

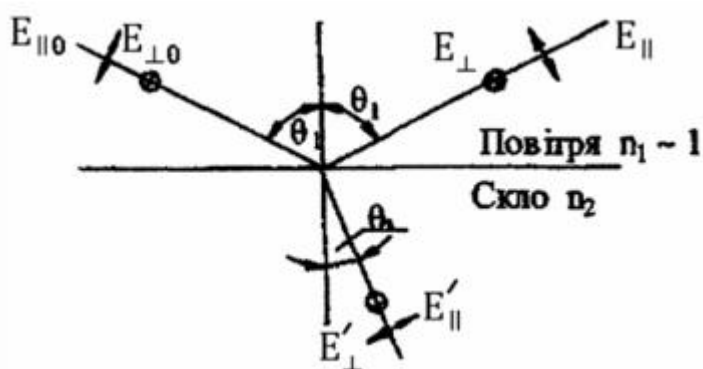
Лабораторна робота 3-5

Вивчення фраунгоферової дифракції світла на щілині та ґратці

Мета роботи: Експериментально перевірити формули Френеля, досліджуючи відбиття поляризованого світла від скляної пластинки, визначити кут Брюстера, показник заломлення скла та площину коливань світлового вектора \vec{E} .

Короткі теоретичні відомості

Як відомо світло являє собою поперечну електромагнітну хвилю. Світлові хвилі бувають природними та поляризованими, тобто такими, в яких (на відміну від природних) коливання вектора певним чином упорядковані. Способи впорядкування, а у відповідності до них і види поляризації проаналізовані. Оптичні пристрої, за допомогою яких світло поляризується, називаються поляризаторами.



Під час розгляду даного питання хвилю, що падає, представляють у вигляді суперпозиції двох хвиль $E_{\parallel 0}$ і $E_{\perp 0}$, електричні вектори яких коливаються відповідно у площині падіння хвилі та перпендикулярно до неї. Залежить амплітуди відбитої й заломленої хвиль від

кута падіння описується формулами Френеля. Так, наприклад, амплітуди відбитих хвиль, відповідно до цих формул

$$E_{\parallel} = \frac{E_{\parallel 0} \operatorname{tg}(\theta_1 - \theta_2)}{\operatorname{tg}(\theta_1 + \theta_2)}$$
$$E_{\perp} = \frac{E_{\perp 0} \sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

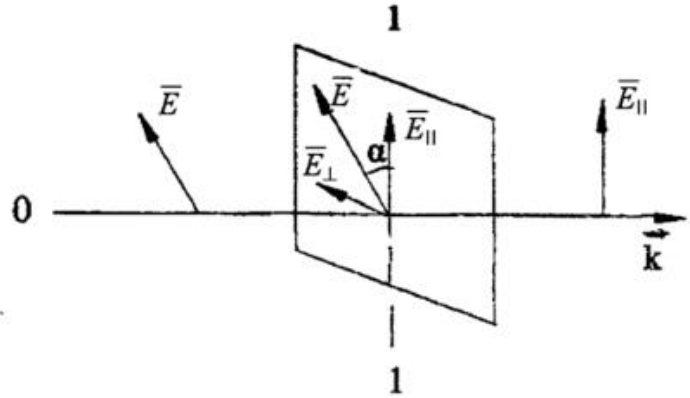
З формул Френеля видно, що амплітуда відбитої хвилі стає рівною нулю, а відбите світло містить лише компонент E_{\parallel} , тобто є повністю поляризованим. Величина кута падіння, за якого це відбувається, знаходиться з умови

$$\operatorname{tg} \theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

Останнє співвідношення носить назву закону Брюстера.

Розглянемо випадок, коли
лінійно поляризована світлова
хвиля

падає перпендикулярно на
поляризатор таким чином, що
площина коливань вектора
цієї хвилі складає з площиною



11
поляризатора кут α . У цьому
раз інтенсивність I хвилі, що прийшла
крізь поляризатор, визначається

виразом $I = I_0 \cos^2 \alpha$

Співвідношення називається законом Малюса.

