

Задача 28 Интерференция света от двух когерентных источников

Когерентные источники света S_1 и S_2 испускают свет с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм. Расстояние от источников до экрана L , расстояние между источниками d (рис.28). На экране наблюдается интерференционная картина. Рассмотреть два случая:

- 1) волны распространяются в однородной среде с показателем преломления n
- 2) на пути первой волны в ту же среду помещена прозрачная пластина толщиной h с показателем преломления n_1 (рис.28)

Определить для обоих случаев оптическую разность хода δ и разность фаз $\Delta\varphi$ двух волн или в точке O , одинаково удаленной от источников, или в точке A (табл. 28). Какая освещенность будет в этой точке – минимальная или максимальная?

В соответствии с данными своего варианта (табл.28) нарисуйте чертеж, сформулируйте и решите задачу.

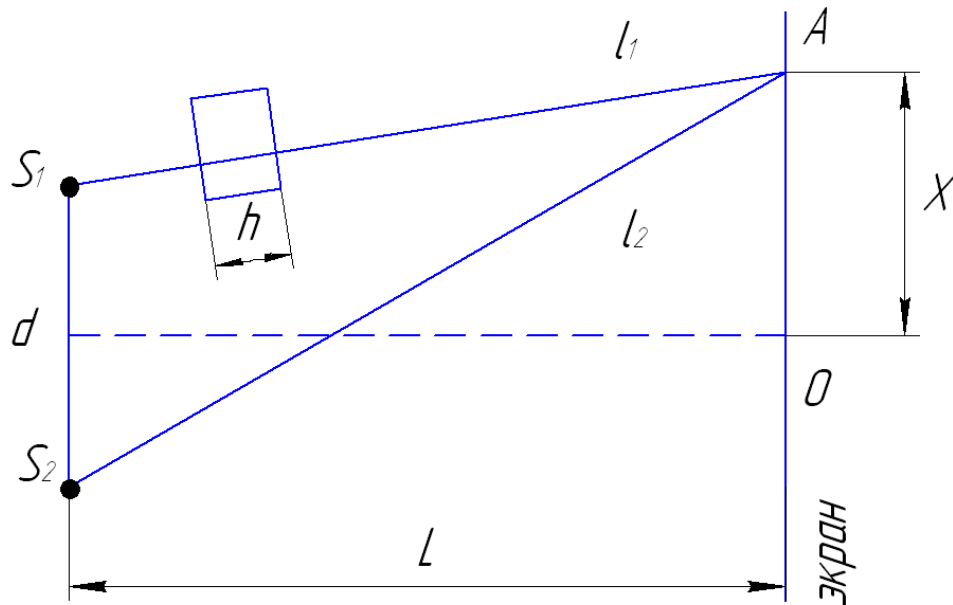


Рисунок 28. Интерференция света от двух когерентных источников ($x \ll L$, $d \ll L$)

Таблица 28

вар.	точка на экране	d, мм	x,мм	L,м	h,мкм	n	n ₁
1	A	0,5	20	2	5	1,3	1,5
2	O	-	-	2	6,5	1,5	2,0
3	A	0,8	40	2	10	1,5	1,2
4	O	-	-	2	10	2,0	1,5
5	A	0,2	50	1	13	1,75	1,5
6	O	-	-	1	13,75	1,5	1,7
7	A	0,3	16	1,5	8	1,1	1,5
8	O	-	-	1,5	8,125	1,6	1,2
9	A	0,315	10	1	3,5	1,1	2,0
10	O	-	-	1	5	1,8	1,4
11	A	0,7	15	2	15	1,1	1,3
12	O	-	-	2	4	1,2	1,7
13	A	0,35	0,5	0,5	12	1,6	1,4
14	O	-	-	0,5	12,5	1,7	2,0
15	A	0,6	1	1,5	7,3	1,5	2,0
16	O	-	-	1,5	9,75	1,3	1,5
17	A	0,4	0,5	0,8	8	1,9	1,4
18	O	-	-	0,8	22,5	1,4	1,5
19	A	0,5	3	1,5	20	1,7	1,9
20	O	-	-	1,5	2,5	2,0	1,9
21	A	0,9	10	1	10,5	1	1,5

Пример решения задачи 28 (вариант 21, таблица 28)

Два когерентных источника света с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм расположены на расстоянии $L=1$ м от экрана. Расстояние между источниками $d=0,9$ мм. Волны распространяются в однородной среде с показателем преломления $n=1$. Определить оптическую разность хода δ , разность фаз $\Delta\varphi$ и результат интерференции в точке А, находящейся на расстоянии $x=10$ мм от центра экрана. Решить задачу так же и для случая, когда на пути первой волны устанавливается прозрачная пластинка толщиной $h=10,5$ мкм с показателем преломления $n_1=1,5$.

