

Лабораторная работа 3.11

Определение показателя преломления прозрачного материала различными методами.

Цель работы: изучение явления поляризации света на границе раздела двух сред и ознакомление с методами измерения коэффициента преломления.

Задание: Измерить коэффициент преломления стеклянной призмы тремя методами — путём измерения угла Брюстера; методом измерения угла наименьшего отклонения луча призмой; и методом определения предельного угла полного внутреннего отражения.

Теоретическое введение:

В данной работе изучаются методы определения коэффициентов преломления прозрачных материалов. Первым методом, основанным на измерении угла Брюстера, имеет наибольшее применение для определения показателя преломления приповерхностной области исследуемого материала. С помощью второго метода, основанного на измерении угла наименьшего отклонения, определяется показатель преломления объёмной области исследуемого материала. Третий метод основывается на измерении предельного угла падения луча при переходе его из более плотной среды в менее плотную.

Для оптически однородных материалов эти методы дают результаты, совпадающие друг с другом в пределах погрешности измерений.

1) Метод определения коэффициента преломления, основанный на измерении угла Брюстера. Этот метод основан на особенностях поляризации света при его отражении и преломлении. Опыт показывает, что при падении естественного света на границу раздела двух сред, отражённая и преломлённая волны оказываются частично-поляризованными. В естественном свете присутствуют колебания \vec{E} во всех направлениях. Каждое из них можно разложить на два колебания — одно в mn -пл, другое — перпендикулярно mn -пл. Таким образом, естественный свет можно представить как совокупность двух поляризованных волн одинаковой интенсивности.

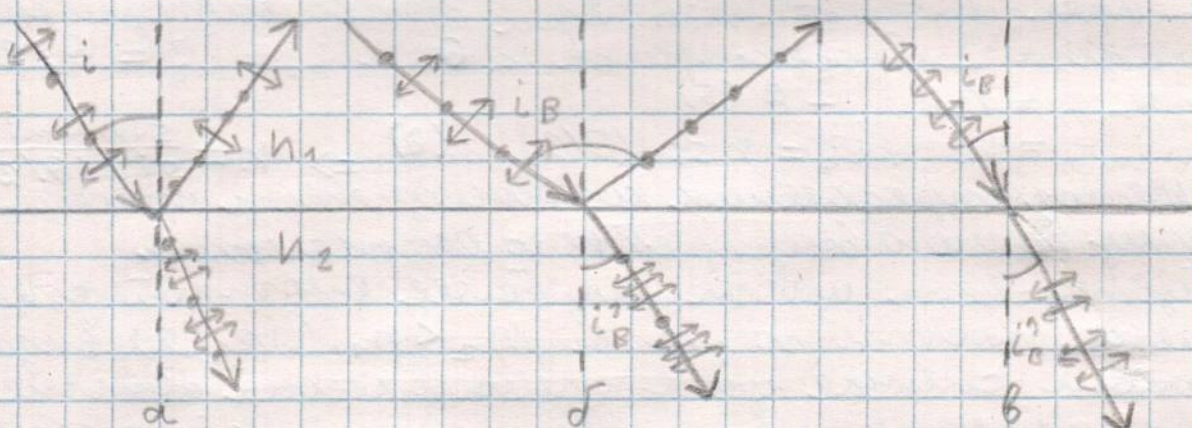


Рис. 1

Из рисунка 1 видно, что в отражённом луче преобладают колебания перпендикулярные mn -пл падения.

Преломлённом наоборот. Как выяснилось, степень поляризации зависит от угла падения i .

Угол Брюстера: $\operatorname{tg} i_B = n_2/n_1$. (1)

(2) $\frac{\sin i_B}{\sin i'_B} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin i'_B = \cos i_B = \sin(90^\circ - i_B)$ и $i'_B + i_B = 90^\circ$

2) Метод определения коэффициента преломления n , по углу наименьшего отклонения.

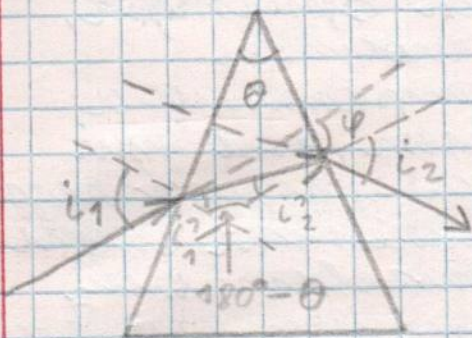


рис. 2a

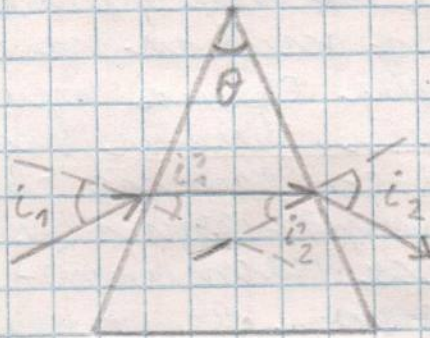


рис. 2б

Из рис. 2a следует, что $i_1' + i_2' = \theta$ (3)

$$\varphi = i_2 - i_1' + i_2 - i_2' = i_1 + i_2 - (i_1' + i_2') = i_1 + i_2 - \theta$$

