

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3_2
ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА по рассеянию α -частиц
Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с конспектом лекций и учебником (Савельев, т.3, §14). Запустите программу PHYSICS\BOOKS.exe. Нажмите кнопку «КВАНТ». Щелкайте мышью на кнопке « \downarrow » справа внизу, пока не появится кнопка, около которой надпись «ОПЫТЫ РЕЗЕРФОРДА». Нажмите ее и затем кнопку «ФИЗИКА». Прочитайте краткие теоретические сведения. Необходимое запишите в свой конспект.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- Знакомство с методикой экспериментального обоснования ядерной модели атома.
- Экспериментальное подтверждение модели ядра атома как точечного заряда.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ:

α -ЧАСТИЦЕЙ называется ядро атома гелия. Она имеет положительный электрический заряд $Q_\alpha = +2e$, где e - элементарный заряд, равный $1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл, и состоит из двух ПРОТОНОВ и двух НЕЙТРОНОВ. α -лучи (излучение) есть поток α -частиц. β -лучи есть поток электронов.

РАССЕЯНИЕМ называется изменение направления движения частицы после ее взаимодействия с другой, обычно неподвижной частицей вещества. На рис.1 схематически изображено рассеяние α -частицы при ее движении в кулоновском поле ядра атома.

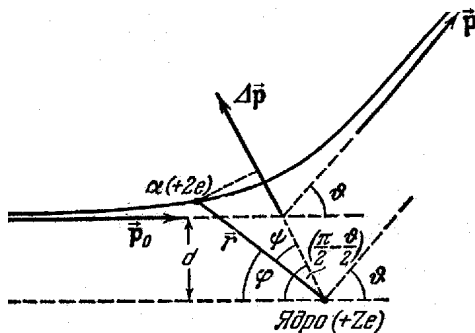


Рис.1

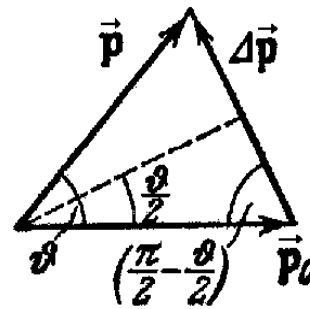


Рис.2

УГОЛ РАССЕЯНИЯ (ϑ на рисунках 1 и 2) есть угол между «новым» (после взаимодействия) и «старым» (до взаимодействия) направлением движения частицы. Здесь \vec{p}_0 - начальный импульс частицы, \vec{p} - конечный импульс частицы, \vec{r} - текущий радиус-вектор частицы.

ПРИЦЕЛЬНЫЙ ПАРАМЕТР есть расстояние (d на рис.1) от центра ядра до первоначального направления движения α -частицы. Заряд ядра $Q_{\text{яд}} = Z \cdot e$, где Z - количество протонов в ядре.

СИЛА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ между α -частицей и ядром чисто кулоновская, если минимальное расстояние r_{\min} между центрами ядра и частицы больше суммы радиусов ядра и частицы $|\vec{F}_{\text{яд}}| = \frac{Q_{\alpha} Q_{\text{яд}}}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{2Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

Учтем, что ядро атома имеет массу во много раз большую, чем масса α -частицы, т.е. при взаимодействии остается практически неподвижным. Из рисунка 2 видно, что изменение импульса частицы по величине равно (подробности см. в учебнике)

$$|\Delta \vec{p}| = 2p_0 \sin \frac{\vartheta}{2} \quad (1), \quad \text{где } p_0 = m_{\alpha} V \text{ и } V - \text{начальная скорость.}$$

Из второго закона Ньютона следует $d\vec{p} = \vec{F} dt$, и $\Delta \vec{p} = \int_{-\infty}^{+\infty} \vec{F}_{\text{яд}} dt$,

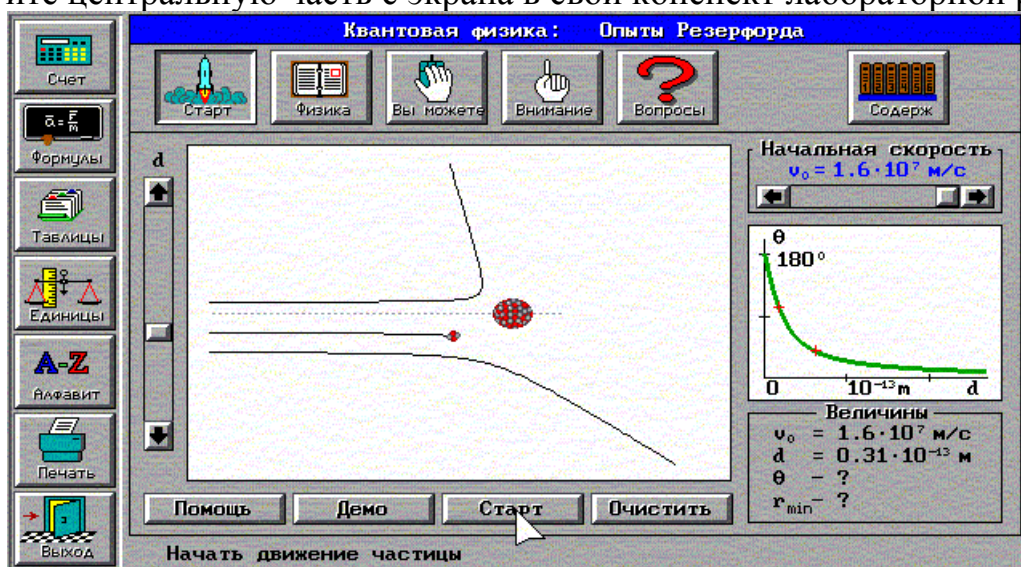
$$\text{откуда после интегрирования получим } |\Delta \vec{p}| = \frac{2Ze^2}{4\pi\epsilon_0 V d} 2 \cos \frac{\vartheta}{2} \quad (2).$$