Дано:

$\lambda=0,5 \cdot 10^{-6}$ м;
 $d=0,9 \cdot 10^{-3}$ м;
 $x=10^{-2}$ м;
 $L=1$ м;
 $h=10,5 \cdot 10^{-6}$ м;
 $n=1$; $n_1=1,5$

Решение:

Для нахождения разности хода волн в точку А воспользуемся рисунком 28, где ℓ_1 , ℓ_2 – геометрическая длина пути света от источников S_1 и S_2 соответственно. Оптическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n равна $L=n\ell$. Точка оптическая разность хода

$$\delta = L_2 - L_1 = n\ell_2 - n\ell_1 \quad (1)$$

δ - ?

Из рисунка видно

$$\ell_1^2 = L^2 + (x - d/2)^2$$

$$\ell_2^2 = L^2 + (x + d/2)^2$$

$\Delta\varphi$ - ?

δ_1 - ?

$\Delta\varphi_1$ - ?

Найдем $\ell_2^2 - \ell_1^2 \approx 2xd$ (d^2 пренебрегаем в виду его малости)

$$\text{С другой стороны } \ell_2^2 - \ell_1^2 = (\ell_2 - \ell_1)(\ell_2 + \ell_1) \approx \frac{2L\delta}{n}$$

Сравнивая два последних выражения, найдем оптическую разность хода

$$\delta = \frac{xdn}{L} \quad (2)$$

Разность фаз

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\delta}{\lambda} \quad (3)$$

Рассчитаем δ и $\Delta\varphi$:

$$\delta = 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}, \quad \Delta\varphi = 36\pi \text{ рад}$$

В точке А наблюдается максимум освещенности, т.к. $m = \frac{\delta}{\lambda/2} = 36$ – четное число полувольт, а $\Delta\varphi$ – четное число π

Если на пути первой волны установить прозрачную пластинку с показателем преломления $n_1 \neq n$, тогда оптическая длина пути этой волны изменится и станет равной

$$L'_1 = (\ell_1 - h)n + n_1 h.$$

Оптическая разность хода в этом случае равна

$$\delta_1 = L_2 - L'_1 = nL_2 - nL_1 + nh - n_1 h = n(\ell_2 - \ell_1) + h(n - n_1)$$

Учтем в полученном выражении (1) и (2) и получим

$$\delta_1 = \frac{nx d}{L} + h(n - n_1) = \delta + h(n - n_1)$$

Рассчитаем

$$\delta_1 = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Разность фаз

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2\pi\delta_1}{\lambda} = 15\pi \text{ рад}$$

В точке А в этом случае будет минимум освещенности, т.к.

$$m = \frac{\delta_1}{\lambda/2} = 15 -$$

нечетное число полувольт, а

$$\Delta\varphi_1 = 15\pi -$$

нечетное число π .

Задача 29 Интерференция в тонких плёнках. Кольца Ньютона.

Задача 29.1 (варианты 1-10,21)

На мыльную плёнку с показателем преломления n под углом φ падает параллельный пучок света с длиной волны λ . Отраженный от плёнки свет максимально усилен вследствие интерференции. Толщина плёнки равна h , угол преломления γ , порядок интерференционного максимума $k=1,2,3\dots$ (рис. 29.1) Наименьшая возможная толщина плёнки, при которой наблюдается интерференционный максимум, равна h_{\min} . Используя данные таблицы 29.1, сформулируйте и решите задачу.