(рис. 2б)

Угол φ минимален при симметричном расположении падающего и выходящего из кр. лучей относительно вершины преломляющего угла, т.е. при $i_1 = i_2 = i_{\min}$. При этом внутри призмы луч идет \perp биссектрисе $\angle \theta$ и $i_1' = i_2' = \theta/2$.

$$\Rightarrow \varphi_{\min} = 2i_{\min} - \theta \quad (5)$$

$$(6) \sin n i_{\min} = n \sin i_1' = n \sin(\theta/2) \quad (6) \Rightarrow n = \frac{\sin i_{\min}}{\sin(\theta/2)} \quad (7)$$

3) Метод определения коэффициента преломления по углу полного внутреннего отражения.

Пусть свет идет из более плотной среды в менее плотную, т.е. $n_2 < n_1$. Из (2) видно, что в этом случае угол преломления больше угла падения и при некотором $\angle i_0$ оказывается, что $\sin i_1' = 1$ и, соответственно, $i_1' = 90^\circ$.

При углах $i > i_0$ преломленный луч отсутствует и весь свет отражается от поверхности раздела. Это явление называется полным внутренним отражением, а $\angle i_0$ - предельным углом.

Из закона преломления следует, что если луч падает из n в $n_2 = 1$, то $\sin i_0 = 1/n$ (8). Таким образом можно определить n .

Явление полного внутреннего отражения можно наблюдать при прохождении света через призму.

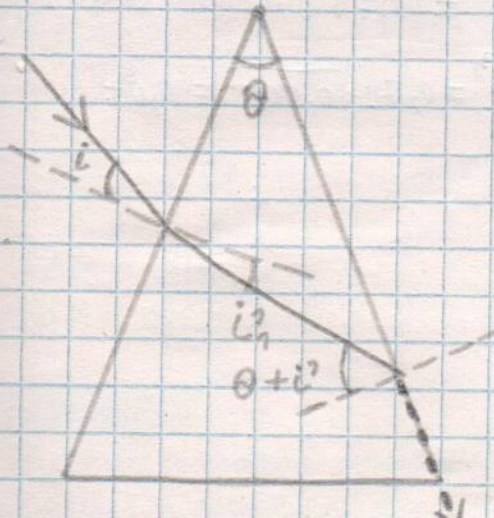
(рис. 3)

$$\sin i_1' = \frac{\sin i}{n} \quad (9)$$

$$\sin(\theta + i_1') = \frac{1}{n} \quad (10)$$

Year	1	2	3	4	5	Сред. знач.	Сред. напр.	Плюсовая напр.
d_{01}, mag	217	217,1	216,9	216,9	217,1	217,0	3,3	0,5
$\Delta d_{01}, \text{mag}$	0	0,1	0,1	0,1	0,1	X		
d_{02}, mag	86,2	86,0	86,2	86,6	86,0	86,2	4,0	0,5
$\Delta d_{02}, \text{mag}$	0	0,2	0	0,4	0,2	X		
d_{B1}, mag	273°	273,2°	273,3°	273,2°	273,3°	273,2	4,0	0,5
$\Delta d_{B1}, \text{mag}$	0,2	0	0,1	0	0,1	X		
$d_{\text{min}}, \text{mag}$	256°	256,1°	255,8°	256°	255,7°	255,8	5,2	0,5
$\Delta d_{\text{min}}, \text{mag}$	0,2	0,1	0	0,2	0,1	X		
d_{03}, mag								
$\Delta d_{03}, \text{mag}$						X		
$d_{\text{np}}, \text{mag}$								

Net



$$h = \sqrt{\sin^2 i + \frac{(1 - \sin i \cos \theta)^2}{\sin^2 \theta}}$$

Рис. 3

Определение результирующей углопереносности:

Упр N1

$$1) i_B = \begin{cases} |d_B - d_{01}| & \text{при } |d_B - d_{01}| < 90^\circ \\ 360^\circ - |d_B - d_{01}| & \text{при } |d_B - d_{01}| > 90^\circ \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{h_2}{h_1} \quad \operatorname{tg} i_B = h_2$$

$$i_{B1} = 273 - 217 = 56^\circ$$

$$i_{B2} = 273,2 - 217,1 = 56,1^\circ$$

$$i_{B3} = 273,3 - 216,9 = 56,4^\circ$$

$$i_{B4} = 273,2 - 216,9 = 56,3^\circ$$

$$i_{B5} = 273,3 - 217,1 = 56,2^\circ$$

$$\operatorname{tg} i_{B1} = \operatorname{tg} 56 = 1,48$$

$$\operatorname{tg} i_{B2} = \operatorname{tg} 56,1 = 1,49$$

$$\operatorname{tg} i_{B3} = \operatorname{tg} 56,4 = 1,50$$

$$\operatorname{tg} i_{B4} = \operatorname{tg} 56,3 = 1,50$$

$$\operatorname{tg} i_{B5} = \operatorname{tg} 56,2 = 1,49$$

$$h_{cp} = 1,5$$

$$i_{Bcp} = 56,2^\circ$$

$$2) \Delta X_{KB} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i)^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta X_{CB} = d_{mp} \Delta X_{KB}$$

