

1. Рассмотрим бинарную реакцию:

$$a+b \rightarrow c+d$$

Построим инварианты:

$$s = (p_a + p_b)^2$$

$$t = (p_a - p_c)^2$$

$$u = (p_a - p_d)^2$$

(p - четырехимпульсы)

Показать, что:

$$s+t+u = \sum m_i^2 \quad (m_i - \text{массы частиц})$$

2. Космические лучи (протоны) могут терять энергию в результате взаимодействия с реликтовым излучением ($p + \gamma \rightarrow p + \pi^0$). Какова максимальная энергия протонов, прилетающих на землю из других галактик.

3. Каково среднее время жизни пучка в мюонном накопителе:

энергия мюонов – 3 ГэВ;

каково среднее количество оборотов мюона до распада

(среднее поле магнитов на кольце – 1,5 Т)

4. Найти в ультрарелятивистском приближении минимальный по абсолютной величине квадрат переданного импульса (от начального протона к конечному), $|t|$, в реакции

$$\pi^- p \rightarrow X p, \text{ где } X - \text{частица или система с массой } m \quad (m_p^2 < m^2 < s)$$

5. Найти максимальную энергию электрона в двух реакциях при высоких энергиях

$$\pi^- e^- \rightarrow \pi^- e^- \quad (\text{начальный электрон покоится})$$

$$p e^- \rightarrow p e^-$$

Найти максимальный квадрат переданного импульса (по абсолютной величине) для этих двух реакций.

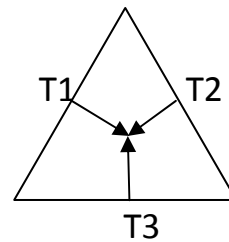
6. Сравним два способа образования антипротона (\bar{p}).

- В реакции $p p \rightarrow p p p \bar{p}$

- В последовательности реакций $p p \rightarrow p n \pi^+ \quad \pi^+ n \rightarrow p p \bar{p}$
(здесь в последней реакции используется пион, рожденный в предыдущей реакции)

Найти пороги (минимальные энергии) протонов, необходимые для рождения антипротонов первым и вторым способами.

7. Кинематику распада какой-либо частицы на три удобно изображать на треугольном графике Далица с координатами T_1, T_2, T_3 , где T_i – кинетическая энергия каждого из продуктов распада



Найти границы кинематически разрешенной области на графике Далица для предельного случая, когда все три продукта ультрарелятивистские (например, распад $K \rightarrow e\nu\gamma$)

8. Найти минимальную энергию протона, необходимую для образования чармованных частиц в $p\bar{p}$ взаимодействиях.

9. Космические лучи (γ -кванты) могут терять энергию в результате взаимодействия с реликтовым излучением ($\gamma + \gamma \rightarrow e^+e^-$). Какова максимальная энергия γ -квантов, прилетающих на землю из отдаленных областей галактики.

10. Нейтральный пион π^0 с импульсом $p \gg m(\pi^0)$ распадается на два фотона: $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$

Найти в ультрарелятивистском пределе (все в лаб. системе):

- минимальный угол между фотонами
- распределение по энергии фотона
- распределение по углу между фотонами

11. Пусть у нас есть пучок отрицательно заряженных частиц (e^- , π^- , K^- , \bar{p}) с импульсом 20 ГэВ. Каким разрешением по скорости σ (v/c) должна обладать система регистрации частиц (черенковские счетчики или детекторы по времени пролета), чтобы различать e^- и π^- , π^- и K^- , K^- и \bar{p} ?

12. Найти минимальный и максимальный импульс мюона при распаде ультрарелятивистского пиона с импульсом $p(\pi^+)$ (распад $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu$)

Найти максимальный полярный угол вылета мюона относительно направления движения пиона. Найти распределение по импульсу мюона.

13. Для того, чтобы изучать зависимость параметров распадов В-мезонов от времени их жизни, е+е- коллайдер делают асимметричным, так что энергия одного пучка $E(e^+) = 3 \text{ ГэВ}$, а вторая выбирается так, чтобы попасть в пик $\Upsilon(4S)$.

Найти:

- энергию второго пучка
- среднее расстояние, пролетаемое В-мезоном (время жизни взять из RPP)
- распределение по расстоянию между вершинами распадов B^0 и \bar{B}^0