

## Лабораторная работа № 6.2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ

### 6.2.1. Цель работы

Целью работы является изучение волновых свойств электронов, знакомство с компьютерной моделью дифракции электронов при их рассеянии на одномерной монокристаллической решётке и экспериментальное определение периода кристаллической решётки «плёнки металла».

### Краткая теория

*Кристаллическая решетка* – это пространственная сетка линий, в узлах которой находятся частицы (атомы, молекулы, ионы).

*Элементарная ячейка* – параллелепипед наименьшего объема, многократным повторением которого можно построить кристалл.

В основе квантовой теории лежит представление о том, что в поведении микрочастиц проявляются как корпускулярные, так и волновые свойства. Это представление называется *корпускулярно-волновым дуализмом*. Согласно *гипотезе де Бройля*, не только фотоны, но и электроны и любые другие материи обладают, с одной стороны, корпускулярными характеристиками (энергией  $E$  и импульсом  $p$ ), а с другой – волновыми характеристиками (частотой  $\nu$  и длиной волны  $\lambda$ ).

Соотношения, связывающие данные свойства частиц, такие же, как для фотонов.

$$E = h\nu; \quad p = \frac{h}{\lambda}. \quad (6.2.1)$$

Таким образом, *волны де Бройля* – волны, связанные с любой свободно движущейся микрочастицей и отражающие ее квантовую природу. Наличие

волновых свойств у микрочастиц означает, что можно наблюдать их интерференцию и дифракцию.

Образование дифракционной картины при рассеянии электронов веществом в квантовой физике объясняется как распределение вероятности попадания электрона в различные точки экрана. Прошедший через кристалл электрон в результате взаимодействия с кристаллической решеткой образца отклоняется от первоначального направления движения и попадает в некоторую точку фотопластинки, установленной за кристаллом. На фотопластинке возникает упорядоченная картина дифракционных максимумов и минимумов в распределении электронов, прошедших через кристалл. Точно предсказать, в какое место фотопластинки попадет данный электрон нельзя, но можно указать вероятность его попадания после рассеяния в ту или иную точку пластинки. Эта вероятность определяется квадратом модуля волновой функции электрона  $|\Psi(x, y, z, t)|^2$  или интенсивностью волн де Бройля, а дифракционная картина возникает как результат вероятностного процесса.

Метод исследования вещества, основанный на дифракции электронов, называется *электронографией*. Он применяется для изучения атомной структуры кристаллов, структуры поверхности твердых тел, например при исследовании коррозии металлов.

С волновой точки зрения дифракция электронов не отличается от дифракции света на дифракционной решетке (см. лаб. работу № 5.4). Поэтому при рассеянии электронов на кристаллах положение главных максимумов определяется формулой для дифракционной решетки:

$$d \cdot \sin \alpha = m\lambda, \quad (6.2.2)$$

где  $d$  – период кристаллической решетки;  $m$  – порядок максимума.

При малых углах дифракции

$$\sin \alpha \approx \alpha \approx \frac{m\lambda}{d}. \quad (6.2.3)$$

Если на некотором расстоянии  $L$  от решетки поместить фотопластинку, то на ней будет зарегистрирована дифракционная картина в виде узких дифракционных полос – рефлексов, положение которых определяется при малых углах дифракции соотношением

$$X_m \approx L \cdot \alpha \approx \frac{mL\lambda}{d}, \quad (6.2.4)$$

откуда период кристаллической решетки (межплоскостное расстояние):

$$d \approx \frac{mL\lambda}{X_m}. \quad (6.2.5)$$

### 6.2.3. Порядок выполнения работы

Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите раздел «Квантовая физика» и модель «Дифракция электронов». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

Внимательно рассмотрите схему опыта на экране монитора (рис. 6.2.1). Найдите регуляторы с движками, задающими период кристаллической решетки  $d$ , скорость электронов  $V$ , и запишите их в соответствующую таблицу в отчете.

