

Время 12:25.

Никитин: Продолжаем лекцию!

Студенты: Мы кушать хотим!

Студентки: Мы тоже!

Никитин: Девушки, вы же на диете. Вам только это... сельдерей, спаржа, что вы там обычно...

Студентки: Мы девушки физфака! Мы много думаем и поэтому много едим!

Рассмотрим, как получаются все пропагаторы.

Вот, например, пионный пропагатор – пропагатор пиона с 4-импульсом \mathbf{p} :

$$G(\mathbf{p}) = \frac{1}{\mathbf{p}^2 - m^2}$$

Вот почему он именно такой?

Вспомним, что пионное поле подчиняется уравнению Клейна-Гордона-Фока:

$$(\mathbf{p}^2 - m^2)\Psi = \text{источник}$$

А что, если... взять обратный оператор к $(\mathbf{p}^2 - m^2)$

$$\Psi = \frac{\text{источник}}{(\mathbf{p}^2 - m^2)}$$

Ба, так и есть пропагатор пионного поля! Т.е. это функция Грина пионного поля.

А лептоны подчиняются уравнению Паули:

$$\left(\sum_{a=0}^3 i \gamma_a p_a - m * I \right) \Psi = \text{источник}$$

Неизящно. Вспомним, что $\hat{p} = \sum_{a=0}^3 i \gamma_a p_a$ и запишем то же. но гораздо изящнее:

$$(\hat{p} - m * I)\Psi = \text{источник}$$

Откуда и получаем лептонный пропагатор:

$$G(\mathbf{p}) = \frac{1}{\hat{p} - m * I} = \frac{\hat{p} + m * I}{\hat{p}^2 - m^2}$$

I - единичная матрица.

Осталось получить фотонный пропагатор. Напомню, он равен

$$G(\mathbf{k}) = \frac{g_{ab}}{\mathbf{k}^2}$$

Там надо стартовать с уравнения Гельмгольца

$$\Delta u + k^2 u = \text{источник}$$

и там уже выкладки посложнее (не будем их проводить).

Отдельно хотелось бы поговорить про источник. Источник электромагнитного поля нам понятен – это токи и заряды. А что является источником лептонов или пионов? Что за... пионная фабрика? ☺



На самом деле в роли источника выступают другие частицы. В реакции $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ фотон не возник на ровном месте – были электроны. Именно они и служат «фабрикой».

Заодно это и ответ на вопрос: а почему у тебя какой-то источник в правой части:

$$(\mathbf{p}^2 - m^2)\Psi = \text{источник}$$

$$(\hat{p} - m * I)\Psi = \text{источник}$$

Мол, я меня учили писать нуль в правой части:

$$(\mathbf{p}^2 - m^2)\Psi = 0$$

$$(\hat{p} - m * I)\Psi = 0$$

Вот такие вот уравнения с нулём описывают свободную частицу (первое – пион, второе – лептон). Но у нас виртуальная частица не свободна, а возникает в процессе реакции в поле других частиц, которые, как мы уже выяснили, и являются источником 😊