

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 25.09.2022 14:42:20

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курский государственный технический университет»

Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-

Проректор по учебной работе

_____ Е.А. Кудряшов

« ____ » _____ 2010 г.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОХОЖДЕНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ВЕЩЕСТВО

Методические указания по выполнению лабораторной работы
№ 76 по оптике для студентов инженерно-технических
специальностей

Курск 2010

УДК 681.787.2

Составители: А.А. Родионов, В.Н. Бурмистров, Л.П. Петрова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.Т. Сычёв*

Изучение закономерностей прохождения радиоактивного излучения через вещество [Текст]: методические указания по выполнению лабораторной работы по оптике № 76 для студентов инженерно-технических специальностей / Курск. гос. техн. ун-т; сост.: А.А. Родионов, В.Н. Бурмистров, Л.П. Петрова. Курск, 2010. 8 с.: табл. 1. Библиогр.: с.8.

Содержат сведения по изучению прохождения радиоактивного излучения через вещество.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением для студентов инженерно-технических специальностей.

Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.
Курский государственный технический университет.
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: экспериментальная проверка закона поглощения излучения веществом и оценка эффективного сечения рассеяния.

Принадлежности: счетчик Гейгера-Мюллера, источник излучения, набор поглощающих материалов в виде пластин.

Теоретическое введение

Под радиоактивным излучением понимают поток заряженных частиц (α - частиц, электронов, позитронов, ионов и т.д.), нейтральных (нейтронов, нейтрино и др.) и γ - лучей, включая электромагнитные волны любого диапазона частот. Материя в любой форме своего существования в зависимости от конкретной ситуации в большей или меньшей степени проявляет свойства частиц. При прохождении через вещество частицы взаимодействуют с атомами этого вещества. Выделяют четыре типа фундаментальных взаимодействий. В сильном взаимодействии участвуют нуклоны (протоны и нейтроны), в электромагнитном – все заряженные частицы, в слабом – все частицы, кроме γ - квантов, гравитационным взаимодействием из-за малости масс частиц в данном случае можно пренебречь.

К классу сильных взаимодействий относятся ядерные силы. Между составляющими ядро нуклонами действуют особые силы, значительно превышающие кулоновские силы отталкивания между протонами. Нуклоны в ядре испытывают сильное притяжение лишь при расстояниях не больше 10^{-15} м. В сильных взаимодействиях участвуют также π и k - мезоны, гипероны, их античастицы и квазичастицы. Переносчиками ядерного (сильного) взаимодействия являются π - мезоны. Процесс прямого сильного взаимодействия характеризуется сечениями $10^{-27} - 10^{-24}$ см², а процессы распада с участием сильного взаимодействия имеют малые характерные времена $10^{-23} - 10^{-21}$ с. Эти сравнительно большие сечения для сильного взаимодействия приводят к тому, что частицы при прохождении через среду эффективно выбывают из коллимированного пучка за счет процессов поглощения и рассеяния.

Электромагнитное взаимодействие относится к числу интенсивных взаимодействий природы, хотя оно слабее ядерного (силь-

ного). В электромагнитном взаимодействии участвуют все заряженные частицы. Переносчиками этого взаимодействия являются кванты электромагнитного излучения, которые в зависимости от энергии называются фотонами (световой диапазон), рентгеновскими лучами и γ - лучами. Кванты электромагнитного излучения возникают в результате взаимодействия электрического заряда с окружающим его электромагнитным полем. Форм проявления электромагнитного взаимодействия много. Для заряженных частиц – кулоновское рассеяние, ионизационное торможение, радиационное торможение, черенковское излучение; для γ - квантов – фотоэффект, эффект Комптона, образование электронно-позитронных пар, фотоядерные реакции. Электромагнитное взаимодействие в 100 – 1000 раз слабее ядерного. Поэтому процессы электромагнитного взаимодействия протекают в 100 – 1000 раз медленнее ядерных процессов и характеризуются периодами $10^{-20} - 10^{-18} \text{ с}$. При прохождении заряженных частиц и γ - квантов через вещества наблюдаются большие потери энергии на электромагнитное взаимодействие.

Примером слабого взаимодействия является β - распад – это специфическое взаимодействие между нуклонами и окружающим их электронно-нейтринным полем, в процессе которого возникают или поглощаются электроны (позитроны) и антинейтрино (нейтрино). К числу слабых взаимодействий относятся также $(\pi - \mu)$ - распад, $(\mu - e)$ - распад, распады k - мезонов и гиперонов. Слабые взаимодействия примерно в 10^{13} раз слабее сильных, во столько же раз медленнее они протекают, т.е. их характерное время $\approx 10^{-10} \text{ с}$. Слабое взаимодействие может проявляться и в процессах прямого взаимодействия, например, в процессе захвата нейтрино нуклоном. Сечение же взаимодействия таких процессов $\approx 10^{-43} \text{ см}^2$, поэтому, например, поток нейтрино, практически не поглощаясь, проходит сквозь Солнце.

В ядерной физике вводят понятие эффективного сечения σ . Рассмотрим поток частиц попадающих на мишень настолько тонкую, что ядра мишени не перекрывают (не затеняют) друг друга. Если бы ядра мишени были твердыми шариками с поперечным сечением σ , а налетающие частицы также твердыми шариками, но с

исчезающе малым сечением, тогда вероятность попадания налетающей частицы в какое-либо ядро мишени:

$$P = n \delta \sigma, \quad (1)$$

где δ – толщина мишени, n – число ядер мишени в единице объема этой мишени. То есть, $n \delta \sigma$ – доля площади мишени, перекрытая ядрами мишени.

