь I является длиной стороны десятиугольника, вписанного в окружность радиуса m_p , чему соответствует угол 0.2π . Ряд фаз φ_n определяется формулой

$$\sin(0.5 \varphi_{n+1}) = 0.5 \sin(\varphi_n), \quad (7)$$

где $n=1,2,3,\dots$, $\varphi_1=1.21243\dots$, $\varphi_6 = \psi$, $\varphi_7=0.2\pi$ и так далее. Масса каона равна $m_k = m_p(2\cos(\varphi_6)-1)^{0.5}(1-\cos(\varphi_6))^{-1} = m_p \cos(\varphi_5)(1-\cos(\varphi_6))^{-1} = 493.74 \text{ МэВ}$.

Следующие расчетные значения масс стабильных барионов относятся только к указанным каналам распадов:

$\Lambda(1115.642) \rightarrow n\gamma$, $\Delta(1231.828) \rightarrow \Lambda\gamma$, $\Sigma^0(1193.718) \rightarrow \Lambda\gamma$, $\Sigma(1195.146) \rightarrow n\pi^-$, $\Xi^0(1316.74) \rightarrow \Sigma^0\gamma$, $\Xi^-(1322.045) \rightarrow \Sigma^-\gamma$, $\Omega^-(1672.579) \rightarrow \Xi^0\pi^-$.

Но и в одном канале существует ряд мод, соответствующих углам φ_n . Например, мезон $f_1(1285) \rightarrow \phi\gamma$ имеет массы 1211, 1233, 1261, 1297 МэВ при $n=9, 8, 7, 6$, в чем легко убедиться при анализе экспериментальных данных.

На рис. 4 дано построение ломаной спирали со сторонами, длины и диагонали которых равны упомянутому ряду косинусов, и логарифмическая спираль, проходящая через все точки излома и описываемая уравнением

$$R(\phi) = \Phi^\tau, \quad \tau = \phi - \psi - 0.5\pi. \quad (8)$$

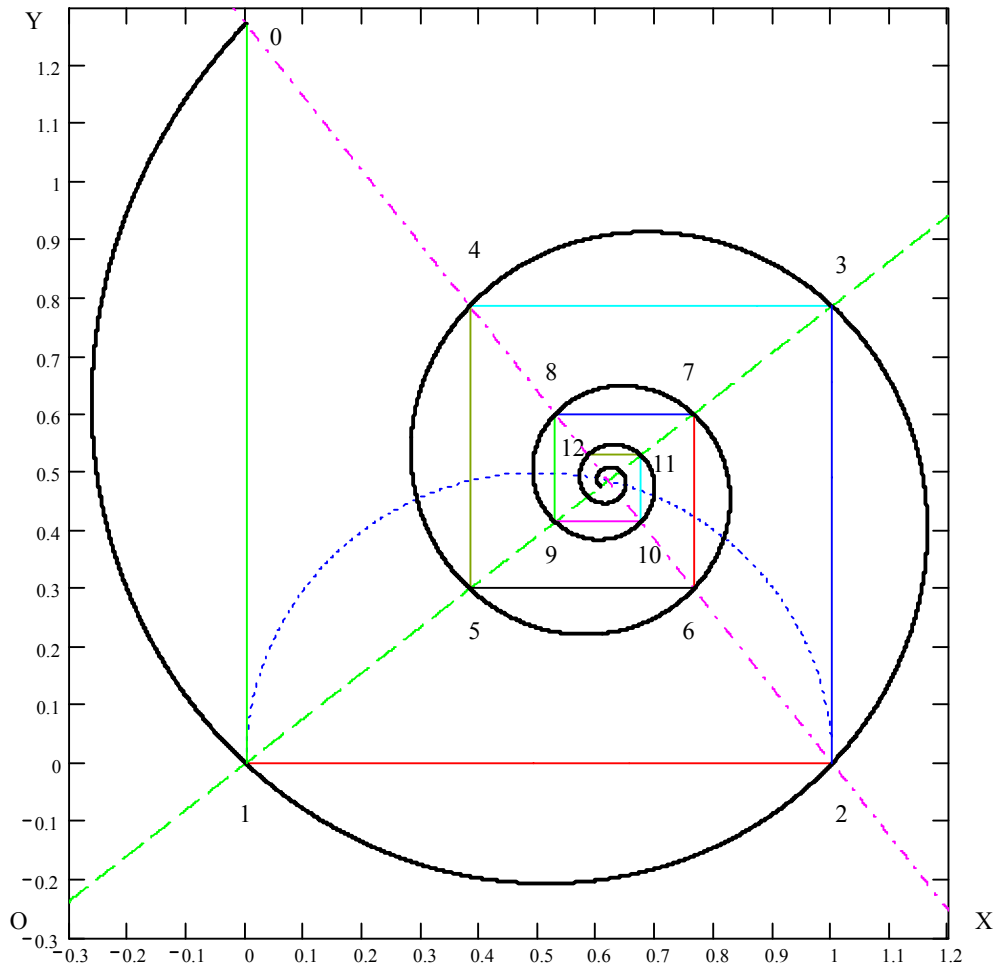


Рис. 4 Положение точек, расстояния до которых составляют целые степени $\cos(\varphi_6)$.

Литература

- [1] Принцип относительности. Сб. работ по специальной теории относительности, Атомиздат, Москва (1973).
- [2] Саврухин А.П., Научн. Труды, Вып.103, М.: МЛТИ, (1978), с.176-179.
- [3] Саврухин А.П., Исследование свойств естественного заряда. М.: МГУЛ, (1998), 52с.
- [4] Саврухин А.П., ФМР, № 3 (2001), с.42-44(первоисточник).
- [5] Липченко Ф.Р., Сб.докладов Всесоюзной конф. “ФЕНИД-90”, Гомель, т.1, (1990).
- [6] Мухин К.Н., Экспериментальная ядерная физика.: Т.2. Физика элементарных частиц., М.: Атомиздат.(1974), 336 с.
- [7] Саврухин А.П. Природа элементарных частиц и золотое сечение. М., МГУЛ, 2004