

## Лабораторна робота «Дифракція електронів»

Лабораторна робота №1  
Тема: Дифракція електронів  
Мета: 1) Ознайомитися з методом Дебая-Шеррера при дослідженні дифракції електронів.  
2) Визначити відстань між атомними площинами, на яких відбувається дифракція електронів у графіті.  
Обладнання: електронно-дифракційний апарат зі штативом, джерело живлення, резистор, джерело енергії, штатив, циліндр.  
Принцип: електрони дифрагують на полікристалічній плівці графіту, на флуоресцентному екрані з'являються кільця інтерференції. Між площинами відстань у графіті розраховується виходячи з діаметру кілець і прискорюючої напруги.  
Основні теоретичні відомості:  
За гіпотезою де Бройля, для пояснення явища дифракції електронів вводиться поняття довжини хвилі  $\lambda$  електрона, що залежить від імпульсу  $\lambda = \frac{h}{p}$ , де  $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$  Дж·с стала Планка.  
Імпульс розраховується зі швидкості  $v$  електронів при прискорюючій напрузі  $U_A$ :  $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} = e \cdot U_A$   
Таким чином, довжина хвилі де Бройля в нерелятивістичному  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2me \cdot U_A}} = \frac{150}{\sqrt{U_A}} \cdot 10^{-10}$  м, де  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m = 9,109 \cdot 10^{-31}$  кг.  
В даній роботі досліджується дифракція електронів на полікристалічній графітній плівці методом Дебая-Шеррера.

Полікристалічна плівка складається з великої кількості малих кристалів. Коли пучок електронів падає на напильну плівку полікристалічного графіту, відбувається дифракція електронів. Виходячи з цих кристалів, відбувається дифракція електронів. Оскільки окремі кристали розташовані в полікристалічній плівці хаотично, то інтерференційна картина на екрані буде складатися з випадково розподілених кілець. Інтерференційний максимум виникає за умови, яка визначається формулою Вульфа-Брегга:  
 $d \cdot \sin \theta = n \frac{150}{\sqrt{U_A}}$ , де  $d$  - відстань між атомними площинами в ангстремах,  $\theta$  - Бреггівський кут (кут між пучком електронів і площинною ґратки),  $n$  - порядок максимуму,  $U_A$  - прискорюючий потенціал у вольтах. При великих  $U_A$  ( $U_A > 10$  кВ) довжина хвилі де Бройля мала ( $\lambda < 0,12$  А), тому  $\theta < 0,02$  радіан і  $\sin \theta \approx \theta$ . Кут  $\theta$  досить просто зняти, знаючи радіус кілець  $M$  і відстань від кристала до екрана  $L$ .  $\tan 2\theta = \frac{2}{L} \approx \sin 2\theta = 2\sin \theta \approx 2\theta$ . Підставляючи значення  $\sin \theta$  у формулу Вульфа-Брегга, отримаємо залежність радіуса дифракційного кільця від  $L, d$  і  $U_A$ :  
 $M = n \frac{L}{2} \sqrt{\frac{150}{U_A}}$   
Враховуючи, що в даній схемі  $L = 2R$ , де  $R = 0,5$  м - радіус екрану, отримаємо:  $M = \frac{R}{2} n \sqrt{\frac{150}{U_A}}$   
Хід роботи  
Вмикаємо експериментальну установку та за допомогою зміни напруги  $U$  від 3 кВ до 10 кВ спостерігаємо зникнення кілець та вимірюємо їх діаметри використовуючи штативні циліндри. Дані заносимо до таблиці. Визначаємо  $U_1, U_2, U_3$  з виміряних  $d$ , а також визначаємо  $\lambda = n \frac{150}{\sqrt{U}}$ ,  $n = 1, 2, \dots$