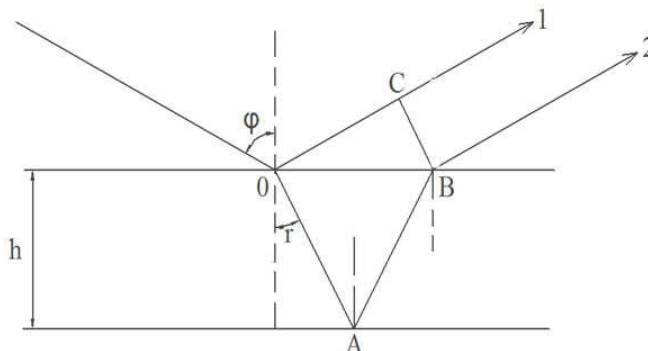


Рисунок 29.1. Интерференция в тонкой плёнке

Таблица 29.1

Вариант	n	φ , град.	γ , град	λ , мкм	k	h , мкм	h_{\min} , мкм
1	1,35	45	?	0,6	-	-	?
2	1,33	?	?	0,6	-	-	0,15
3	1,5	0	?	0,5	?	2	?
4	1,4	60	?	?	3	0,6	-
5	1,2	?	-	0,45	4	1	-
6	1,4	-	?	0,5	3	0,7	-
7	?	0	-	0,7	3	0,7	-
8	1,6	30	-	0,55	2	?	?
9	1,4	0	-	0,5	3	?	?
10	1,35	-	30	?	1	0,45	?
21	1,5	30	-	0,4	-	-	?

Пример решения задачи 29.1 (вариант 21, таблица 29.1)

На мыльную плёнку с показателем преломления $n=1,5$ падает параллельный пучок света под углом $\varphi=30^\circ$. Определить наименьшую толщину пленки, при которой наблюдается интерференционный максимум. Длина волны падающего света $\lambda=0,4$ мкм.

Дано:

$n=1,5$;

$\varphi=30^\circ$;

$\lambda=0,4 \cdot 10^{-6}$ м

$h_{\min}=?$

Решение:

Усиление света в результате интерференции при отражении от тонкой плёнки возникает, если разность хода лучей, отражённых от верхней и нижней поверхностей плёнки δ равна

$$\delta = k\lambda$$

(1)

где $k=0,1,2,3,\dots$ - порядок максимума.

Разность хода лучей 1,2 определим по рисунку (рис. 29.1). Лучи 1 и 2 проходят одинаковые оптические пути, начиная от плоскости ВС, значит

$$\delta = L_2 - L_1 = n(OA + AB) - \left(OC + \frac{\lambda}{2}\right) \quad (2)$$

где $\frac{\lambda}{2}$ - дополнительная разность хода, возникающая при отражении луча 1 в точке О от оптически более плотной среды.

Из геометрических соображений и с учётом закона преломления выражение (2) можно преобразовать к виду:

$$\delta = 2hncosr - \frac{\lambda}{2}$$

Из условия максимума (1) следует:

$$2hncosr = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Определим толщину плёнки h из (3):

$$h = \frac{(2k+1)\lambda}{4n\cos r}$$

Видно, что h будет минимальна при k=0:

$$h_{\min} = \frac{\lambda}{4n\cos r}$$

Угол преломления определим из закона преломления:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin r} = n,$$

где φ – угол падения.

Следовательно:

$$\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \varphi}{n^2}}$$

Учтём cos r в формуле (4) и получим:

$$h_{\min} = \frac{\lambda}{4n\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \varphi}{n^2}}} = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 \varphi}}$$

Рассчитаем $h_{\min} = 0,7 \cdot 10^{-7}$ м.

Задача 29.2 (варианты 11-20,22)

Установка для получения колец Ньютона освещается светом с длиной волны λ , падающим нормально (рис.29.2). Наблюдение ведётся в отражённом или проходящем свете. Радиус кривизны линзы равен R. Толщина слоя между линзой и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается k-ое тёмное кольцо, равна h. Радиус этого кольца равен r_k . Показатель преломления среды, в которую помещена линза, равен n. Сформулируйте задачу и найдите неизвестную величину, используя данные таблицы 29.2

