

Отчет о выполнении лабораторной работы 1.3

"Эффект Рамзауэра"

Калашников Михаил, Б03-202

Цель работы: Исследование энергетической зависимости вероятности рассеяния электронов атомами ксенона, определение энергии электронов, при которых наблюдается "просветление" ксенона, и оценивание размера его внешней электронной оболочки.

1. Теоретические сведения

Эффективным сечением реакции называется величина, характеризующая вероятность перехода системы двух сталкивающихся частиц в результате их рассеяния в определенное конечное состояние. Сечение σ равно отношению числа N таких переходов в единицу времени к плотности nv потока рассеиваемых частиц.

$$\sigma = \frac{N}{nv}$$

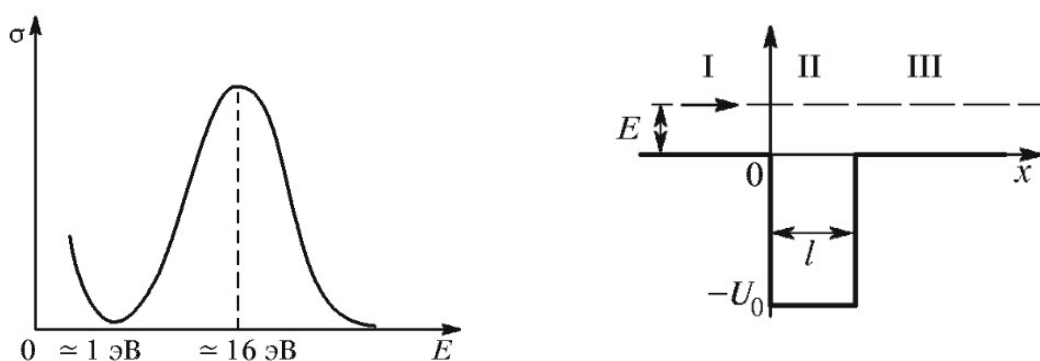


Рис. 1: Качественная картина результатов измерения потенциальной ямы, над которой пролетает частица с энергией E

Рис. 2: Схематическое изображение прямоугольной потенциальной ямы, над которой пролетает частица с энергией E

Объяснение эффекта, приведенного на рисунке выше, требует учета волновой природы электронов. Рассмотрим электрон, проходящий через плоскую прямоугольную потенциальную яму шириной l и глубиной U_0 . Уравнение Шредингера в данном случае примет вид:

$$[H]\psi + k^2\psi = 0, \quad \text{где } k^2 = \begin{cases} k_1^2 = \frac{2mE}{\hbar^2} & \text{в областях I и III;} \\ k_2^2 = \frac{2m(E+U_0)}{\hbar^2} & \text{в области II.} \end{cases} \quad (1)$$

Коэффициент прохождения D при этом равен отношению квадратов амплитуд прошедшей и падающей волн:

$$D^{-1} = 1 + \frac{U_0^2}{4E(E+U_0)} \sin^2 k_2 l.$$

Коэффициент прохождения максимален при условии:

$$k_2 l = \sqrt{\frac{2m(E+U_0)}{\hbar^2}} l = n\pi, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Рассмотрим интерференцию электронных волн де Бройля в атоме. Прошедшая волна усилится дважды отраженной при условии $\Delta = 2l = \lambda'$. С другой стороны, прошедшая волна ослабится если $\Delta = 2l = (3/2)\lambda'$. Получим два уравнения:

$$2l = \frac{h}{\sqrt{2m(E_1 + U_0)}}, \quad 2l = \frac{3}{2} \frac{h}{\sqrt{2m(E_2 + U_0)}}.$$

Решая эти два уравнения можно найти эффективный размер атома l и эффективную глубину потенциальной ямы атома:

$$l = \sqrt{h\sqrt{5}\sqrt{32m(E_2 - E_1)}}, \quad U_0 = \frac{4}{5}E_2 - \frac{9}{5}E_1.$$

2. Экспериментальная установка

Для изучения эффекта Рамзауэра используется тиратон ТГЗ-01/1.3Б, заполненный инертным газом.

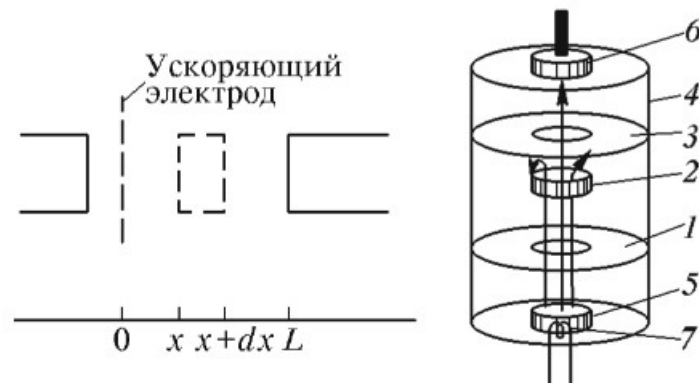


Рис. 3: Схематическое изображение тиратона (слева) и его конструкция (справа): 1, 2, 3 — сетки; 4 — внешний металлический цилиндр; 5 — катод; 6 — анод; 7 — накаливаемая спираль

Электроны, эмитируемые катодом тиратона, ускоряются напряжением V , приложенным между катодом и ближайшей к нему сеткой. Затем электроны рассеиваются на атомах ксенона.

3. Проведение эксперимента

4. Обработка результатов

5. Выводы