

## Модуль № 4

### Коливання та хвилі. Оптика. Квантова та ядерна фізика

#### Практичне заняття № 3

*Геометрична та хвильова оптика. Закони геометричної оптики*

##### Задача 15.41

Знайти фокусну відстань лінзи, яка занурена у воду, якщо її фокусна відстань в повітрі 20 см. Показник заломлення матеріалу лінзи 1,6.

##### Розв'язання

Дано:

$$F_1 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$n = 1,6$$

$$F_2 = ?$$

$$\text{Маємо } F_1 = \frac{R}{2\left(\frac{n}{n_1} - 1\right)} \quad (1), \quad F_2 = \frac{R}{2\left(\frac{n}{n_2} - 1\right)} \quad (2)$$

$n_1$  - показники заломлення повітря,

$n_2 = 1,33$  – показник заломлення води

Поділивши (1) на (2) отримаємо

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\frac{n}{n_1} - 1}{\frac{n}{n_2} - 1} = \frac{n_1(n - n_2)}{n_2(n - n_1)}$$

$$F_2 = \frac{F_1 n_2 (n - n_1)}{n_1 (n - n_2)}$$

##### Задача 16.19

Установка для отримання кілець Ньютона освітлюється світлом з довжиною хвилі 589 нм., падаючим до нормалі до поверхні пластини. Радіус кривизни лінзи 10м. Простір між лінзою і скляною пластинною заповнено рідиною.

Знайти показник заломлення рідини, якщо радіус третього світлового кільця що проходить в світлі 3,65 мм.

##### Розв'язання

Дано:

$$\lambda = 589 \text{ нм} = 589 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$R = 10 \text{ м}$$

$$r_3 = 3,65 \text{ мм} = 3,65 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$n$ -?

Результат інтерференції залежить від оптичної різниці ходу, яка у випадку нормального падіння променів має вигляд  $\Delta = 2hn$

Спостереження ведеться в прохідному світлі.

Установка найбільш прозора для світла з заданою

довжиною хвилі, якщо різниця ходу кратна парному числу на півхвиль

$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2}$  тобто умова максимуму для спостереження в прохідному світлі

виражається співвідношенням  $2hn = k\lambda$  (1)

Радіус  $k$ -того світлового кільця  $r_k = \sqrt{2hR}$ , звідки  $h = \frac{r_k^2}{2R}$  (2)

Підставляючи (2) в (1) отримаємо

$$\frac{nr_k^2}{R} = k\lambda$$

$$n = \frac{k\lambda R}{r_k^2}$$

### Задача 16.42

На дифракційну решітку нормально падає пучок світла від розрядної труби, наповненої гелієм. На яку лінію в спектрі третього порядку накладається червона лінія гелію ( $\lambda_1 = 670 \text{ нм}$ ) спектра другого порядку.

#### Розв'язання

Дано:

$$\lambda_1 = 670 \text{ нм} = 670 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$\lambda_2$ -?

$$d \sin \varphi = 2\lambda_1, \quad d \sin \varphi = 3\lambda_2$$

$$\lambda_2 = \frac{2}{3} \lambda_1$$

### Задача 16.61

Знайти показники заломлення скла, якщо при відображенні від нього світла, відображений промінь буде повністю поляризований при куті заломлення  $\beta = 30^\circ$

#### Розв'язання

Дано:

$$\beta = 30^\circ$$

$n$ -?

За законом Брюстера  $\text{tg} i_B = n$

У зв'язку із оборотністю ходу променів можна записати  $\text{tg} \beta = \frac{1}{n}$

$$n = \frac{1}{\text{tg} \beta}$$

### Задача 16.9

На мильну плівку падає біле світло під кутом  $45^\circ$  до поверхні плівки. При якій найменшій товщині плівки відображені промені будуть пофарбовані в жовтий колір ( $\lambda=600$  нм)? Показник заломлення мильної води  $n=1,33$ .

#### Розв'язання

Дано:

$$i=45^\circ$$

$$\lambda=600 \text{ нм}=6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$n=1,33$$

$h$ -?

За умовою відображені промені пофарбовані в жовтий колір. Це означає, що максимум відображення спостерігається в жовтій частині спектра.

Максимум відображення спостерігається, коли світлові хвилі, відображені від обох поверхонь

пластини (див малюнок) підсилюють одна одну. Для цього оптична різниця ходу пучків 1 і 2 повинна бути рівна цілому числу довжин хвиль

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2} + n(AC + BC) - AD = k\lambda$$

$\frac{\lambda}{2}$  враховує, що при відображенні пучка 1 від оптично більш щільного середовища фаза коливань електромагнітного поля

змінюється на протилежну, тобто виникає така ж зміна фази, як при проходженні шляху  $\frac{\lambda}{2}$

Множник  $n$  враховує зменшення швидкості світла в середовищі – на шляху  $s$  в середовищі виникає така ж зміна фази  $\Delta\varphi$ , як на шляху  $ns$  у вакуумі.

Використовуючи співвідношення  $AC = BC = \frac{h}{\cos r}$ ,  $AD = 2h \sin i \cos r$ , а також застосовуючи закон заломлення, отримаємо:  $(k - \frac{1}{2}) \lambda = 2h \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$ ,

$$\text{звідки } h = \frac{(\frac{k-1}{2})\lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}$$

