

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ И ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ХИМИИ»**

Лабораторная работа №2

**ПРОВЕРКА СООТНОШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ
ГЕЙЗЕНБЕРГА**

Работа №2

ПРОВЕРКА СООТНОШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ГЕЙЗЕНБЕРГА

Цель работы: с помощью изучения дифракции лазерного излучения на одной щели проверить соотношение неопределенностей Гейзенберга.

Приборы и материалы: оптическая скамья, экран, щель, оптический квантовый генератор ЛГН-105, измерительный инструмент.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Согласно гипотезе де Бройля, частицам вещества присущи как волновые, так и корпускулярные свойства. Связь между ними выражается соотношением:

$$\lambda_B = \frac{h}{p}, \quad (1)$$

где λ_B - длина волны де Бройля, h - постоянная Планка, p - импульс частицы.

Исходя из этого, Гейзенберг предложил следующий мысленный эксперимент: пусть частица, обладающая импульсом p , проходит через щель шириной Δx и попадает на экран, находящийся на расстоянии L от щели (рис. 2.1).

При дифракции от одной щели распределение интенсивности между центральным и вторичным максимумами равно: 1 : 0,045 : 0,016 : 0,008, поэтому, с достаточной степенью точности, можно ограничиться рассмотрением только центрального максимума. Условие первого минимума:

$$\Delta x \cdot \sin \varphi = \lambda, \quad (2)$$

где λ - длина волны используемого излучения, φ - угол отклонения пучка от первоначальной траектории.

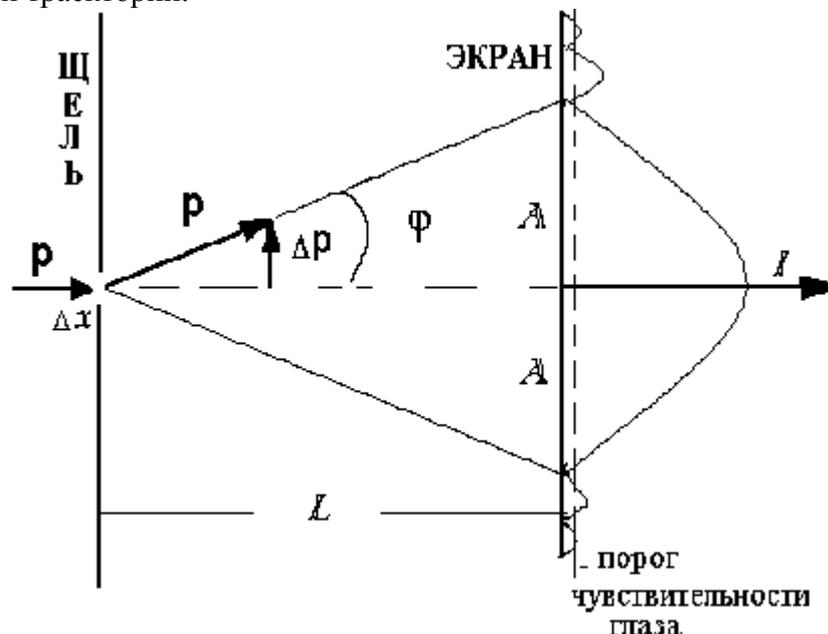


Рис. 2.1. Схематическое изображение дифракции излучения на одной щели

Частица вещества, пройдя через щель, попадет в какую-либо точку экрана в пределах центрального максимума, т.е. может отклониться от первоначальной траектории в пределах угла φ . При этом импульс частицы может измениться на величину Δp . Как видно из рис.2.1:

$$\frac{A}{L} = \frac{\Delta p}{p} = \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

где A - полуширина центрального максимума.

Поскольку угол φ достаточно мал, то:

$$\operatorname{tg} \varphi \cong \sin \varphi \sim \varphi. \quad (4)$$

И согласно (2) получаем следующее соотношение:

$$\varphi \geq \frac{\lambda}{\Delta x}. \quad (5)$$

Знак \geq учитывает, что существует отличная от нуля вероятность попадания частицы вне центрального максимума. Используя (1,3,4,5), имеем:

$$\frac{\Delta p}{p} \geq \frac{\lambda}{\Delta x} = \frac{h}{p \cdot \Delta x} \quad (6)$$

или:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq h. \quad (7)$$

Это соотношение называется соотношением неопределенностей Гейзенберга. Поскольку соотношение (1) получено по аналогии с квантами световых волн, все вышесказанное справедливо и для фотонов. Величины A , L и Δx могут быть измерены в эксперименте. Связь между этими величинами, как следует из (3) и (4), можно выразить соотношением:

$$A = \lambda \cdot L \cdot \frac{1}{\Delta x}. \quad (8)$$

Измеряя A при различных значениях ширины щели Δx , и построив график зависимости A от $1/\Delta x$, и найдя затем значение длины волны использованного излучения путем сравнения λ с истинным, можно проверить, выполняется ли соотношение неопределенностей.

При определении величины A следует иметь в виду, что глаз обладает определенным пределом чувствительности, поэтому на экране наблюдается чередование освещенных и затемненных участков. В связи с этим, величина A измеряется от середины затемненного участка.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить на оптической скамье ОКГ, щель и экран. Расстояние L взять в пределах 60-100 см.
2. Измерить A при Δx от 0,05 до 0,3 мм с шагом 0,05 мм.
3. Измерения сделать при 2-х значениях L .
4. Построить графики зависимости A от $1/\Delta x$.
5. По графикам определить λ и рассчитать соответствующие погрешности.
6. Сделать вывод по проделанной работе.

Вопросы к допуску

1. В чем суть гипотезы де Бройля?
2. В чем заключается явление дифракции?
3. Каков физический смысл соотношения неопределенностей?

Контрольные вопросы

1. Границы применимости соотношения неопределенностей Гейзенберга.
2. Сравните длины волн де Бройля мяча с массой 100 г, движущегося со скоростью 20 м/с и электрона, находящегося в атоме водорода на 1-ой боровской орбите. Сравнение подтвердить расчетом.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики, т.2 (дифракция от одной щели), т.3 (волновые свойства частиц).
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Наука, 1979. Т.4, § 44 ; Т.5, ч.1, § 17-20.