Из сравнения формул 1 и 2 получим:

$$\text{ctg} \frac{\vartheta}{2} = \frac{2\pi\epsilon_0 m_{\alpha}}{Ze^2} V^2 d \quad (3).$$

Экспериментальное подтверждение справедливости этой формулы докажет верность принятой модели ядра атома.

Нажмите кнопку «Старт» и внимательно рассмотрите изображение на экране. Зарисуйте центральную часть с экрана в свой конспект лабораторной работы.



МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Зацепите мышью движок регулятора прицельного расстояния d и установите его на 0 («зацепить» значит расположить маркер мыши над движком, нажать и удерживать левую кнопку мыши).

Аналогичным образом установите минимальную начальную скорость V частицы. Нажав кнопку «Старт» наблюдайте движение частицы и значения угла рассеяния ϑ и минимального расстояния сближения r . Увеличьте на-

чальную скорость V частицы, нажав мышью один раз на правую стрелку регулятора скорости. Повторите наблюдения. Зарисуйте в конспект.

Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Уменьшите скорость до минимальной и увеличьте прицельное расстояние до значения, указанного первым в таблице 5 для вашей бригады. Наблюдайте движение α -частицы после нажатия кнопки «СТАРТ». Запишите значения скорости V , угла рассеяния ϑ и минимального расстояния r в таблицу 1. Увеличьте начальную скорость V частицы, нажав мышью один раз на правую стрелку регулятора скорости. Повторите измерения еще 3 раза.

1. Повторите измерения для других значений прицельного расстояния d из таблицы 5 и заполните еще 3 таблицы результатов измерений.

ТАБЛИЦЫ 1-4
РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ
при $d =$ м

$i =$	1	2	3	4
$V_i \cdot 10^7$ м/с				
$\theta_i, ^\circ$				
$r_i, 10^{-13}$ м				
$\text{ctg}(\theta_i/2)$				

ТАБЛИЦА 5. (не переписывать)
ЗНАЧЕНИЯ ПРИЦЕЛЬНОГО
РАССТОЯНИЯ (10^{-13} м)

Бригады	d_1	d_2	d_3	d_4
1,5	0.03	0.15	0.27	0.39
2,6	0.06	0.18	0.30	0.42
3,7	0.09	0.21	0.33	0.45
4,8	0.12	0.24	0.36	0.48

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:

1. Вычислите и запишите в таблицы 1-4 значения котангенса $\vartheta/2$.
2. Постройте на одном чертеже графики зависимости котангенса половинного угла рассеяния ($\text{ctg}(\theta/2)$) от квадрата начальной скорости движения α -частицы (V^2) для каждого d .
3. По каждому графику определите массу α -частицы m_α , используя наклон графика и формулу
$$m_\alpha = \frac{Ze^2}{2\pi\epsilon_0 d} \frac{\Delta(\text{ctg} \frac{\vartheta}{2})}{\Delta(V^2)}.$$
4. Вычислите среднее значение массы α -частицы и абсолютную ошибку измерения.
5. Запишите ответы и проанализируйте ответы и график.

ТАБЛИЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ: Масса α -частицы $6.64 \cdot 10^{-27}$ кг.

Вопросы и задания для самоконтроля по работе 3_2

1. Что такое электрон? Назовите его основные свойства.
2. Что такое протон? Назовите его основные свойства.
3. Что такое нейтрон? Назовите его основные свойства.
4. Что такое α -частица? Назовите ее основные свойства.
5. Что такое α - и β -излучение?
6. Объясните строение атома.
7. Перечислите известные модели строения атома.
8. Объясните строение ядра атома.
9. Что такое рассеяние?
10. Дайте определение угла рассеяния.
11. Дайте определение прицельного параметра.
12. Каковы силы взаимодействия между частицами внутри ядра атома?
13. Каковы силы взаимодействия между ядром атома и его электронами?
14. Каковы силы взаимодействия между ядром атома и налетающей α -частицей?
15. Напишите закон Кулона. При каких условиях он выполняется?
16. Какие законы сохранения выполняются для системы ядро + α -частица?