$l$ (кВ)	$d_{св}$ (мм)	$d_{28}$ (мм)	$d_{32}$ (мм)	$d_{23}$ (мм)	$M_2$ (мм)	$M_3$ (мм)	$\lambda \cdot 10^{-12}$ м
3	23,2	30	43,5	52,2	13,3	24,075	22,36
4	21,6	26,1	38,9	48,1	11,925	21,25	19,38
5	18,3	23,1	32,3	39,6	10,35	17,875	17,32
6	17	22	31,4	36,2	9,75	16,9	15,81
7	16,8	19	29,5	34,3	8,96	15,85	14,63
8	16,4	18,2	28	32,2	8,65	15,2	13,69
9	14	16,6	25	30	7,65	13,78	12,91
10	13,6	15,9	24,3	28,6	7,375	13,225	12,25

За допомогою МНК визначаємо міхніщину виготовлення  $d_1$  та  $d_2$ ; графіки  $M_2 = f(\lambda)$  та  $M_3 = f(\lambda)$ ,  $n=1,2$

$y$	$x$
$T_1$ 12,875	20
$T_2$ 7,375	13

$M_2$ :

$$A = (0,59 \pm 0,024) \cdot 10^9$$

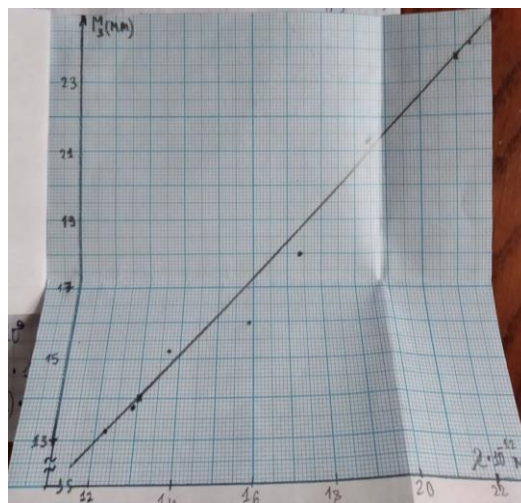
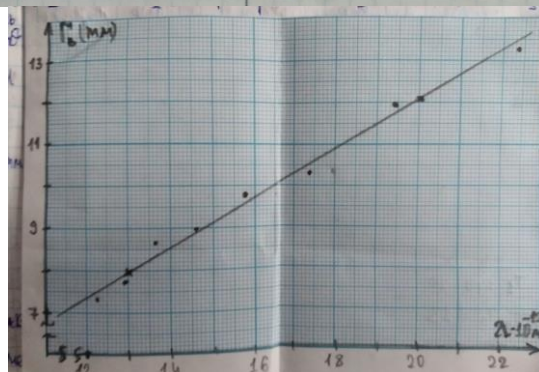
$$B = (0,287 \pm 0,35) \cdot 10^{-12}$$

$$d_1 = (0,229 \pm 0,021) \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$A = (1,071 \pm 0,041) \cdot 10^9$$

$$B = (0,117 \pm 0,08) \cdot 10^{-12}$$

$$d_2 = (0,126 \pm 0,006) \cdot 10^{-9} \text{ м}$$





Висновок: на лабораторній роботі ознайомились з методом Дебая-Шерера при дослідженні дифракції електронів. Визначили відстань між атомними площинами графіту в яких була дифракція електронів:  ~~$d_1$~~   
 $d_1 = (0,229 \pm 0,021) \cdot 10^{-9} \text{ м}$  та  $d_2 = (0,128 \pm 0,006) \cdot 10^{-9} \text{ м}$  при  $n=1$  та  $d_1 = (0,458 \pm 0,042) \cdot 10^{-9}$ ,  $d_2 = (0,252 \pm 0,012) \cdot 10^{-9} \text{ м}$  при  $n=2$ . Похибка при вимірюванні  $d$  виникла значно велика через роботу експериментаторів, а саме неточні виміри штангенциркулем вплинули на похибку. Значення були отримані близькі до табличних, ~~тобто~~ ~~тобто~~ похибка майже не впливає на результати обчислень.