

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Наблюдение дифракции электронов на поликристаллическом графите и подтверждение волновой природы электронов

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Измерение диаметров двух дифракционных колец при различных напряжениях ускорителя.
- Определение длины волны электронов при различных напряжениях ускорителя путем применения условия Брэгга.
- Подтверждение уравнения де Бройля для длины волны.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Дифракция электронов на пленке поликристаллического графита свидетельствует о волновой природе электронов. На люминесцентном экране дифракционной трубки можно наблюдать два дифракционных кольца вокруг центрального пятна на оси пучка. Причиной этих колец является дифракция электронов на тех плоскостях кристаллической решетки микрокристаллов графитовой пленки, которые удовлетворяют условию Брэгга. Это явление подобно результатам, полученным при дифракции рентгеновских лучей Дебая-Шеррера на кристаллическом порошке.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Дифракционная электронная лампа модели S	U185711
1	Держатель электровакуумных приборов модели S	U185002
1	Высоковольтный источник питания с напряжением 5 кВ (230 В, 50/60 Гц)	U33010-230 или
	Высоковольтный источник питания с напряжением 5 кВ (115 В, 50/60 Гц)	U33010-115
1	Набор из 15 безопасных соединительных проводов для опытов длиной 75 см	U138021

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

В 1924 г. Луи де Бройль выдвинул гипотезу о том, что частицы могут, в принципе, тоже обладать волновыми свойствами, и что длина волны зависит от момента. Позже его теории были подтверждены К. Девиссоном и Л. Джермером путем наблюдения дифракции электронов на кристаллическом никеле.

Согласно де Бройлю, соотношение между длиной волны λ частицы и ее моментом p определяется выражением:

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

h : постоянная Планка.

В случае электронов, которые получили ускорение напряжением U_A , это приводит к уравнению

2

$$(2) \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U_A}}$$

m : масса электрона, e : элементарный электрический заряд.

Например, если напряжение ускорителя составит 4 кВ, можно сопоставить электронам длину волны порядка 20 пм.

В этом опыте волновая природа электронов в стеклянной трубке, из которой откачан воздух, демонстрируется путем наблюдения их дифракции на поликристаллическом графите. На люминесцентном экране трубки можно наблюдать дифракционные кольца вокруг центрального пятна на оси пучка. Диаметр колец зависит от напряжения ускорителя. Их причиной является дифракция электронов на тех плоскостях кристаллической решетки микрокристаллов, которые удовлетворяют условию Брэгга:

$$(3) \quad 2 \cdot d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda$$

θ : угол Брэгга, n : порядок дифракции,
 d : расстояние между плоскостями кристаллической решетки

(см. рис. 2). Диаметр дифракционного кольца, соответствующего углу Брэгга θ , определяется выражением:

$$(4) \quad D = 2 \cdot L \cdot \tan 2\theta$$

L : расстояние между графитовой пленкой и люминесцентным.

Поскольку графит имеет кристаллическую структуру с двумя разными расстояниями между плоскостями кристаллической решетки, $d_1 = 123$ пм и $d_2 = 213$ пм (см. рис. 3), дифракционная картина первого порядка ($n = 1$) состоит из двух дифракционных колец с диаметрами D_1 и D_2 .

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

По диаметрам двух дифракционных колец и расстояниям между плоскостями кристаллической решетки мы можем определить длину волны λ , применив условие Брэгга. При малых углах справедливо следующее равенство:

$$\lambda = 2 \cdot d_{1/2} \cdot \sin \left(\frac{1}{2} \cdot \arctan \left(\frac{D_{1/2}}{2 \cdot L} \right) \right)$$

Расчитанные таким образом по результатам опыта длины волн можно сравнить со значениями, рассчитанными с помощью теоретического выражения (2).