Завдання 1

Орієнтація вектора	Кут							
	θ_1°	10	20	25	30	35	40	45
\perp $U_0 = 191.85$	U	21.00	22.92	24.55	26.68	29.53	33.17	37.70
	\sqrt{U}	4.58	4.78	4.95	5.16	5.43	5.75	6.14
	$\frac{E_{\perp}}{E_0}$	0.33	0.34	0.35	0.37	0.39	0.41	0.44
Теоретичне значення	$\frac{E_{\perp}}{E_0}$	0.16	0.21	0.24	0.26	0.29	0.30	0.32
\parallel $U_0 = 169.54$	U	17.34	15.68	14.40	12.79	10.93	8.83	6.55
	\sqrt{U}	4.16	3.95	3.79	3.57	3.30	2.97	2.55
	$\frac{E_{\parallel}}{E_0}$	0.32	0.30	0.29	0.27	0.25	0.22	0.19

Теоретичне значення	$\frac{E_{\parallel}}{E_0}$	0.18	0.20	0.21	0.19	0.15	0.12	0.10
------------------------	-----------------------------	------	------	------	------	------	------	------

Орієнтація вектора	Кут							
	θ_1°	50	55	60	65	70	75	80
\perp $U_0 = 191.85$	U	43.36	50.50	59.61	71.37	86.19	104.59	127.31
	\sqrt{U}	6.58	7.10	7.72	8.44	9.28	10.22	11.28
	$\frac{E_{\perp}}{E_0}$	0.47	0.51	0.55	0.60	0.66	0.73	0.81
Теоретичне значення	$\frac{E_{\perp}}{E_0}$	0.34	0.38	0.42	0.48	0.57	0.64	0.72
\parallel $U_0 = 169.54$	U	4.14	1.94	0.34	0.19	3.02	11.74	32.06
	\sqrt{U}	2.03	1.39	0.58	0.43	1.73	3.42	5.66
	$\frac{E_{\parallel}}{E_0}$	0.15	0.10	0.04	0	0.13	0.26	0.43
Теоретичне значення	$\frac{E_{\parallel}}{E_0}$	0.05	0	0.05	0.11	0.22	0.32	0.51

$$\frac{E_{\perp 1}}{E_0} = \frac{\sqrt{U}_{\theta}}{\sqrt{U}_0} = \frac{4.58}{\sqrt{191.85}} \approx 0.33; \frac{E_{\perp 2}}{E_0} \approx 0.34; \frac{E_{\perp 3}}{E_0} \approx 0.35; \frac{E_{\perp 4}}{E_0} \approx 0.37; \frac{E_{\perp 5}}{E_0} \approx 0.39;$$

$$\frac{E_{\perp 6}}{E_0} \approx 0.41; \frac{E_{\perp 7}}{E_0} \approx 0.44; \frac{E_{\perp 8}}{E_0} \approx 0.47; \frac{E_{\perp 9}}{E_0} \approx 0.51; \frac{E_{\perp 10}}{E_0} \approx 0.55; \frac{E_{\perp 11}}{E_0} \approx 0.60;$$

$$\frac{E_{\perp 12}}{E_0} \approx 0.66; \frac{E_{\perp 13}}{E_0} \approx 0.73; \frac{E_{\perp 14}}{E_0} \approx 0.81;$$

$$\frac{E_{\parallel 1}}{E_0} = \frac{\sqrt{U}_{\theta}}{\sqrt{U}_0} = \frac{4.16}{\sqrt{169.54}} \approx 0.32; \frac{E_{\parallel 2}}{E_0} \approx 0.30; \frac{E_{\parallel 3}}{E_0} \approx 0.29; \frac{E_{\parallel 4}}{E_0} \approx 0.27; \frac{E_{\parallel 5}}{E_0} \approx 0.25;$$

$$\frac{E_{\parallel 6}}{E_0} \approx 0.22; \frac{E_{\parallel 7}}{E_0} \approx 0.19; \frac{E_{\parallel 8}}{E_0} \approx 0.15; \frac{E_{\parallel 9}}{E_0} \approx 0.10; \frac{E_{\parallel 10}}{E_0} \approx 0.04; \frac{E_{\parallel 11}}{E_0} \approx 0;$$

$$\frac{E_{\parallel 12}}{E_0} \approx 0.13; \frac{E_{\parallel 13}}{E_0} \approx 0.26; \frac{E_{\parallel 14}}{E_0} \approx 0.43;$$

