

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

**Решение задач по оптике**

(интерференция света)

Учебно-методическое пособие

Составители:  
А. Е. Гриднев,  
А. В. Меремьянин,  
В. Е. Рисин

Воронеж  
Издательский дом ВГУ  
2015

Цель данного учебно-методического пособия – помочь студентам освоить приёмы решения задач по теме «интерференция света». Изложен минимум теоретического материала, необходимого для решения задач. Даны примеры решения характерных задач, приведены тексты задач [1] для самостоятельного решения.

**Убедительная просьба к студентам:** соблюдайте последовательность проработки учебного материала!

Признаком интерференции, возникающей при наложении когерентных волн, является *неравенство* суммарной интенсивности  $I$  сумме интенсивностей отдельных волн:  $I \neq I_1 + I_2$ .

При двухлучевой интерференции монохроматических волн с одинаковыми частотами  $\omega$ :  $E_1 = E_{01} \cos(\omega t - \mathbf{k}_1 \mathbf{r}_1)$ ,  $E_2 = E_{02} \cos(\omega t - \mathbf{k}_2 \mathbf{r}_2)$ , суммарная интенсивность

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\mathbf{k}_2 \mathbf{r}_2 - \mathbf{k}_1 \mathbf{r}_1), \quad (1)$$

где  $2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\mathbf{k}_2 \mathbf{r}_2 - \mathbf{k}_1 \mathbf{r}_1)$  – интерференционный член,  $\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2$  – волновые векторы,  $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2$  – радиус-векторы, проведённые от соответствующих источников в точку наложения волн.

В зависимости от разности фаз колебаний  $[(\omega t - \mathbf{k}_1 \mathbf{r}_1) - (\omega t - \mathbf{k}_2 \mathbf{r}_2)]$

$$-1 \leq \cos(\mathbf{k}_2 \mathbf{r}_2 - \mathbf{k}_1 \mathbf{r}_1) \leq +1.$$

$$I_{max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2},$$

$$I_{min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}.$$

Чем больше  $I_{max}$  и меньше  $I_{min}$ , тем заметнее интерференция. Качество интерференционной картины, её заметность характеризуется *функцией видимости*

$$V = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}, \quad 0 \leq V \leq 1.$$

Очевидно, функция видимости максимальна, когда  $I_1 = I_2 = I_0$ . В

ции в направлении  $\theta$  будет излучаться узкий пучок с высокой концентрацией энергии. Если при этом менять  $\alpha$ , то пучок будет менять направление, сканируя пространство. Примерно таков принцип действия радиолокационных станций с фазированной решёткой.

Различные реальные источники излучают свет независимо друг от друга, и их излучение является некогерентным. Поэтому для наблюдения интерференции поступают следующим образом. Излучение одного источника с помощью различных оптических приспособлений делят на два пучка. Эти пучки затем сводят в одну область пространства, где они накладываются и интерферируют. В настоящее время известно множество интерференционных схем, построенных таким образом.

Рассмотрим для примера схему с бипризмой Френеля, которая представлена на рисунке 3.

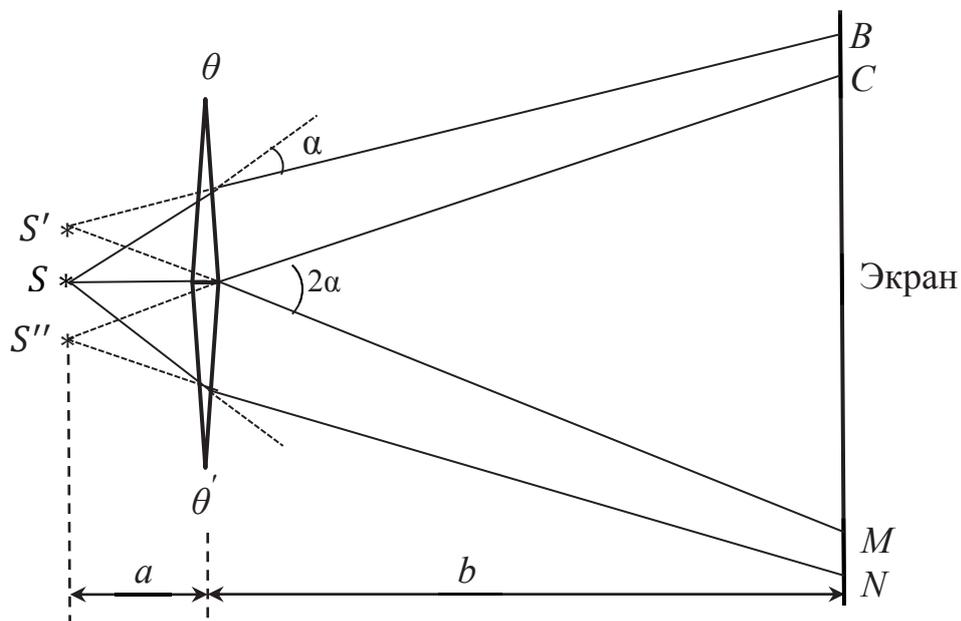


Рис. 3. Интерференционная схема с бипризмой Френеля

Две призмы с малыми преломляющими углами  $\theta$  и  $\theta'$  склеены основаниями. Источник  $S$  в виде светящейся нити (или щели), перпендикулярной плоскости рисунка. Для малых преломляющих углов  $\varphi$  (когда  $\sin\varphi \approx$