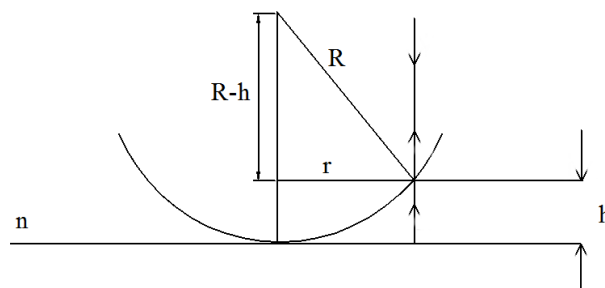


Рис.29.2 Кольца Ньютона в отражённом свете

Таблица 29.2

Вар.	λ ,мкм	R,м	k	r_k ,мм	h,мм	n	Наблюдение ведётся в...
11	0,63	-	4	-	?	1,2	проходящем свете
12	0,5	6	3	?	?	1,4	проходящем свете
13	0,58	?	5	2	?	1	отраженном свете
14	?	6	2	3	?	1,2	отраженном свете
15	0,7	5	4	?	?	1	отраженном свете
16	0,5	3	?	3	?	1	отраженном свете
17	?	-	4	-	0,001	1,3	проходящем свете
18	?	2	4	?	0,001	1,2	проходящем свете
19	0,45	10	?	4,5	?	1	проходящем свете
20	0,6	?	2	4	?	1,33	проходящем свете
22	?	1	4	?	0,001	1,3	отраженном свете

Пример решения задачи 29.2 (вариант 22, табл. 29.2)

Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально к поверхности линзы. Пространство между линзой и пластинкой заполнено веществом с показателем преломления $n=1,3$. Определить длину волны λ падающего света и радиус четвёртого тёмного кольца r_4 , наблюдаемого в отражённом свете, если толщина зазора h между линзой и пластинкой в том месте, где наблюдается четвёртое тёмное кольцо, равна 0,001мм.

Дано: $R=1\text{м};$ $n=1,3;$ $h=10^{-6}\text{ м}; k=4$ $\lambda=?$ $r_4=?$ **Решение:**

Тёмные кольца наблюдаются в тех участках линзы, для которых разность хода

$$\delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad k=0,1, \quad (1)$$

Разность хода δ двух волн, отражённых от верхней и нижней поверхности зазора между линзой и пластинкой складываются из разности оптических длин путей этих волн $2hn$ и половины длины волны $\lambda/2$.

Величина $\lambda/2$ представляет собой добавочную разность хода, возникающую при отражении волны от оптически более плотной среды. (По условию задачи n стекла больше, чем n вещества в зазоре)

Таким образом,

$$\delta = 2hn + \frac{\lambda}{2}$$

Подставляя это выражение в формулу (1), получим

$$2hn = k\lambda$$

Отсюда находим:

$$\lambda = \frac{2nh}{k} \quad (3)$$

Используем теорему Пифагора (рис 29.2) $r_k^2 + (R-h)^2 = R^2$

$$\text{Откуда:} \quad h = \frac{r_k^2}{2R} \quad (4)$$

Найдём с учётом формулы (2) радиус кольца:

$$r_k = \sqrt{\frac{Rk\lambda}{n}} \quad (5)$$

Рассчитаем

$$\lambda = 0,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}, \quad r_4 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Задача 30 Дифракция света на круглом отверстии или на диске (метод зон Френеля)

На круглое отверстие радиусом R (или непрозрачный диск радиусом R) от точечного источника S падает свет длиной волны λ . На пути лучей, прошедших через отверстие (или огибающих диск), помещают экран (рис.30).

Расстояние от источника до отверстия (диска) равно a , расстояние от отверстия (диска) до экрана, на котором наблюдается дифракционная картина, равно b . Сколько зон Френеля k укладывается в отверстии (на диске)? Тёмным или светлым будет центр дифракционной картины? Определите, на каком максимальном расстоянии b_{\max} может располагаться экран, чтобы пятно в центре соответствовало условию задачи.

Сформулируйте и решите задачу, пользуясь данными таблицы 30.

