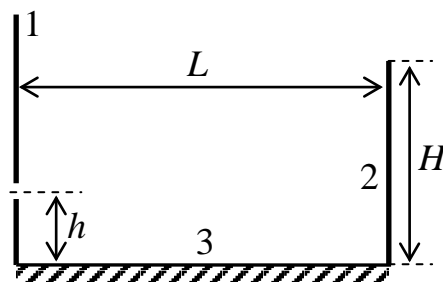
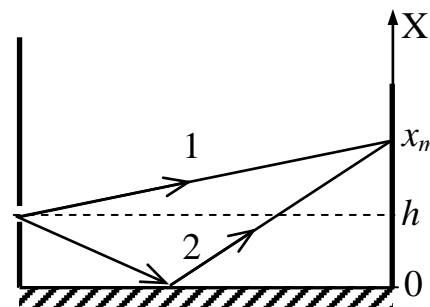


5.8.1. Задача. В вертикально расположенном экране 1 сделана узкая горизонтальная щель, которая освещается монохроматическим источником света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. На расстоянии $L = 1$ м от экрана со щелью находится вертикальный экран 2. Между экранами помещено горизонтальное плоское зеркало 3 так, как показано на рисунке. Свет от щели попадает на второй экран непосредственно и после отражения от зеркала. При этом на экране наблюдается N интерференционных полос. Щель находится на расстоянии $h = 1$ мм от плоскости зеркала. Высота второго экрана равна $H = 5$ см. Найти число N интерференционных полос, наблюдаемых на экране.



5.8.1. Решение. Рассмотрим два луча, выходящие из одной точки щели и идущие в плоскости, перпендикулярной щели, как показано на рисунке. Введём систему координат в плоскости экрана 2. Луч 1 попадает в точку экрана с координатой x непосредственно от щели, а луч 2 попадает в эту же точку после отражения от зеркала. Если в указанной точке наблюдается интерференционный максимум, то оптическая разность хода лучей 1 и 2 должна быть кратна целому числу длин волн излучения источника λ . Будем считать, что оптическая разность хода лучей равна их геометрической разности хода (абсолютный показатель преломления среды между экранами равен единице). Тогда путь, пройденный лучом



1 от щели до экрана, равен: $S_1 = \sqrt{L^2 + (x - h)^2}$. Аналогично, путь, пройденный лучом 2, равен: $S_2 = \sqrt{L^2 + (x + h)^2}$. Геометрическая разность хода лучей

$\Delta S = S_2 - S_1$. Последнее равенство можно записать по-другому: $\Delta S = \frac{S_2^2 - S_1^2}{S_2 + S_1}$. По

условию задачи $h \ll L$. Полагая, что наблюдаемые порядки интерференции не слишком велики, можно считать, что и $x \ll L$. Тогда последнее равенство можно записать в виде:

$$\Delta S = \frac{S_2^2 - S_1^2}{2L} = \frac{(x + h)^2 - (x - h)^2}{2L} = \frac{2xh}{L}.$$

Пусть в точке с координатой x_m наблюдается интерференционный максимум m -го порядка, тогда $\Delta S_m = \frac{2x_m h}{L} = m\lambda$. Пусть максимум $(m+1)$ -го порядка

наблюдается в точке с координатой x_{m+1} , тогда $\Delta S_{m+1} = \frac{2x_{m+1}h}{L} = (m+1)\lambda$. Ширина интерференционной полосы равна $\Delta x = x_{m+1} - x_m$. Таким образом, получаем:

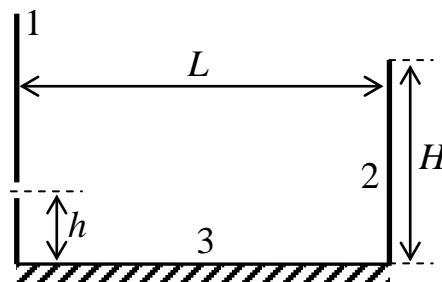
$\Delta x = \frac{\lambda L}{2h}$. Искомое число интерференционных полос, наблюдаемых на экране

высотой H , равно целой части от отношения $\frac{H}{\Delta x}$, то есть:

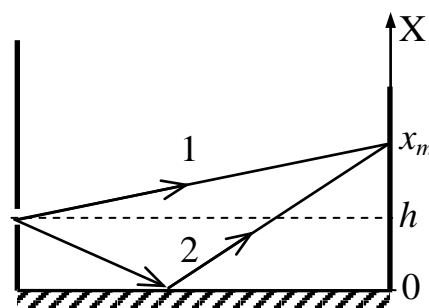
$$N = \left[\frac{H}{\Delta x} \right] = \left[\frac{2Hh}{\lambda L} \right].$$

$$\text{Ответ: } N = \left[\frac{2Hh}{\lambda L} \right] \quad N = \left[\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1} \right] \quad N = 200.$$

5.8.2. Задача. В вертикально расположенном экране 1 сделана узкая горизонтальная щель, которая освещается монохроматическим источником света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. На некотором расстоянии L от экрана со щелью находится вертикальный экран 2. Между экранами помещено горизонтальное плоское зеркало 3 так, как показано на рисунке. Свет от щели попадает на второй экран непосредственно и после отражения от зеркала. При этом на экране наблюдаются интерференционные полосы. Щель находится на расстоянии $h = 1$ мм от плоскости зеркала. Высота второго экрана равна $H = 5$ см. Число интерференционных полос на экране $N = 200$. Найти расстояние L между экранами при условии, что $h \ll L$. Ответ получить в метрах.



