

Студент, сдавая задачу: Тут всё честно подсчитано! Я вас не надуваю!
Никитин: Эх! Знаете анекдот из девяностых? Приходит браток в магазин музыкальных инструментов и говорит: «Хочу инструмент экстра-класса от какого-нибудь Страдивари, хоть играй я и не умею!»
Продавец берёт какой-то барабан и говорит: «Вот вам барабан Страдивари». Браток отвечает: «Я слышал, что Страдивари скрипки делал, а барабаны не помню. Шо, ты меня надуть хочешь?» «Не, что вы, что вы! Скрипки он для лохов делал, а барабаны для реальных пацанов!»

А) Миф: До Фейнмана все считали через матричные элементы и страдали. А потом пришёл Фейнман и всё упростил. Теперь процесс может подсчитать даже обезьяна!

Правда: Фейнман упростил подсчёт *некоторых* типов реакций (наиболее распространённых). Но не до уровня «детский сад», так что не надо думать, что это имба. Кинематика осталась и она ещё даст вам прикурить. Да и не для всех реакций правила Фейнмана работают.

Б) Про литературу. Существует 100500 книжек про КЭД, из них 100% плохие. Ну как плохие... они для теоретиков. Вам там поле проквантуют, а задачи решать не научат. То же самое относится к курсу Никитина [Квантовая электродинамика \(msu.ru\)](http://msu.ru) Тем не менее, я часто буду на него ссылаться.

В) Мы будем работать в системе $\hbar = c = 1$. Ваще не люблю эту систему, но

- 1) Мне хочется синхронизировать обозначения с Никитиным, так что примем её.
- 2) Сейчас наверняка читатель скажет:

Аффтар ленивый, он ленится писать \hbar и c ууу ленивая тварь!!!

Ответ: раньше я сам думал так же, даже пытался переписывать книжки с $\hbar = c = 1$ на СГС. Но, поверьте, как только вы начнёте считать процессы по КЭД (а там дохрена выкладок, от которых хочется убицца ап стену), вам очень быстро станет пофиг. Говорю по собственному опыту.

Несколько слов о данной системе.

В СГС, до того, как мы положили $\hbar = c = 1$, у нас три фундаментальные единицы: см, г и секунда. Всё остальное определяется через них. Например, 1 единица заряда – такая, что два единичных заряда на расстоянии 1 см имеют потенциальную энергию 1 эрг.

Мы же определяем $\hbar = c = 1$, оставляя из 3 степеней свободы одну.

Теперь одну и ту же размерность имеет координата и время, а ровно ей обратную – массу, импульс и энергия (обратную, т.к. координата*импульс должно быть безразмерной величиной). Так что теперь мы можем измерять время в см¹, а массу, импульс и координату – в $\frac{1}{\text{см}}$. Или измерять время и расстояния в $\frac{1}{\text{см}}$ ☺

Никитин утверждает, что в качестве последней единицы стоит взять МэВ. Во-первых, МэВ – это чудовищный выбор (т.к. она привязана к вольту, а вольт – СИшная величина). Во-вторых, нам, как выяснится, в дальнейшем вообще будет по барабану ☺ Весь смысл от $h = c = 1$ в том, что

а) Мы теперь будем говорить, что волновой 4-вектор \mathbf{k} и 4-импульс \mathbf{p} одно и то же, и будем постоянно между ними скакать.

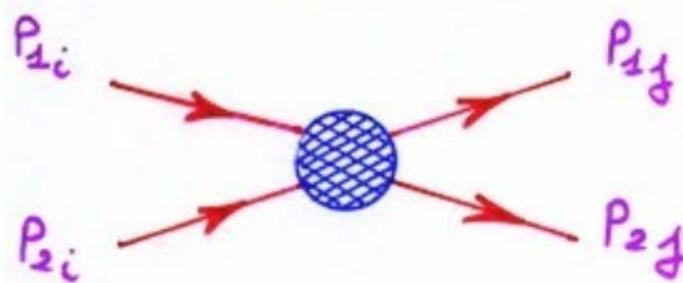
б) Вместо энергии покоя у нас будет масса покоя m .

Усё ☺

Г) Все 4-вектора я буду обозначать **жирным шрифтом**. Соответственно, \mathbf{kx} - это псевдоскалярное произведение 4-волнового вектора и 4-радиус-вектора.

Д) В своих расчётах мы будем использовать переменные Мандельстама. Что это такое.

Это релятивистские инварианты, применяемые для реакций вида



Когда в начале и в конце у нас по две частицы.

$$\begin{aligned}
 S &= (\mathbf{P}_{1i} + \mathbf{P}_{2i})^2 = (\mathbf{P}_{1f} + \mathbf{P}_{2f})^2 > \\
 t &= (\mathbf{P}_{1f} - \mathbf{P}_{1i})^2 = (\mathbf{P}_{2i} - \mathbf{P}_{2f})^2 > \\
 u &= (\mathbf{P}_{2f} - \mathbf{P}_{1i})^2 = (\mathbf{P}_{2i} - \mathbf{P}_{1f})^2 .
 \end{aligned}$$

Определяются как

На троих у них две степени свободы, потому что их связывает уравнение

$$S + t + u = m_{1i}^2 + m_{2i}^2 + m_{1f}^2 + m_{2f}^2$$

Возможно, они (если читатель с кафедры физики атомного ядра и квантовой теории столкновений) знакомы вам по спецкурсу в 5-м семестре. Вероятно тогда, с того момента у вас сложилось впечатление, что это бесполезное говно. Сами по себе они в 5-м семестре действительно были таковым, но для расчёта сечений в КЭД это очень полезные штуки. В дальнейшем они нам пригодятся.