

7. Найти массу радона, активность которого $a = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк.

Ответ: $m = 6,5 \cdot 10^{-9}$ кг.

8. Найти активность a радона, образовавшегося из массы $m = 1$ г радия за время $t = 1$ ч.

Ответ: $a = 2,8 \cdot 10^8$ Бк.

9. Вычислить массу радона ^{222}Ra , находящегося в радиоактивном равновесии с 1 г радия ^{222}Ra .

Ответ: $m = 6,33$ мкг.

10. На сколько процентов снизится активность изотопа иридия ^{192}Ir через месяц?

Ответ: на 24 %.

Занятие № 15

Тема: Элементарные частицы

Краткая теория

Мельчайшие микрочастицы вещества, не являющиеся молекулами, атомами или ядрами называются *элементарными частицами*. Термин *элементарные* является условным, т.е. не означает, что частицы не могут быть структурированы. Характерной особенностью элементарных частиц является их способность к взаимным превращениям.

Элементарные частицы принято делить на три группы:

фотоны; эта группа состоит из одной частицы – фотона – кванта электромагнитного излучения;

лептоны, участвующие только в электромагнитном и слабом взаимодействиях – электронное и мюонное нейтрино, электрон, мюон, π -лептон, таонное нейтрино;

адроны, обладающие сильным взаимодействием наряду с электромагнитным и слабым – протон, нейтрон, ионы и каоны.

Для всех типов взаимодействия элементарных частиц выполняются законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и электрического заряда.

Для процессов взаимопревращаемости элементарных частиц, обусловленных сильными взаимодействиями, выполняются все законы сохранения – энергии, зарядов (электрического, лептонного и барионного),

изоспина, странности и четности. В процессах, обусловленных слабыми взаимодействиями, не сохраняются только изоспин, странность и четность.

Согласно модели Гелл-Манна-Цвейга, все известные адроны можно построить, постулировав существование трех типов кварков (u , d , s), и соответствующих антикварков (\bar{u} , \bar{d} , \bar{s}), имеющих дробные электрические и барионные заряды (табл. 15.1)

Таблица 15.1.

Характеристики кварков (антикварков)

Тип кварка	Электрический заряд, q	Барионное число, B	Спин	Странность, S	Очарование, c	Цвет
u	+2/3	+1/3	1/2	0	0	желтый
d	-1/3	+1/3	1/2	0	0	—
s	-1/3	+1/3	1/2	-1	0	—
c	+2/3	+1/3	1/2	0	1	—
b	-1/3	+1/3	1/2	0	0	—
t	+2/3	+1/3	1/2	0	0	—
\bar{u}	-2/3	-1/3	1/2	0	0	фиолетовый, оранжевый, зеленый
\bar{d}	+1/3	-1/3	1/2	0	0	—
\bar{s}	+1/3	-1/3	1/2	1	0	—
\bar{c}	-2/3	-1/3	1/2	0	-1	—
\bar{b}	+1/3	-1/3	1/2	0	0	—
\bar{t}	-2/3	-1/3	1/2	0	0	—

Примеры решения задач

Задача 15.1. Известно, что в углеродно-азотном, или углеродном, цикле число ядер углерода остается неизменным. В результате этого цикла четыре ядра водорода ${}^1_1\text{H}$ (протона) превращаются в ядро гелия ${}^4_2\text{He}$, а также образуются три γ -кванта, два позитрона и два нейтрино. Записав эту реакцию, определите выделяющуюся в этом процессе энергию.

Решение

$m_1^1\text{H} = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $m_2^4\text{He} = 6,6467 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ $m_{e^+} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	$4^1_1\text{H} \rightarrow 4^4_2\text{He} + 2^0_{+1}e + 2^0_0\nu_e + 3\gamma + Q,$ $\Delta m = 4m_1^1\text{H} - (m_2^4\text{He} + 2m_{e^+}),$ $Q = \Delta mc^2 = (4m_1^1\text{H} - m_2^4\text{He} - 2m_{e^+})c^2 =$ $= (4 \cdot 1,6736 \cdot 10^{-27} - 6,6467 \cdot 10^{-27} - 2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}) \cdot 9 \cdot 10^{16} =$ $= 4,129 \cdot 10^{10} \text{ Дж} = 25,8 \text{ МэВ}.$
$Q - ?$	

Ответ: $Q = 25,8 \text{ МэВ}$.

Задача 15.2. Известно, что продукты распада заряженных пионов испытывают дальнейший распад. Запишите цепочку реакций для π^+ и π^- мезонов.

Решение

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + {}^0_0\nu_\mu, \quad \mu^+ \rightarrow {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu_e + {}^0_0\tilde{\nu}_\mu,$$

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + {}^0_0\tilde{\nu}_\mu, \quad \mu^- \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^0_0\tilde{\nu}_e + {}^0_0\nu_\mu.$$

Задача 15.3. Сконструировать из трех кварков протон и нейтрон.

Решение

Согласно модели Гелл-Манна-Цвейга, все известные адроны можно построить из трех типов кварков (u , d , s), и соответствующих антикварков (\tilde{u} , \tilde{d} , \tilde{s}).

Протон имеет кварковую структуру – uud , нейтрон – udd .

Задачи для самостоятельного решения

1. Запишите схемы распада положительного и отрицательного мюонов.

Ответ: $\mu^+ \rightarrow {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu_e + {}^0_0\tilde{\nu}_\mu, \quad \mu^- \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^0_0\tilde{\nu}_e + {}^0_0\nu_\mu.$

2. При захвате протоном отрицательного мюона образуется нейтрон и еще одна частица. Запишите эту реакцию и определите, что это за частица.