$$d_{mp} = 0,74$$

$$\Delta X = \sqrt{(\Delta X_{CB})^2 + (\Delta X_{mp})^2}$$

$$d_{01CB} = 0,74 \sqrt{\frac{0 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01}{20}} = 0,74 \sqrt{0,002} = 0,03$$

$$d_{02CB} = 0,74 \sqrt{\frac{0 + 0,01 + 0,01 + 0,04 + 0}{20}} = 0,74 \sqrt{0,003} = 0,04$$

$$d_{Bcb} = 0,74 \sqrt{\frac{0,04 + 0,01 + 0,01 + 0}{20}} = 0,74 \sqrt{0,003} = 0,04$$

$$d_{minCB} = 0,74 \sqrt{\frac{0,04 + 0,01 + 0,04 + 0,01}{20}} = 0,74 \sqrt{0,005} = 0,05$$

$$\Delta d_{01} = \sqrt{0,033^2 + 0,005^2} = 0,03$$

$$\Delta d_{02} = \sqrt{0,04^2 + 0,005^2} = 0,04$$

$$\Delta d_B = \sqrt{0,04^2 + 0,005^2} = 0,04$$

$$\Delta d_{min} = \sqrt{0,05^2 + 0,005^2} = 0,05$$

$$3) E = \frac{\Delta n}{n} = \frac{2(\Delta d_{o1} + \Delta d_{o2})}{\sin 2\theta}$$

$$E = \frac{2(0,03 + 0,04)}{\sin(2 \cdot 56,2)} = \frac{2 \cdot 0,073}{0,9} = 0,15 = 15\%$$

$$\Delta h = E \cdot h$$

$$\Delta h = 1,5 \cdot 0,15 = 0,225$$

$$n = 1,5 \pm 0,2$$

Упр N2

$$1) \theta = |180^\circ - |d_{o1} - d_{o2}||$$

$$\theta_1 = |180 - |217 - 86,2|| = 49,2^\circ$$

$$\theta_2 = |180 - |217,1 - 86,1|| = 49^\circ$$

$$\theta_3 = |180 - |216,9 - 86,2|| = 49,3^\circ$$

$$\theta_4 = |180 - |216,9 - 86,4|| = 49,5^\circ$$

$$\theta_5 = |180 - |217,1 - 86,1|| = 49^\circ$$

$$\theta_{cp} = 49,2^\circ$$

$$2) i_{min} = \begin{cases} |d_{min} - d_{o1}| & \text{при } |d_{min} - d_{o1}| < 90^\circ \\ 360^\circ - |d_{min} - d_{o1}| & \text{при } |d_{min} - d_{o1}| > 90^\circ \end{cases}$$

$$i_{min1} = 38,6^\circ$$

$$i_{min2} = 38,6^\circ$$

$$i_{min3} = 38,9^\circ$$

$$i_{min4} = 38,1^\circ$$

$$i_{min5} = 38,6^\circ$$

$$i_{mincp} = 38,7^\circ$$

$$h = \frac{\sin i_{min}}{\sin(\theta/2)}$$

$$h = \frac{\sin 38,7}{\sin 24,6} = \frac{0,61}{0,41} = 1,5$$

$$3) E = \frac{\Delta h}{h} = \Delta i_{min} \operatorname{ctg}(i_{min}) + \frac{1}{2} \Delta \theta \operatorname{ctg} \frac{\theta}{2}$$

$$\Delta \theta = \Delta d_{o1} + \Delta d_{o2} \quad \text{и} \quad \Delta i_{min} = \Delta d_{min} + \Delta d_{o1}$$

$$E = 0,083 \cdot 1,2 + \frac{1}{2} \cdot 0,073 \cdot 2,1 = 0,1 + 0,07 = 0,17 = 17\%$$

$$\Delta h = E h$$

$$\Delta h = 0,245$$

$$n = 1,5 \pm 0,2$$

Вывод:

В результате данной работы была изучена поляризация света на границе раздела 2х сред, и рассчитан коэффициент преломления с помощью нескольких методов.

Компьютерные вопросы: (3,11)

1) Закон Френеля:

$$\operatorname{tg} d_{\text{Фр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

где $d_{\text{Фр}}$ - угол Френеля (угол падения, при котором отражённый свет полностью поляризован)

Если луч естественного света падает на границу раздела двух диэлектриков под углом Френеля, то отражённый луч будет полностью поляризован с плоскостью поляризации перпендикулярной плоскости incidence.

2) Какая поляризация лазера на установке - вертикальная или горизонтальная?

Лазер на установке обладает вертикальной поляризацией, так как отражённая световая волна поляризована перпендикулярно горизонтальной плоскости падения. (т.е. вертикально)