$\varphi$ ) угол отклонения луча призмой  $\alpha$  не зависит от угла падения и определяется выражением:

$$\alpha = \theta(n - 1), \quad (4)$$

где  $n$  – показатель преломления стекла призмы; угол  $\theta$  задаётся в *радианах*. Лучи из источника  $S$ , падающие на верхнюю половину бипризмы, будут отклоняться вниз на угол  $\alpha$ . Эти лучи будут приходить в область  $BM$  экрана и как бы исходить из мнимого источника  $S'$ . Лучи падающие на нижнюю половину бипризмы будут приходить в область  $CN$  экрана и как бы исходить из мнимого источника  $S''$ .

Таким образом, бипризма обеспечивает деление волнового фронта излучения источника  $S$  на два когерентных пучка. В области перекрытия этих пучков  $CM$  будет наблюдаться интерференция. На экране увидим систему параллельных светлых и тёмных полос, перпендикулярных плоскости рисунка. Область перекрытия когерентных пучков называется *полем интерференции*.

Множество различных интерференционных схем сводится к задаче с двумя когерентными источниками и экраном, где наблюдается интерференция. Решим такую задачу.

*Задача 2.* На рисунке 4  $S_1$  и  $S_2$  – когерентные источники одинаковой интенсивности в виде тонких светящихся нитей (перпендикулярных плоскости рисунка), расстояние между которыми обозначим  $2l$ . Параллельно светящимся нитям на расстоянии  $D$  от них располагается экран, на котором наблюдается интерференционная картина. Найти распределение интенсивности на экране и ширину интерференционных полос.

Для произвольной точки  $P$  экрана разность хода лучей  $\Delta = r_2 - r_1$ .

Из рисунка видно, что  $r_2^2 = D^2 + (h + l)^2, r_1^2 = D^2 + (h - l)^2$ . Откуда следует:  $r_2^2 - r_1^2 = \Delta \cdot (r_2 + r_1) = 4hl$ .

Обычно размер интерференционной картины невелик,  $h \ll D$ , кроме того  $2l \ll D$ , поэтому можем положить  $(r_2 + r_1) = 2D$ . Тогда для разности хода получим:

$$\Delta = 2l \cdot h/D.$$

Подставляя это выражение в формулу (2), получим распределение интенсивности в зависимости от координаты экрана

$$I = 2I_0 \left[ 1 + \cos \left( \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{2l \cdot h}{D} \right) \right].$$

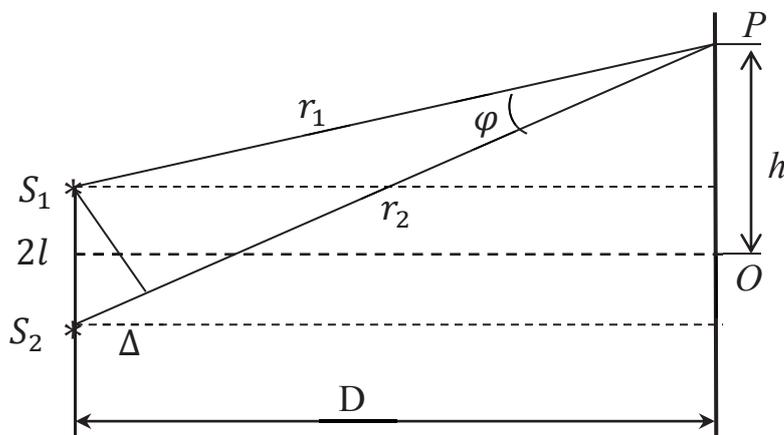


Рис. 4. Интерференционная схема с двумя когерентными источниками

Координаты интерференционных максимумов найдём из условия  $\Delta = 2l \cdot h/D = \pm m\lambda$ .

$$h_{max} = mD\lambda/2l. \tag{5}$$

Расстояние между соседними максимумами (или минимумами)  $\delta h$  называется *шириной интерференционной полосы*

$$\delta h = D\lambda/2l. \tag{6}$$

Сделаем важную оценку. Зададим  $D = 0,4$  м;  $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$  м. Если мы хотим, чтобы ширина интерференционных полос была хотя бы 2 мм, то из (6) получим необходимое расстояние между когерентными источниками:  $2l = 0,1$  мм.