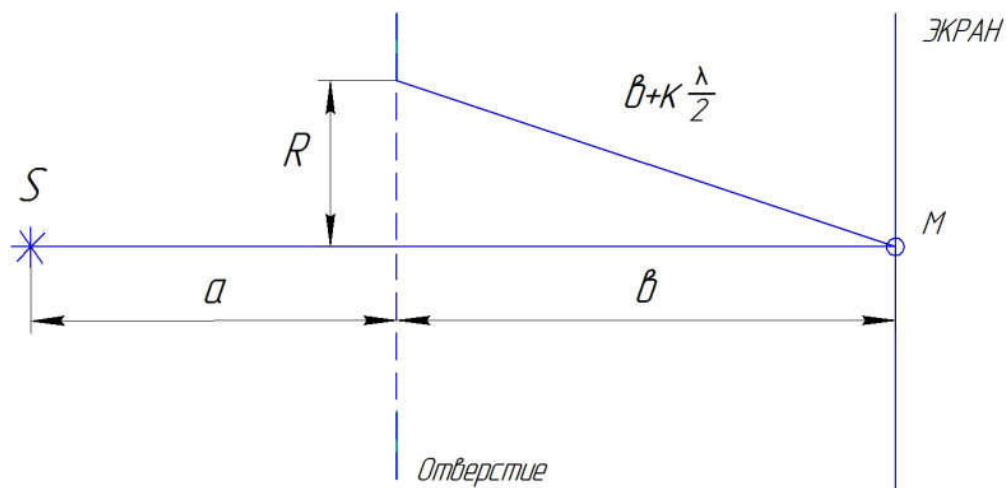


Рисунок 30 Дифракция света на круглом отверстии радиусом R

Пример решения задачи 30 (вариант 21, таблица 30)

На диафрагму с круглым отверстием радиусом $R=2\text{мм}$ падает нормально пучок лучей от точечного источника света с длиной волны $\lambda=0,5\text{ мкм}$. Диафрагма находится на расстоянии $a=1\text{м}$ от источника света, и на расстоянии $b=1\text{м}$ от экрана. Сколько зон Френеля k укладывается в отверстии? Тёмное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины?

Дано:

$a=b=1\text{м};$
 $R=2\cdot 10^{-3}\text{ м};$
 $\lambda=0,5\cdot 10^{-6}\text{ м}$

$k=?;$

пятно в центре
 – светлое или
 тёмное?

Решение:

Вид дифракционной картины зависит от числа зон Френеля, укладывающихся на открытой части волновой поверхности в плоскости отверстия. Если отверстие открывает чётное число зон Френеля, то в точке M наблюдается минимум (тёмное пятно), если нечётное - то максимум (светлое пятно).

Радиус зон Френеля определяется по формуле $r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k \lambda}$.

Радиус r_k последней k -ой зоны, укладывающейся в отверстии, равен радиусу отверстия R . Таким образом, $R = \sqrt{\frac{abk\lambda}{a+b}}$, а $k = \frac{R^2(a+b)}{ab\lambda} = 16$.

Центральное пятно будет тёмным, так как в отверстии укладывается чётное число зон Френеля.

Примечание:

При дифракции на диске центр дифракционной картины всегда светлый, независимо от числа открытых зон. Яркость пятна уменьшается с увеличением размеров диска.

Таблица 30

Вар.	свет падает на...	λ , мкм	R, мм	a, м	b, м	b_{\max} , мм	к	в центре пятно
1	отверстие	0,5	2	∞	1	-	?	?
2	отверстие	0,5	2	∞	-	?	?	тёмное
3	диск	0,5	0,5	1	1	-	?	?
4	диск	0,5	2	∞	0,5	-	?	?
5	отверстие	0,63	?	1	2	-	5	?
6	отверстие	0,73	3	?	1,5	-	17	?
7	отверстие	?	2	1,5	1,5	-	8	?
8	диск	0,45	1,5	1	1	-	?	?
9	диск	0,6	3	∞	1,5	-	?	?
10	отверстие	0,63	2,5	∞	-	?	?	светлое
11	отверстие	0,625	2,5	2	1	-	?	?
12	отверстие	0,63	1,5	2	?	-	4	?
13	отверстие	0,67	1,5	?	1,2	-	5	?
14	отверстие	0,5	?	2	1	-	4	?
15	отверстие	?	1,5	0,9	0,9	-	7	?
16	диск	?	2,4	1,5	1	-	17	?
17	отверстие	0,69	0,8	∞	-	?	?	светлое
18	отверстие	?	3	1,4	5,2	-	12	?
19	отверстие	0,69	0,8	∞	-	?	?	тёмное
20	диск	0,69	?	1	0,5	-	4	?
21	отверстие	0,5	2	1	1	-	?	?

Задача 31 Дифракция света на дифракционной решётке

На дифракционную решётку падает нормально монохроматический свет с длиной волны λ . На экран, находящийся на расстоянии L , с помощью линзы, расположенной вблизи решётки, проецируется дифракционная картина. Расстояние между двумя главными максимумами k -го и i -го порядков равно b , общее число главных максимумов, получаемых с помощью этой решётки равно N . Решётка имеет n штрихов на каждый миллиметр своей длины и период d .

