**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.9**

**Дифракция электронов на кристаллической решетке**

Студент: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ группа: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Допуск \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Выполнение \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Защита \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Введение**

Ознакомьтесь с конспектом лекций и учебником. Запустите программу компьютерного моделирования. Выберите модель «Дифракция электронов на решётке». Прочитайте краткие теоретические сведения. Подготовьте конспект

**Цель работы**

* Изучение волновых свойств электронов.
* Знакомство с компьютерной моделью дифракции электронов при их рассеянии на одномерной монокристаллической решётке (электронография).
* Определение периода кристаллической решётки «плёнки металла».

**Краткая теория**

Дифракция электронов - рассеяние электронов веществом, при котором из начального пучка частиц возникают дополнительно отклонённые пучки этих частиц. Дифракция электронов может быть объяснена только на основе квантово-механических представлений о микрочастице (электроне) как о волне. Основные геометрические закономерности дифракции электронов ничем не отличаются от закономерностей дифракции волн других диапазонов. Общим условием дифракции волн любой природы является соизмеримость длины падающей волны с расстоянием между рассеивающими центрами:

$λ\leq d$ (1).

Образование дифракционной картины при рассеянии электронов веществом в квантовой физике интерпретируется как распределение вероятности попадания электрона в различные точки экрана. Прошедший через кристалл электрон в результате взаимодействия с кристаллической решёткой образца отклоняется от первоначального направления движения и попадает в некоторую точку фотопластинки, установленной за кристаллом. При длительной экспозиции постепенно возникает упорядоченная картина дифракционных максимумов и минимумов е распределении электронов, прошедших через кристалл. Точно предсказать, в какое место фотопластинки попадёт 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 $|Ψ(x,y,z,t)|^{2}$, а дифракционная картина на экране возникает как результат вероятностного процесса.

*Электронография* – метод исследования структуры кристаллических веществ, основанный на дифракционном рассеянии ускоренных электрическим полем электронов. Он применяется для изучения атомной структуры кристаллов, аморфных тел и жидкостей, молекул газов и паров. При прохождении через вещество электроны, обладающие волновыми свойствами, взаимодействуют с атомами, в результате чего образуются дифрагированные пучки, интенсивность и расположение которых связаны с атомной структурой вещества и другими структурными параметрами. Рассеяние электронов определяется электростатическим потенциалом атомов, максимумы которого отвечают положениям атомных ядер.

Сильное взаимодействие электронов с веществом ограничивает толщину просвечиваемых образцов десятыми долями мкм. Поэтому методами электронографии изучают атомную структуру мелкокристаллических веществ, структуру поверхностей твёрдых тел, например, при исследовании явлений коррозии металлов, адсорбции и катализа.

В основе расчёта элементов кристаллической ячейки и определения симметрии кристалла лежит измерение упорядоченного расположения дифракционных максимумов - точек или пятен («рефлексов») на электронограммах. С волновой точки зрения дифракция электронов полностью эквивалентна дифракции света на дифракционной решётке. Поэтому при рассеянии электронов на кристаллах положение главных максимумов определяется формулой дифракционной решётки:

$dsinθ=mλ$. (2)

При малых углах дифракции

$θ≈\frac{mλ}{d}$. (3)

Если на некотором расстоянии *L* от решётки поместить фотопластинку, то на ней будет зарегистрирована дифракционная картина в виде узких дифракционных полос – рефлексов, положения которых определяются при малых углах дифракции соотношением

$x\_{m}≈Lθ≈\frac{mLλ}{d}$, (4)

откуда период кристаллической решётки (межплоскостное расстояние)

$d≈\frac{mLλ}{x\_{m}}$. (5)

**Методика и порядок измерений**

Внимательно рассмотрите окно опыта. Найдите все регуляторы и другие основные элементы. Зарисуйте в свой конспект схему опыта.



Рис. 1. Схема эксперимента «Дифракция электронов на кристаллической решетке».

1. В окне «Параметры эксперимента» установите: размер щели $b=3Å$, скорость электронов $υ=0,01c$, количество щелей $N=10$ и период решётки $d\_{1}$ указанный в таблице 1 для вашей бригады.
2. Нажмите мышью центральную кнопку «Пуск» в нижнем правом углу опыта и наблюдайте движение электронов через одномерную модель дифракционной кристаллической решётки и их регистрацию на фотопластинке.
3. Определите по шкале, расположенной в правой части окна, координаты первых трёх максимумов интенсивности дифракционной картины и запишите эти значения в таблицу 2.
4. Установите второе значение $d\_{1}$ для вашей бригады и повторите эти измерения ещё раз.

**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

**Таблица 1. Значения периода решётки**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер бригады** |  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
| $$d\_{1}, Å$$ |  | 10,0 | 10,1 | 10,2 | 10,3 | 10,4 | 10,5 | 10,6 | 10,7 |
| $$d\_{2}, Å$$ |  | 12,7 | 12,6 | 12,5 | 12,4 | 12,3 | 12,2 | 12,1 | 12,0 |

**Таблица 2. Результаты измерений и расчётов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | $d\_{1}$=\_\_\_\_\_\_\_ | $d\_{2}$=\_\_\_\_\_\_\_ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| $$x\_{max}∙10^{-2}, м$$ |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $$d\_{э}∙10^{-1}, м$$ |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Обработка результатов и оформление отчёта**

1. Рассчитайте для каждого значения $x\_{max}$ по формуле (5) период дифракционной решётки $d\_{э}$ запишите эти данные в таблицу 2 и сравните полученное среднее значение с установочным.
2. Проведите оценку погрешности измерений.

**Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Назовите основные отличия кристаллических тел от аморфных.
2. Что такое кристаллическая решётка?
3. Что такое узлы кристаллической решётки?
4. Чем отличаются монокристаллы от поликристаллов?
5. Как можно классифицировать кристаллы?
6. Что такое ионная связь?
7. Что такое ковалентная связь?
8. Какие типы кристаллографических систем вы знаете?
9. Определите основные свойства волн де Бройля.
10. В чём заключается соотношение неопределённостей?
11. Что такое волновая функция и в чём заключается её статистический смысл?
12. Запишите уравнение Шредингера для стационарных состояний.
13. Что такое дифракция микрочастиц?
14. Каковы особенности дифракции на пространственной решётке?
15. Сформулируйте условие Брэгга-Вульфа. Что оно определяет?
16. Кем и когда впервые была доказана возможность дифракции электронов?
17. Какую информацию можно получить из анализа электронограммы?

**Литература**

1. Трофимова Т. И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001, Гл. 28, § 213.
2. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000, Гл. 37, § 37.1.