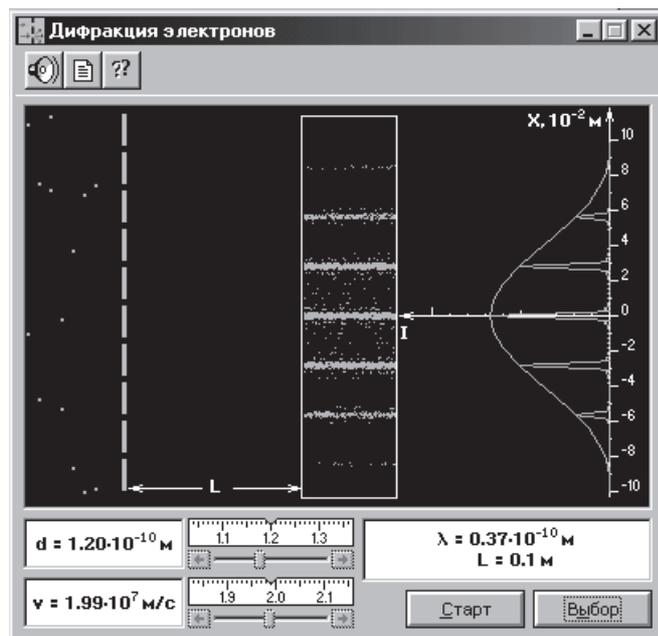


Рис. 6.2.1. Дифракция электронов

1. Нажмите мышью кнопку «Выбор» и, зацепив мышью движок регулятора периода решётки, установите максимальное значение  $d = 1,5 \cdot 10^{-10}$  м.

2. Аналогичным образом установите первое значение скорости электронов, указанное в табл. 6.2.1 для вашей бригады и запишите его под заголовком таблицы 6.2.2.

3. Запишите из окна опыта значения  $\lambda$  и  $L$  в таблицу 6.2.2.

4. Нажмите мышью кнопку «Старт» и наблюдайте движение электронов через одномерную модель дифракционной кристаллической решётки и их регистрацию на фотопластинке.

5. Определите по шкале, расположенной в правой части окна, координаты первых трёх максимумов интенсивности света в дифракционной картине и запишите эти значения в табл. 6.2.2.

6. Установите второе значение скорости для вашей бригады (см. табл. 6.2.1) и повторите измерения ещё раз. Результаты запишите в табл. 6.2.3.

Таблица 6.2.1

**Исходные данные**

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_1 \cdot 10^7$ , м/с	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,80	1,85	1,90
$V_2 \cdot 10^7$ , м/с	2,00	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35

Таблица 6.2.2

**Результаты измерений и расчётов**

$$V_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м/с}$$

$\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м}, \quad L = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$						
$X_{m1}$	$X_{m2}$	$X_{m3}$	$d_{\text{э}1}$	$d_{\text{э}2}$	$d_{\text{э}3}$	$d_{\text{э сред}}$

**Результаты измерений и расчётов**

$$V_2 = \text{_____ м/с}$$

$\lambda = \text{_____ м,} \quad L = \text{_____ м}$						
$X_{m1}$	$X_{m2}$	$X_{m3}$	$d_{\text{э}1}$	$d_{\text{э}2}$	$d_{\text{э}3}$	$d_{\text{э} \text{ сред}}$

**6.2.4. Обработка результатов измерений**

1. Рассчитайте для каждого значения  $X_m$  по формуле (6.2.5) экспериментальное значение периода дифракционной решётки, запишите эти данные в табл. 6.2.2 (графа  $d_{\text{э}}$ ).
2. Рассчитайте среднее значение для каждого опыта и сравните его с заданным первоначально в окне опыта.
3. Оцените для каждого опыта относительную и среднюю абсолютную погрешности измерений периода решетки (см. с. 6).
4. Запишите окончательный результат.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что такое кристаллическая решетка?
2. Что называется элементарной ячейкой?
3. Что такое период кристаллической решетки?
4. Что понимают под волнами де Бройля?
5. Чему равна длина волны де Бройля?
6. В чем суть корпускулярно-волнового дуализма?
7. Что такое дифракция микрочастиц?
8. Объясните образование дифракционной картины при рассеивании электронов веществом.
9. Что излучает электронография?
10. Как рассчитывается период кристаллической решетки в данной работе?