Сформулируйте и решите задачу в соответствии с данными таблицами 31.

Пример решения задачи 31 (вариант 21, таблица 31)

На дифракционную решётку нормально падает свет, с длиной волны $\lambda=0,65\text{мкм}$. В дифракционной картине, получаемой на экране, расположенном на расстоянии $L=0,5\text{ м}$ от решётки, расстояние b между главными максимумами i -го и k -го порядков равно 2см . Определить период решётки d , число n штрихов на 1мм , общее число дифракционных максимумов N , если $i=-1$, $k=2$.

Дано:

$\lambda=0,65\text{мкм}$,
 $L=0,5\text{м}$,
 $b=0,02\text{м}$,
 $i=-1$, $k=2$
 $d=?$, $n=?$, $N=?$

Решение:

На рисунке (см. рис.31) изобразим штрихами расположение главных максимумов в дифракционной картине, получаемой с помощью дифракционной решётки (ДР) на экране (Э).

Таблица 31

вар.	λ , мкм	L, м	b, см	i	k	d, мкм	n, мм ⁻¹	N
1	0,5	1	10	+1	+3	?	?	?
2	?	1,5	10	-1	-3	25	?	?
3	0,63	1	?	+1	+2	20	?	?
4	0,55	?	2	-1	-2	?	50	?
5	0,5	?	1	+1	0	?	?	161
6	?	0,3	2	-1	0	10	?	?
7	0,5	0,8	?	+1	-2	50	?	?
8	0,63	?	8	+1	-3	?	20	?
9	0,45	2	?	-1	+2	?	25	?
10	0,38	?	2	-2	+1	?	50	?
11	?	2	10	-2	+3	40	?	?
12	?	1	12	-3	+3	25	?	?
13	0,5	?	5	0	+2	?	?	81
14	0,5	?	3	+1	0	?	?	41
15	?	1	10	-2	0	?	100	?
16	0,58	?	1	+3	+2	40	?	?
17	?	0,6	1	-3	-2	40	?	?
18	?	0,3	4	0	+3	?	100	?
19	?	1,5	10	0	-3	25	?	?
20	0,58	1,5	?	-3	+2	40	?	?
21	0,65	0,5	2	-1	+2	?	?	?

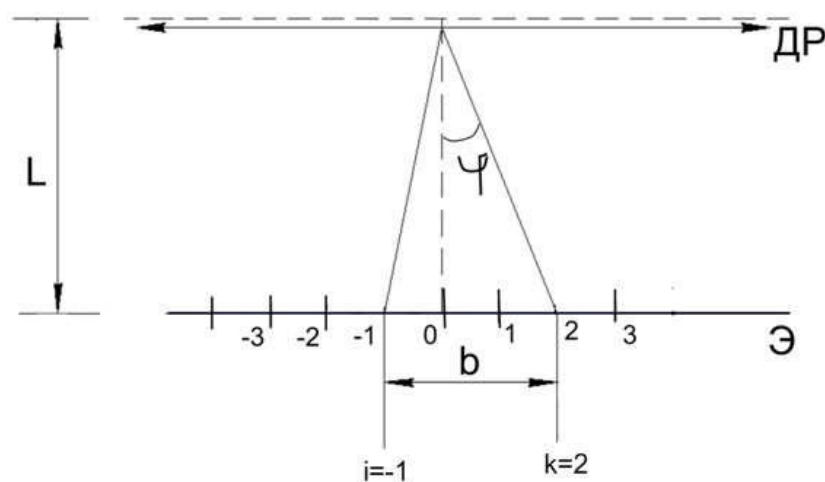


Рис.31

Условие главного максимума k -го порядка:

$$d \sin \varphi = k \lambda, \quad (1)$$

где φ – угол дифракции

Обычно углы дифракции φ малы, поэтому

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi.$$

Пользуясь рисунком, определим

$$\tan \varphi = \frac{k l_0}{L} \quad (2)$$

Расстояние l_0 между соседними главными максимумами определим, зная расстояние b между максимумами i -го и k -го порядков.