Обчислення кутів:

$$n_1 = 1; n_2 = 1.5$$

$$n_{2\text{експ}} = \text{tg}(\theta_{\text{бр}}) \cdot n_1 = \text{tg}(55^\circ) \approx 1.42$$

$$\theta_{21} = \arcsin \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 = \arcsin \frac{1}{1.5} \sin 10^\circ \approx 7.26^\circ; \theta_{22} \approx 13.15^\circ; \theta_{23} \approx 16.33^\circ;$$

$$\theta_{24} \approx 19.45^\circ; \theta_{25} \approx 22.45^\circ; \theta_{26} \approx 25.34^\circ; \theta_{27} \approx 28.10^\circ; \theta_{28} \approx 30.69^\circ; \theta_{29} \approx 33.06^\circ;$$

$$\theta_{210} \approx 35.22^\circ; \theta_{211} \approx 37.14^\circ; \theta_{212} \approx 40.12^\circ; \theta_{213} \approx 40.06^\circ; \theta_{214} \approx 41.12^\circ;$$

Теор:

$$\frac{E_{\perp 1}}{E_0} = \left| \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \right| = \left| \frac{\sin(10^\circ - 7.26^\circ)}{\sin(10^\circ + 7.26^\circ)} \right| \approx 0.16; \frac{E_{\perp 2}}{E_0} \approx 0.21; \frac{E_{\perp 3}}{E_0} \approx 0.24;$$

$$\frac{E_{\perp 4}}{E_0} \approx 0.26; \frac{E_{\perp 5}}{E_0} \approx 0.29; \frac{E_{\perp 6}}{E_0} \approx 0.30; \frac{E_{\perp 7}}{E_0} \approx 0.32; \frac{E_{\perp 8}}{E_0} \approx 0.34; \frac{E_{\perp 9}}{E_0} \approx 0.38;$$