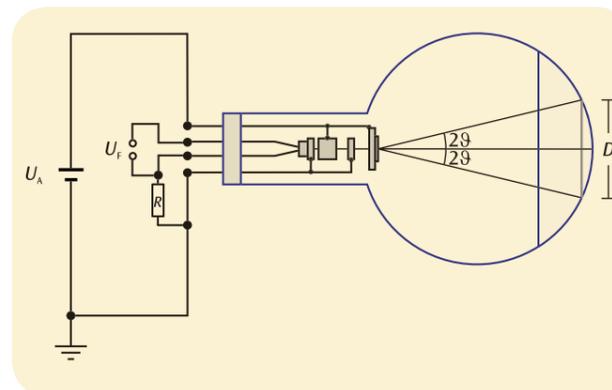


Рис. 1: Схема электронной дифракционной трубки

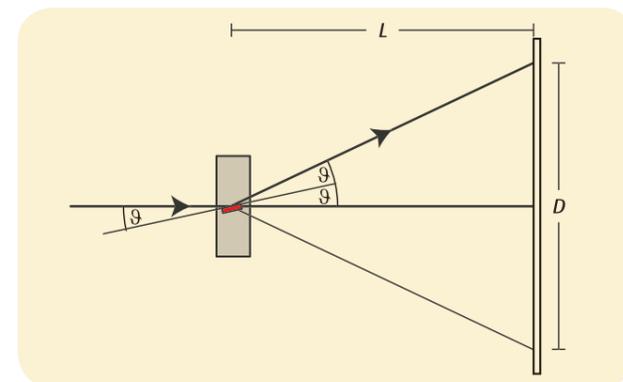


Рис. 2: Отражение Брэгга от «подходящей» группы плоскостей кристаллической решетки в типичной кристаллической решетки графитовой пленки

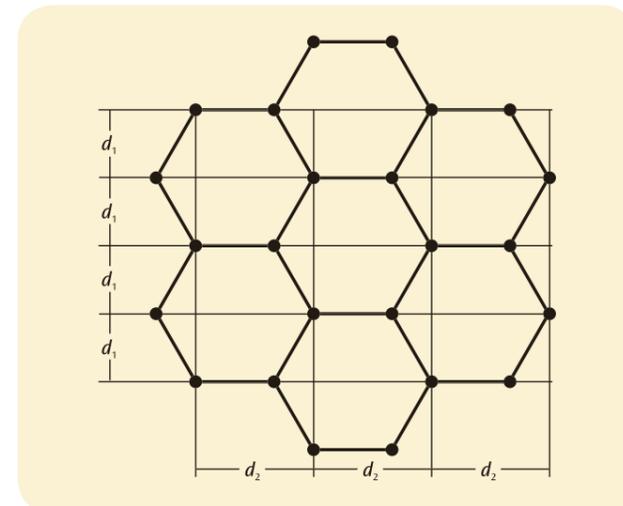


Рис. 3: Кристаллическая структура графита

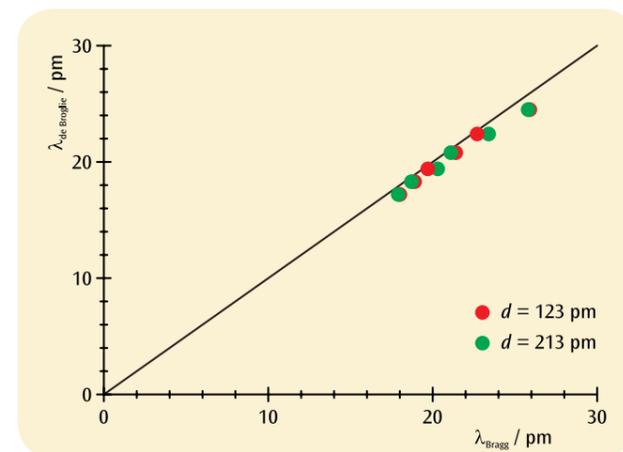


Рис. 4: Соотношение между длинами волн, определенными экспериментально с помощью условия Брэгга, и теоретически длинами волн де Бройля