

9. Вариант

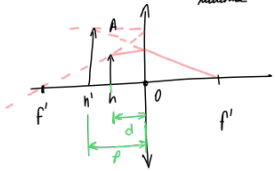
1. Вывести волновое уравнение для электромагнитных волн.
 2. Предмет имеет размер 24 мм, изображение - 120 мм. Определите f' тонкой линзы, если расстояние между предметом и изображением 600 мм.
 3. В опыте Юнга отверстия освещались светом с длиной волны 600 нм, расстояние между отверстиями 1 мм и расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найти расстояние от центра картины до точки на экране, где наблюдается второй интерференционный максимум. Как изменится картина, если всю систему поместить в среду с показателем 1,4? Как изменится картина интерференции, если на отверстия падает белый свет?
 4. Одну половину длиной a или шириной b перекрывают тонкой прозрачной пластинкой с показателем преломления n . В результате интенсивность света в центре дифракционной картины уменьшается в два раза. Найти толщину d пластинки и интенсивность света в направлениях, соответствующих направлениям на дифракционные минимумы в отсутствие пластинки.
 5. Смесь света, поляризованного по кругу J_k и естественного J_e проходит через четвертьволновую пластинку и анализатор (призму Николя). При вращении последнего найдено, что $J_{\max}/J_{\min} = 5$. Найти отношение J_k/J_e .
- Вопрос:
6. Интерферометры

2) Дано:
 $h = 24 \text{ мм}$
 $h' = 120 \text{ мм}$
 $d_m = 600 \text{ мм}$

 $f' = ?$

Решение:
 $|h'| > |h| \Rightarrow$ линза не может быть рассеивающей.
 Тогда можем быть 2 ситуации, когда линза - собирающая.
 f - расстояние от оси линзы до изображения,
 d - расстояние от оси линзы до предмета

I Найдём между f' и осью линзы.



$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow f' = \frac{df}{f-d}$$

$$d_m = f - d$$

$$\triangle AOH \sim \triangle A'O H' \Rightarrow \frac{d}{f} = \frac{h}{h'} ; f = \frac{d h'}{h}$$

$$d_m = d \left(\frac{h'}{h} - 1 \right) \Rightarrow d = \frac{h \cdot d_m}{h' - h}$$

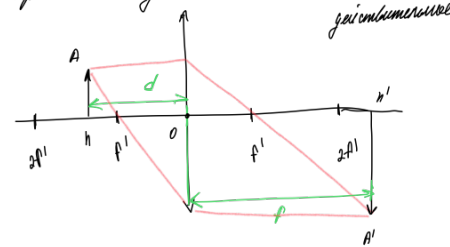
$$f' = \frac{d^2 \cdot \frac{h'}{h}}{d_m} = \frac{h^2 d_m^2}{(h' - h)^2} \cdot \frac{h'}{h} = \frac{h \cdot d_m \cdot h'}{(h' - h)^2}$$

$$f' = 187.5 \text{ мм}$$

$$d = 150 \text{ мм}$$

$0 < d < f' - \text{верно}$

II Найдём между f' и $2f'$:



$$d_m = d + f ;$$

$$\text{аналогично} \begin{cases} f = \frac{d h'}{h} \\ f' = \frac{d f}{f-d} \end{cases}$$

$$d_m = d + \frac{d h'}{h} ; d = \frac{d_m}{1 + \frac{h'}{h}} = \frac{d_m \cdot h}{h' + h}$$

$$f' = \frac{d \cdot f}{d_m} = \frac{d^2 h'}{d_m h} = \frac{d_m^2 h^2}{(h' + h)^2} \cdot \frac{h'}{d_m \cdot h} = \frac{d_m h \cdot h'}{(h' + h)^2}$$

$$f' = 83.3 \text{ мм}$$

$f' < d < 2f' - \text{верно}$

$$d = 100 \text{ мм}$$

Ответ: 187.5 мм; 83.3 мм

3) Дано:

$$\lambda_0 = 600 \text{ нм}$$

$$d = 10^{-3} \text{ м}$$

$$L = 3 \text{ м}$$

$$k = 1.4$$

$$x_{\min_2} = ?$$

Решение:

Косинусы min и max в свете Юнга:

$$x_{\max_n} = n \cdot \frac{L}{d} \cdot \lambda$$

$$x_{\min_n} = (n + 1/2) \frac{L}{d} \cdot \lambda$$

Мы считаем, что первоначальный свет Юнга
 падает в вакууме $\Rightarrow k_0 = 1$

При $k = 1.4$:

$$\lambda' = \frac{\lambda_0}{k}$$

$$x_{\min_2} = (n + 1/2) \cdot \frac{L}{d} \cdot \lambda_0 = 5/2 \cdot 3/10^{-3} \cdot 600 \cdot 10^{-9} = 0.0045 \text{ м}$$

$$x'_{\min_2} = (n + 1/2) \cdot \frac{L}{d} \cdot \lambda' = x_{\min_2} / k = 0.0032 \text{ м}$$

\Rightarrow полосу смещение стало уже

При использовании белого света смещение окрасится и
 имеет радужный.