Так $\ell_0 = \frac{b}{|k-i|}$, а в нашем случае $\ell_0 = \frac{b}{3}$

С учетом выражений (1), (2) для малых углов можно записать:

$$\frac{k\lambda}{d} = \frac{kb}{3L} \quad (3)$$

Выразим из (3) d и рассчитаем:

$$d = \frac{3\lambda L}{b} = 48,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Найдем $n = \frac{1}{d} = 20 \text{ мм}^{-1}$ определения числа главных максимумов, даваемых имеющейся решёткой, вычислим сначала максимальный порядок главного максимума k_{\max} , исходя из того, что угол дифракции не может превышать 90° , а k_{\max} -целое число. Из формулы (1) запишем $k_{\max} = \frac{d}{\lambda} \sin 90^\circ$ и рассчитаем, округляя до ближайшего целого числа:

$$k_{\max} = 75$$

Т.о влево и вправо от центрального ($k=0$) максимума будет наблюдаться по одинаковому числу максимумов, равному k_{\max} . С учётом центрального нулевого максимума получим общее число N главных максимумов

$$N = 2k_{\max} + 1 = 151$$

Задача 32 Поляризованный свет. Вращение плоскости поляризации света.

Кристаллическая пластинка K , обладающая оптической активностью с постоянной вращения α помещена между двумя николями - поляризатором Π и анализатором A (рис32.1).

На поляризатор падает естественный (или линейно поляризованный, в зависимости от варианта) свет, интенсивность которого J_0 . После прохождения через поляризатор интенсивность света равна J_1 , а после прохождения через анализатор- J_2 . Угол между направлением колебаний светового вектора линейно поляризованной волны, падающей на поляризатор, и главной плоскостью поляризатора равен φ_1 , а угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора равен φ_2 (положительные углы отсчитываются по часовой стрелке). Кристаллическая пластинка свет не поглощает, и толщина ее равна d . В николях теряется по 10% интенсивности проходящего через поляризатор и анализатор света.

Сформулировать задачу и найти неизвестную величину, используя данные таблицы 32. На рисунке по данным варианта показать углы $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \Delta\varphi$, где φ_3 - угол поворота плоскости поляризации света в пластинке, $\Delta\varphi$ - угол между плоскостью колебаний световой волны падающей на анализатор, и главной плоскостью анализатора.

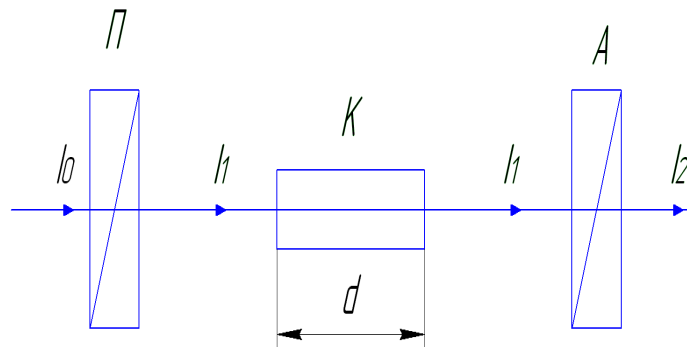


Рис.32.1

Таблица 32

вар	падающий свет....	φ_1 ,град	I_1/I_0	φ_2 , град	I_2/I_0	α , град/мм	d,мм	φ_3 , град
1	естеств.	-	?	90	?	-30	2	?
2	лин.поляр.	45	?	90	?	+30	2	?
3	лин.поляр.	0	?	0	?	+10	6	?
4	лин.поляр.	30	?	30	0.5	+30	?	?
5	естеств.	-	?	?	0.1	0	-	?
6	естеств.	-	?	60	0.3	+10	?	?
7	естеств.	-	?	90	0.2	?	3	?
8	лин.поляр.	60	?	?	0.11	-15	2.5	?
9	лин.поляр.	0	?	5	0.8	?	1	?
10	лин.поляр.	15	?	?	0.05	+10	1.5	?
11	естеств.	-	?	0	0.15	-10	?	?
12	лин.поляр.	?	?	90	0.7	-20	5	?
13	естеств.	-	?	80	0.4	?	4	?
14	лин.поляр.	10	?	?	0.25	+20	2	?
15	естеств.	-	?	45	?	+25	3	?
16	естеств.	-	?	?	0.08	+30	1	?
17	естеств.	-	?	30	0.35	+10	?	?
18	лин.поляр.	0	?	0	?	-15	2.5	?
19	лин.поляр.	70	?	45	0.01	?	1.5	?
20	лин.поляр.	0	?	60	0.7	-30	?	?
21	лин.поляр.	30	?	40	?	+10	1.2	?