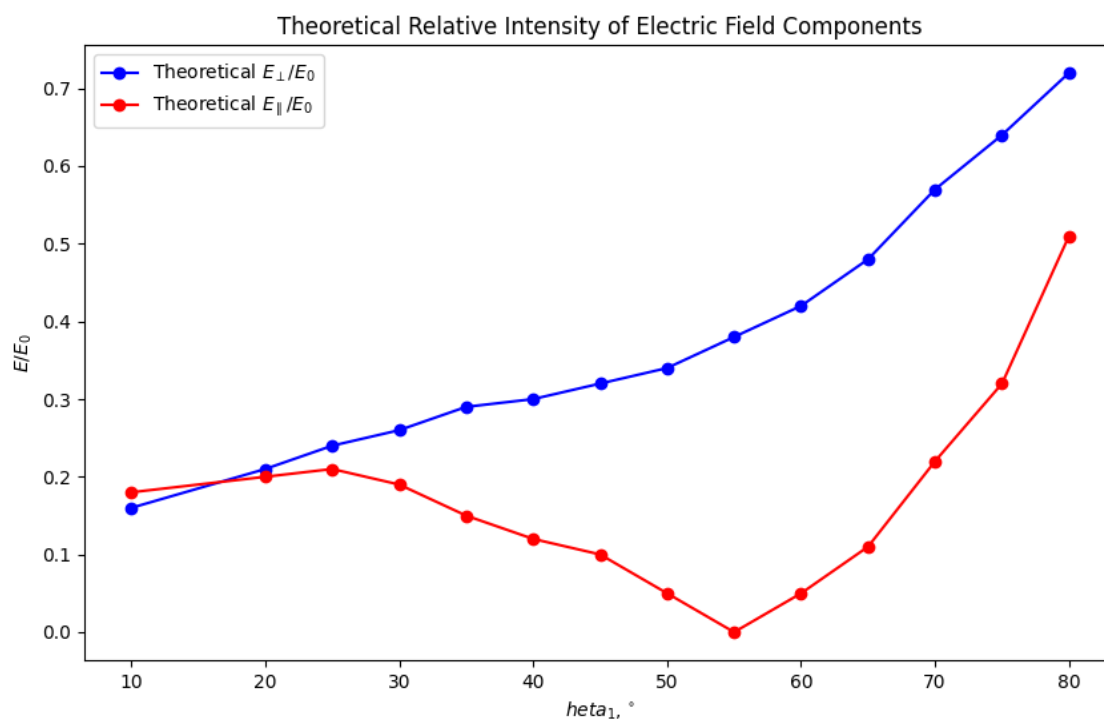
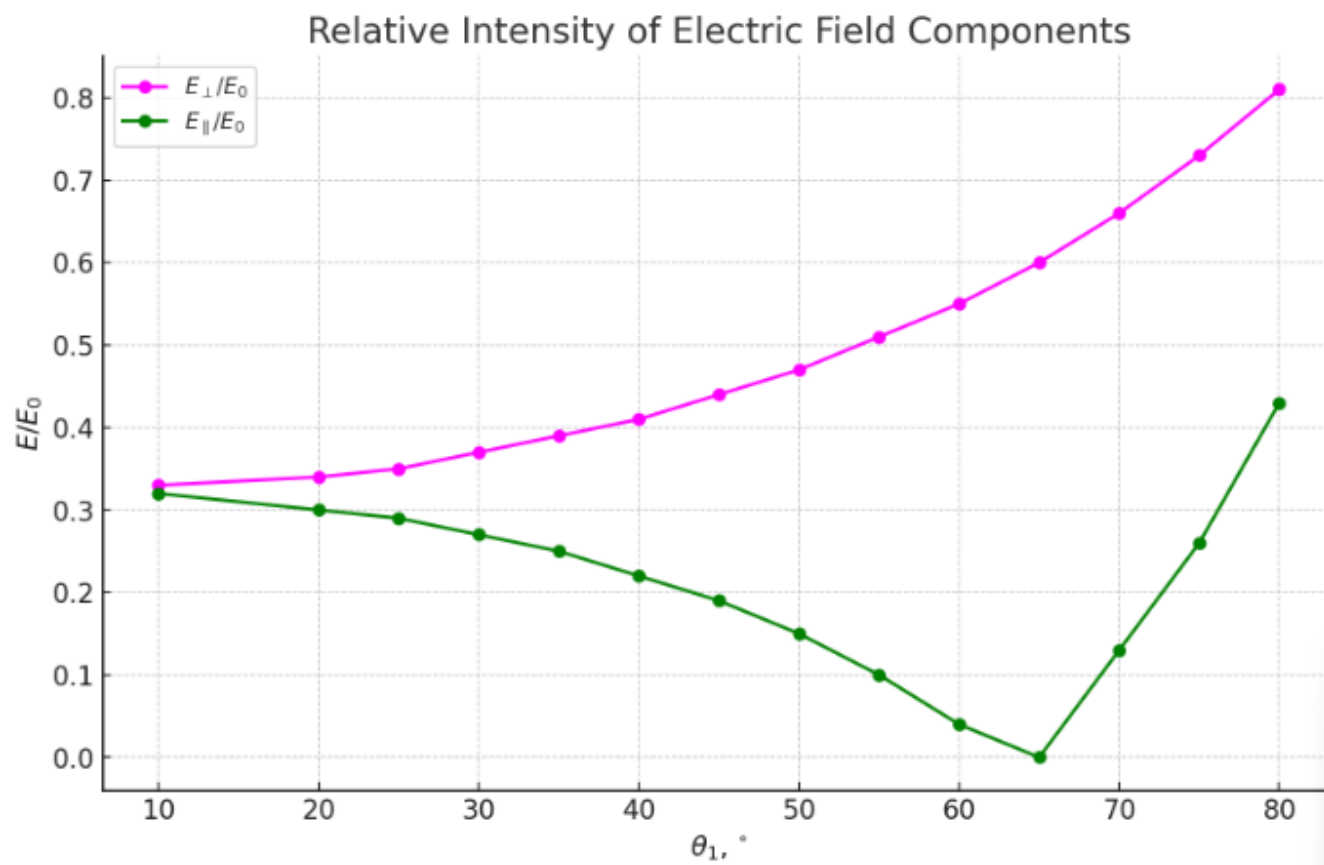
$$\frac{E_{\perp 10}}{E_0} \approx 0.42; \frac{E_{\perp 11}}{E_0} \approx 0.48; \frac{E_{\perp 12}}{E_0} \approx 0.57; \frac{E_{\perp 13}}{E_0} \approx 0.64; \frac{E_{\perp 14}}{E_0} \approx 0.72;$$

$$\frac{E_{\parallel 1}}{E_0} = \left| \frac{\text{tg}(\theta_1 - \theta_2)}{\text{tg}(\theta_1 + \theta_2)} \right| = \left| \frac{\text{tg}(10^\circ - 7.26^\circ)}{\text{tg}(10^\circ + 7.26^\circ)} \right| \approx 0.18; \quad \frac{E_{\parallel 2}}{E_0} \approx 0.20$$

$$\frac{E_{\parallel 3}}{E_0} \approx 0.21 \quad \frac{E_{\parallel 4}}{E_0} \approx 0.19 \quad \frac{E_{\parallel 5}}{E_0} \approx 0.15 \quad \frac{E_{\parallel 6}}{E_0} \approx 0.12$$

$$\frac{E_{\parallel 7}}{E_0} \approx 0.10 \quad \frac{E_{\parallel 8}}{E_0} \approx 0.05 \quad \frac{E_{\parallel 9}}{E_0} \approx 0 \quad \frac{E_{\parallel 10}}{E_0} \approx 0.05$$

$$\frac{E_{\parallel 11}}{E_0} \approx 0.11 \quad \frac{E_{\parallel 12}}{E_0} \approx 0.22 \quad \frac{E_{\parallel 13}}{E_0} \approx 0.32 \quad \frac{E_{\parallel 14}}{E_0} \approx 0.51$$