Ответ: $x_{\min_2} = 0.0045 \text{ м}$

5) Дано:

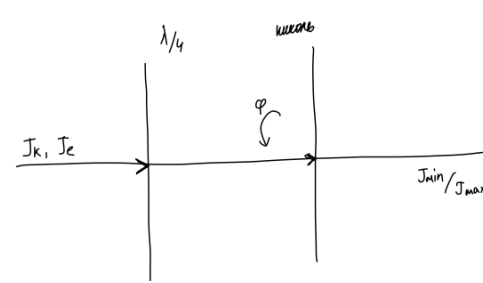
$$J_k$$

$$J_e$$

$$\frac{\lambda}{4}$$

$$\frac{J_{\max}}{J_{\min}} = 5$$

$$J_k / J_e = ?$$



Закон Малюса:

$$J = J_0 \cdot \cos^2 \varphi$$

- Для естественного света $\cos^2 \varphi = 1/2$ т.к. все значения φ равновероятны.

$$J'_e = J_e \cdot 1/2 \quad \text{— при прохождении через Николь}$$

При прохождении естеств. света через пластинку интенсивность не
 изменилась

- Для поляризации по кругу пластинка увеличивает напряженность на линейную.

$$J'_{k\max} = J_k \cdot \cos^2 \varphi = J_k \quad \text{— при прохождении Николь}$$

$$J'_{k\min} = J_k \cdot \cos^2 \varphi = 0$$

$$J_{\min} = J_e / 2, \quad J_{\max} = J_e / 2 + J_k$$

$$J_{\max} / J_{\min} = \frac{1/2 J_e + J_k}{1/2 J_e} = 5;$$

$$J_k = 2 J_e \Rightarrow \frac{J_k}{J_e} = 2$$

Ответ: 2

⑥ Интерференция

- прибор, основанный на явлении интерференции.

Пучок света при прохождении определенных препятствий разделяется

на два или большее число когерентных пучков.

Каждый проходит разный путь, взаимодействует на экране, создавая интерфер. картину.

Эта картина устанавливается разности фаз пучков в данной точке картины.

Существует множество видов интерфер., например:

- интерф. Миша (две малых параллельных щелей)
- интерф. Майкельсона (поворот вращающегося зеркала света)
- интерф. Рэлея (разделяет свет от источника на 2 пучка, разность фаз между которыми совпадает с разностью хода света между 2 пучками с разными ходами).
- другие

① Уравнения Максвелла:

Электростатика поле может быть только при отсутствии зарядов и токов в виде волн
($\rho=0, \vec{j}=0$)

$$\begin{cases} \text{rot } \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \\ \text{div } \vec{B} = 0 \\ \text{rot } \vec{H} = \frac{d\vec{D}}{dt} \\ \text{div } \vec{D} = 0 \\ \vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}, \vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H} \end{cases}$$

Для \vec{E} :

$$\text{rot}(\text{rot } \vec{E}) = -\frac{d}{dt}(\text{rot } \vec{B})$$

$$\Rightarrow \text{rot}(\text{rot } \vec{E}) = -\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2}$$

$$\Delta \vec{E} = \nabla^2 \vec{E} = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2} \vec{E}$$

$$\text{rot}(\text{rot } \vec{E}) = \text{grad}(\text{div } \vec{E}) - \Delta \vec{E}$$

$$\Rightarrow \text{div}(\vec{E}) = \frac{1}{\epsilon \epsilon_0} \text{div } \vec{D} = 0$$

Отсюда получаем уравнение для \vec{E} :

$$\Delta \vec{E} - \epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2} = 0$$

Аналогично для \vec{H} :

$$\Delta \vec{H} - \frac{1}{v^2} \cdot \frac{d^2 \vec{H}}{dt^2} = 0, \quad v = \sqrt{1/\epsilon_0 \mu_0 \mu \epsilon}$$

$$\Rightarrow \Delta \vec{E} - \frac{1}{v^2} \cdot \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2} = 0$$

$$\text{Откуда: } \Delta \vec{E} - \frac{1}{v^2} \cdot \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2} = 0 \quad ?$$

Радеев Артем М3202