Пример решения задачи 32 (вариант 21, таблица 32)

На кристаллическую пластинку, постоянная вращения которой $\alpha=10$ град/мм, помещенную между поляризатором и анализатором, падает плоско-поляризованный свет. Угол между направлением колебаний светового вектора \mathbf{E} волны, падающей на поляризатор, и главной плоскостью поляризатора φ_1 равен 30° , а угол между главными плоскостями анализатора и поляризатора φ_2 равен 40° . Кристаллическая пластинка свет не поглощает и толщина ее равна 1,2 мм.

Определить, во сколько раз уменьшается интенсивность света после прохождения света через поляризатор и анализатор. Каждый николь поглощает 10% интенсивности проходящего через них света.

Дано:

$\varphi_2=40^\circ$,
 $\varphi_1=30^\circ$,
 $\alpha=+10$ град/мм,
 $d=1,2$ мм,
 $k=0,1$

 $I_1/I_0=?$ $I_2/I_0=?$ **Решение:**

Для решения задачи воспользуемся законом Малюса

$$I=I_0\cos^2\varphi_1,$$

Где I_0 – интенсивность плоскополяризованного света, падающего на поляризатор,

I – интенсивность света, прошедшего поляризатор,

φ_1 – угол между плоскостью колебаний вектора \mathbf{E} световой волны и плоскостью пропускания поляризатора.

Применив этот закон для поляризатора П, получим

$$I_1=I_0\cos^2\varphi_1,$$

а с учетом поглощения света

$$I_1=I_0(1-k)\cos^2\varphi_1.$$

Рассчитаем отношение

$$I_1/I=(1-k)\cos^2\varphi_1=0,67$$

После прохождения поляризатора плоскость колебаний светового вектора волны будет совпадать с главной плоскостью поляризатора. Значит, по отношению к главной плоскости анализатора плоскость колебаний этой световой волны будет повернута на угол $\varphi_2=40^\circ$. Но после прохождения оптически активной пластинки плоскость колебаний светового вектора повернется дополнительно на угол $\varphi_3=\alpha d$. Поэтому угол между плоскостью колебаний световой волны и главной плоскостью анализатора $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_3$.

Применяя закон Малюса для света, проходящего через анализатор, получим с учетом поглощения

$$I_2=I_1(1-k)\cos^2\Delta\varphi \quad \text{или} \quad I_2=I_0(1-k)^2\cos^2\varphi_1\cos^2\Delta\varphi.$$

Вычислим

$$\Delta\varphi=\varphi_2-\alpha d=28^\circ,$$

$$I_2/I_0=(1-k)^2\cos^2\varphi_1\cos^2\Delta\varphi=0,47.$$

Покажем на рисунке (рис.32.2) направление колебаний вектора E световой волны относительно плоскостей поляризатора и анализатора.

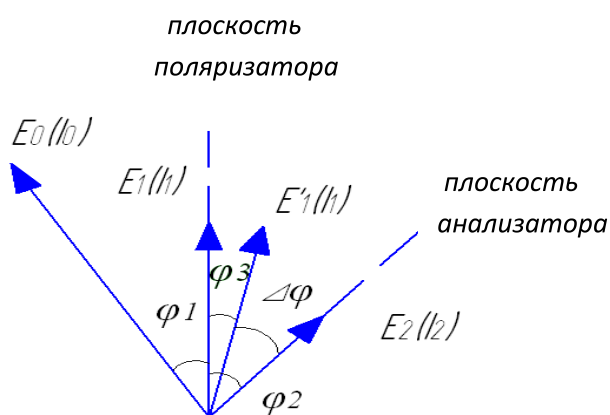


Рисунок 32.2

Примечание:

В случае падения на поляризатор естественного света с равновероятными направлениями колебаний светового вектора E его интенсивность I_0 после прохождения поляризатора и с учетом поглощения уменьшится до $I_1=1/2I_0(1-k)$. Свет с интенсивностью I_1 будет поляризован в главной плоскости поляризатора.