

Работа 5.15

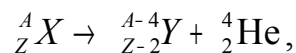
Определение энергии α -частиц по пробегу в воздухе

Оборудование: препарат α -радиоактивного изотопа, торцовый счетчик α -частиц, счетчик импульсов.

Введение

α -частицы представляют собой дважды ионизированные атомы гелия ${}^4_2\text{He}$, т. е. состоят из двух протонов и двух нейтронов. Образуются они при радиоактивном распаде атомных ядер или в процессе различных ядерных реакций. α -частицы с относительно малой энергией можно также получить путем ионизации атомов гелия.

Радиоактивный распад с образованием α -частиц протекает по следующей схеме:



где буквой X обозначен химический символ распадающегося *материнского* ядра, а буквой Y — химический символ образующегося *дочернего* ядра. Из схемы распада видно, что атомный номер дочернего ядра на две единицы, а массовое число на четыре единицы меньше материнского.

Скорости, с которыми α -частицы вылетают из распадающегося ядра, очень большие и достигают значений $\approx 10^7$ м/с. Соответственно, кинетическая энергия α -частиц, образующихся при распаде всех тяжелых ядер, заключена в пределах (4 — 9) МэВ. Если α -частица пролетает через вещество, она тратит свою энергию на ионизацию молекул вещества и в конце концов останавливается. *Длина пробега* α -частицы зависит от плотности вещества. В твердом веществе пробег имеет величину около 10^{-3} см. Например, α -частицы полностью задерживаются обычным листом бумаги. В воздухе при нормальном давлении пробег составляет несколько сантиметров. При уменьшении давления длина пробега увеличивается. На создание одной пары ионов в воздухе тратится в среднем 35 эВ энергии, поэтому α -частица, обладающая энергией в несколько миллионов электронвольт, способна создавать до 10^5 пар ионов.

Характерной особенностью движения α -частиц в воздухе является его прямолинейность и одинаковая длина пробега для всех частиц с одинаковой энергией. Эти обстоятельства дают возможность определить энергию α -частиц по длине их пробега в воздухе. α -частицы, которые излучаются различными ядрами, имеют разную энергию, а поэтому и разные пробеги в веществе.

Энергия α -частиц, излучающихся ядрами определенного радиоактивного элемента, приблизительно одинаковая. Это дает основание считать, что и пробеги этих частиц должны быть одинаковыми. Но, как показывают исследования, наблюдается разброс (страглинг) пробегов для частиц с одинаковой энергией. На рис. 5.38 (кривая *a*), приведена зависимость числа N α -частиц, прошедших слой вещества, от толщины этого слоя x . Очевидно, что несмотря на потерю энергии при прохождении через вещество, число α -частиц почти на всем пути их пробега остается постоянным. В конце пробега число α -частиц падает до нуля, но спад происходит не резко, а постепенно, что свидетельствует о наличии разброса в длине пробега.

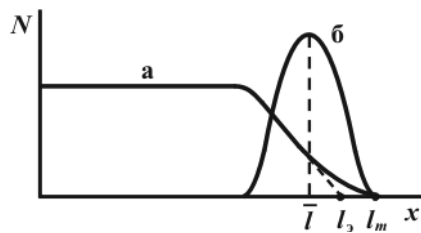


Рис. 5.38

Расстояние \bar{l} , на котором интенсивность пучка α -частиц уменьшается в два раза, называется *средним пробегом*. Если графически продифференцировать кривую *a* (рис. 5.38), то получится кривая *б*, которая представляет собой распределение α -частиц по пробегам. Эта кривая имеет резкий максимум при $x = \bar{l}$, т. е. преобладающее количество α -частиц имеет

определенный пробег \bar{l} с некоторым разбросом в ту и другую сторону. Кроме среднего пробега α -частиц, используется понятие *экстраполированного пробега* l_3 . Экстраполированный пробег получается путем продолжения до пересечения с осью x прямолинейного участка кривой $N = f(x)$, который круто спадает.

Максимальный пробег l_m получается в точке пересечения кривой $N = f(x)$ с осью x . Разброс в величине пробега отдельных α -частиц вызван случайными флуктуациями числа атомов, с которыми эта частица сталкивается на своем пути, так как число ионов, которое образует α -частица, а это значит и потеря ее энергии, зависят от этого числа. Другой причиной, которая вызывает разброс в величине пробега, является изменение заряда α -частицы при ее движении в веществе. На отдельных участках пробега α -частица может присоединить к себе один или два электрона и двигаться как однозарядный ион или нейтральная частица. Это приводит к изменению ее ионизирующей способности, а следовательно и длины пробега.

Длина пробега α -частиц зависит от их скорости. Приближенно эта зависимость может быть выражена формулой Гейгера:

$$l = \alpha v^3,$$

где l — длина пробега; v — скорость α -частицы; α — постоянная, равная $9,7 \cdot 10^{-24} \text{ с}^3/\text{м}^2$.

Если в результате исследований определить длину пробега l и скорость α -частиц v , то можно найти их кинетическую энергию:

$$E = \frac{mv^2}{2}.$$

Описание установки. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 5.39. Источник α -частиц 1 находится на неподвижной основе 2, в верхней части которой с помощью каретки 3 укреплен счетчик α -частиц 4. Каретка 3 соединена с винтом 5, вращением которого счетчик 4 можно приближать или удалять относительно источника α -частиц. Питание счетчика осуществляется от выпрямителя. Импульсы от счетчика регистрируются одноканальным счетным прибором ПС-02-08.

Порядок выполнения работы

1. Вращением головки винта 5 удалите счетчик от источника α -частиц на расстояние (6 — 7) см.

2. Определите натуральный фон счетчика N_{ϕ} .

3. Приблизив счетчик к источнику α -частиц на наименьшее расстояние $l_0 = 1$ мм, зафиксируйте число импульсов N_0 .

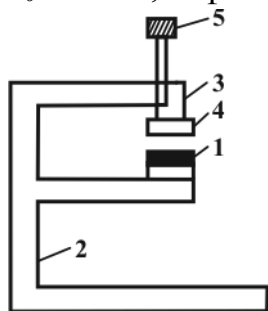


Рис. 5.39

4. Последовательно увеличивая расстояние x между счетчиком и источником α -частиц на 1 мм, исследуйте зависимость N_x от x . Измерения производите до того времени, пока число импульсов не станет равным фону. Время отсчета должно быть не менее двух минут.

5. Постройте график зависимости $N = f(x)$ и определите экстраполированный пробег l_3 , где $N = N_x - N_{\phi}$.

6. По найденным значениям l_3 с учетом l_0 ($l = l_3 + l_0 + l_c$) и поглощения α -частиц слюдяным окошком счетчика определите скорость v и кинетическую энергию E α -частиц. Толщину слюдяного окошка счетчика примите равной 3 мг/см^2 .

7. Результаты запишите в таблицу:

№ п/п	N_{ϕ}	x , мм	N_x	N	l_3 , мм	l , мм	v , м/с	E , МэВ
-------	------------	----------	-------	-----	------------	----------	-----------	-----------



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой α -частица? Назовите основные ее свойства.
2. Напишите схему α -распада.
3. Объясните основные закономерности α -распада.
4. Что называется пробегом α -частиц?

5. Как определяется экстраполированный пробег α -частиц?
6. Как по графику определить минимальную длину пробега α -частиц?
7. Каковы причины нестабильности некоторых ядер относительно α -распада?
8. Почему α -частицы обладают спектром энергии?
9. Объясните зависимость ионизирующей способности α -частицы от ее перезарядки.
10. Назовите границы значений кинетической энергии α -частиц.