Пусть N – число частиц, пролетающих в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную к направлению потока. Тогда число столкновений частиц с ядрами мишени равно:

$$\Delta N = Np = Nn\delta\sigma, \text{ отсюда } \sigma = \frac{\Delta N}{Nn\delta}.$$

Представление о том, что ядра мишени – твердые шарики с площадью поперечного сечения σ в действительности заменяется понятием эффективного сечения для того или иного процесса. Толстую мишень разбиваем мысленно на тонкие слои толщиной dx . Для такого слоя имеем:

$$dN = -N(x)\sigma \cdot ndx.$$

Здесь $N(x)$ – поток частиц на мишень, долетевших до слоя мишени на глубине x . Отсюда получается:

$$N(x) = N_0 e^{-n \cdot \sigma \cdot x}, \quad (2)$$

где N_0 – первичный поток частиц. Из (2) следует, что для определения сечения взаимодействия частиц с ядрами атомов мишени, нужно измерить ослабление пучка частиц $N(\delta)/N_0$ при прохождении его через мишень толщиной δ (не обязательно малой):

$$\sigma = l \cdot n \frac{N(\delta)}{N_0 \pi \delta}. \quad (3)$$

Для энергий налетающих частиц, превышающих 10 Мэв, эффективное сечение взаимодействия равно:

$$\sigma = 2\pi R^2, \quad (4)$$

где R – радиус ядра атома мишени. В результате опытов было установлено, что $R = (1,3 \div 1,4) 10^{-15} A^{1/3} \text{ м}$, где A – массовое число ядра.

Обычно закон радиоактивного поглощения (2) записывают в виде:

$$N = N_0 l^{-\mu x}, \quad (5)$$

где $\mu = n \cdot \sigma$ – коэффициент поглощения, равный $\frac{dN}{Ndx}$ – доля поглощаемых частиц, приходящаяся на единичную толщину поглощающего слоя. При отсутствии источника излучения за время опыта счетчик регистрирует N_ϕ частиц, связанных с космическим излучением и излучением отдельных предметов, поскольку в них в различных количествах присутствуют радиоактивные изотопы. Так, например, в состав мышечной ткани человека входит изотоп радиоактивного калия и т.д. Поэтому в (5) при определении N необходимо каждый раз вычитать N_ϕ . Из трех основных видов излучения α , β , γ в данной работе определяется коэффициент поглощения β - излучения.

Порядок выполнения работы:

1. Включить в сеть пересчетное устройство и нажать клавишу «сеть».
2. Нажать кнопки «N», «однократно», «300» (чтобы через 300 с счет автоматически прекратился).
3. Проверить, чтобы все остальные кнопки пересчетного устройства были в не нажатом положении.
4. Измерить количество импульсов фонового излучения за 300 с, нажав кнопку «пуск», и снять показания прибора N_ϕ , затем нажать кнопку «сброс».
5. Повторить пункт 4 ещё 3 раза и найти среднее значение N_ϕ .
6. Поставить источник излучения на предметный столик к счетчику и 3 раза измерить по пункту 4 число импульсов N_0 .
7. Поместить между источником излучения и счетчиком одну пластину толщиной $x = 7$ мм и вновь 3 раза найти число импульсов $N_1(x)$.
8. Повторить пункт 7 вначале для двух пластин, толщиной 14 мм, затем для трех. Заполнить таблицу:

Таблица 1.

№ n/n	N_1	N_2	N_3	N_ϕ	N_0
1					
2					
3					
среднее значение					

9. Построить график зависимости $\ln(N - N_\phi)$ от x , где x – суммарная толщина слоя.

10. По тангенсу угла наклона этого графика найти:

$$\mu = \frac{\ln(N_2(x_2) - N_\phi) - \ln(N_1(x_1) - N_\phi)}{x_2 - x_1}.$$

11. Построить график зависимости числа поглощаемых частиц:

$$N' = N_0 - N(x) \text{ от } x.$$

12. Сделать на основе найденной величины μ оценку значения

$$\sigma = \frac{\mu}{n}. \text{ Здесь } n \text{ можно рассчитать по формуле: } n = \frac{N}{V} = \frac{\nu N_A}{V} = \rho \frac{N_A}{M},$$

где ρ и M – плотность и молярная масса железа ($\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$, $M = 56 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$). Полученное таким образом значение σ лучше всего подходит для потока нейтральных частиц на ядра атомов мишени.

Контрольные вопросы:

1. Структура и основные характеристики атомного ядра.
2. Энергия связи. «Прочность» ядра. Энергетическая возможность распада тяжелых и синтеза легких ядер.
3. Явление радиоактивности, α - распад, β - распад и его виды.
4. Прохождение излучения через вещество. Физические процессы, происходящие при прохождении через вещество:
 - а) тяжелых заряженных частиц;
 - б) легких заряженных частиц;
 - в) нейтральных частиц.
5. Методы регистрации заряженных и незаряженных частиц.
6. Цепная реакция деления ядер. Критическая масса.

7. Ядерный реактор. Проблемы энергетики.
8. Энергия звезд. Ядерные реакции, законы сохранения.

Библиографический список:

1. **Савельев И. В.** Курс общей физики. т.2. [Текст]: учеб. пособие / И. В. Савельев; М.: Наука, 1989.
2. **Путилов К. А., Фабрикант В. А.** Курс физики. т.3. [Текст]: учеб. пособие / К. А. Путилов, В. А. Фабрикант; М.: Физматгиз, 1960.