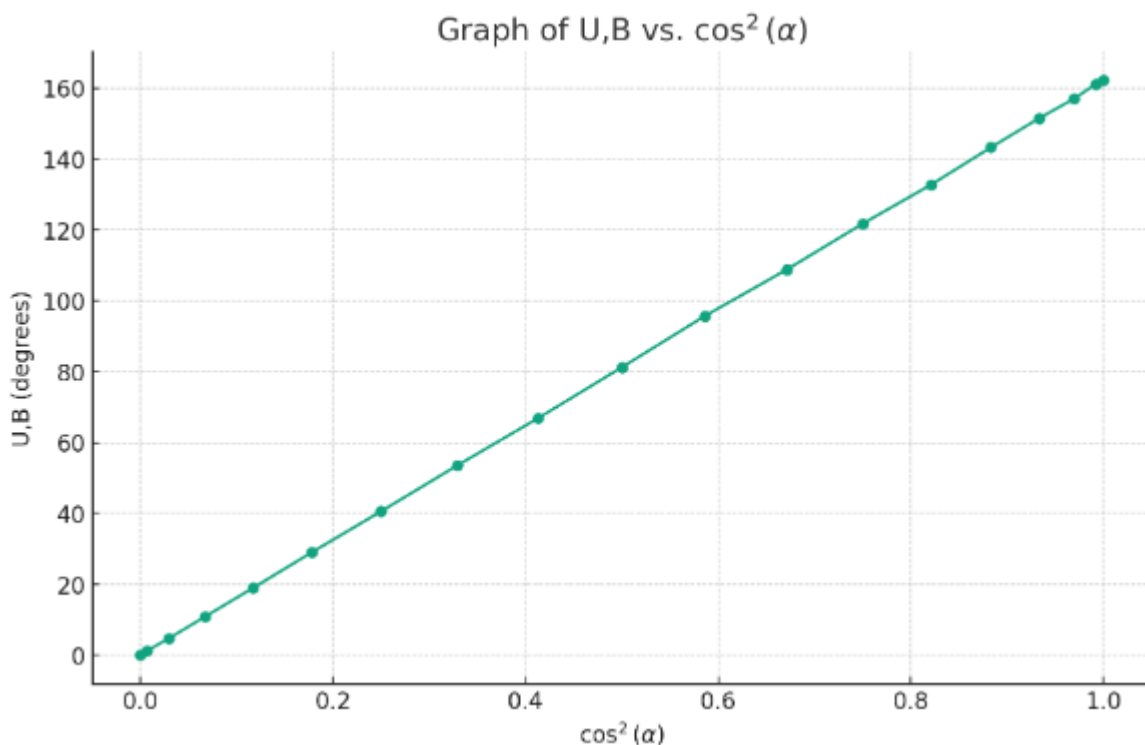


Завдання 2:

α^0	0	5	10	15	20	25	30	35	40
U, B	162.16	161.12	156.93	151.47	143.24	132.75	121.75	108.77	95.68

$\cos^2 \alpha$	1	0.992	0.969	0.933	0.883	0.821	0.750	0.671	0.586
-----------------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

α°	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
U, B	81.23	66.87	53.51	40.59	29.01	18.96	10.83	4.8	1.24	0
$\cos^2 \alpha$	0.500	0.413	0.329	0.250	0.178	0.117	0.067	0.030	0.007	0



Висновок:

Ця лабораторна робота була важливим етапом у вивченні поляризації світла та перевірці формул Френеля через експеримент. Ми успішно визначили кут Брюстера і показник заломлення скла, що дозволило глибше зрозуміти взаємодію світлових хвиль з різними середовищами. За допомогою поляризаційних фільтрів та точного вимірювання кутів ми отримали практичне підтвердження теоретичних передбачень. Незважаючи на деякі відхилення від теоретичних значень, загалом результати експериментів були достатньо точними для вивчення даного явища. Ця робота не тільки підтвердила основні принципи фізики світла, але й показала важливість уважного ставлення до деталей при проведенні оптичних вимірювань.