5.8.2. Решение. Рассмотрим два луча, выходящие из одной точки щели и идущие в плоскости, перпендикулярной щели, как показано на рисунке. Введём систему координат в плоскости экрана 2. Луч 1 попадает в точку экрана с координатой x непосредственно от щели, а луч 2 попадает в эту же точку после отражения от зеркала. Если в указанной точке наблюдается интерференционный максимум, то оптическая разность хода лучей 1 и 2 должна быть кратна целому числу длин волн излучения источника λ . Будем считать, что оптическая разность хода лучей равна их геометрической разности хода (абсолютный показатель преломления среды между экранами равен единице). Тогда путь, пройденный лучом



1 от щели до экрана, равен: $S_1 = \sqrt{L^2 + (x - h)^2}$. Аналогично, путь, пройденный лучом 2, равен: $S_2 = \sqrt{L^2 + (x + h)^2}$. Геометрическая разность хода лучей

$\Delta S = S_2 - S_1$. Последнее равенство можно записать по-другому: $\Delta S = \frac{S_2^2 - S_1^2}{S_2 + S_1}$. По условию задачи $h \ll L$. Полагая, что наблюдаемые порядки интерференции не слишком велики, можно считать, что и $x \ll L$. Тогда последнее равенство можно записать в виде:

$$\Delta S = \frac{S_2^2 - S_1^2}{2L} = \frac{(x + h)^2 - (x - h)^2}{2L} = \frac{2xh}{L}.$$

Пусть в точке с координатой x_m наблюдается интерференционный максимум m -того порядка, тогда $\Delta S_m = \frac{2x_m h}{L} = m\lambda$. Пусть максимум $(m+1)$ -го порядка

наблюдается в точке с координатой x_{m+1} , тогда $\Delta S_{m+1} = \frac{2x_{m+1} h}{L} = (m+1)\lambda$. Ширина

интерференционной полосы равна $\Delta x = x_{m+1} - x_m$. Таким образом, получаем:

$\Delta x = \frac{\lambda L}{2h}$. Число интерференционных полос, наблюдаемых на экране высотой H ,

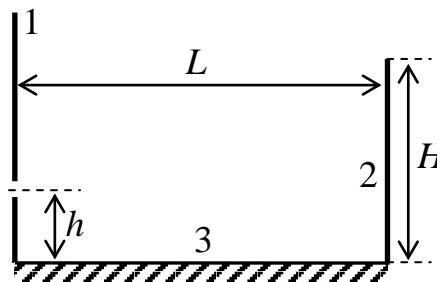
равно целой части от отношения $\frac{H}{\Delta x}$, т.е. $N = \left[\frac{H}{\Delta x} \right]$. По условию задачи $N = 200$.

Таким образом, искомое расстояние L между экранами равно:

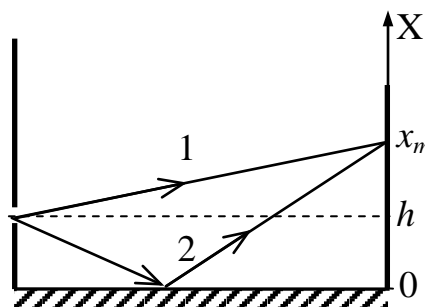
$$L = \frac{2Hh}{\lambda N}.$$

Ответ: $L = \frac{2Hh}{\lambda N}$ $L = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 200}$ $L = 1 \text{ м.}$

5.8.3. Задача. В вертикально расположенном экране 1 сделана узкая горизонтальная щель, которая освещается монохроматическим источником света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. На расстоянии $L = 1$ м от экрана со щелью находится вертикальный экран 2. Между экранами помещено горизонтальное плоское зеркало 3 так, как показано на рисунке. Свет от щели попадает на второй экран непосредственно и после отражения от зеркала. При этом на экране наблюдаются интерференционные полосы. Щель находится на некотором расстоянии h от плоскости зеркала. Высота второго экрана равна $H = 5$ см. Число интерференционных полос на экране $N = 200$. Найти расстояние h от щели до плоскости зеркала при условии, что $h \ll L$. Ответ получить в миллиметрах.



5.8.3. Решение. Рассмотрим два луча, выходящие из одной точки щели и идущие в плоскости, перпендикулярной щели, как показано на рисунке. Введём систему координат в плоскости экрана 2. Луч 1 попадает в точку экрана с координатой x непосредственно от щели, а луч 2 попадает в эту же точку после отражения от зеркала. Если в указанной точке наблюдается интерференционный максимум, то оптическая разность хода лучей 1 и 2 должна быть кратна целому числу длин волн излучения источника λ .



Будем считать, что оптическая разность хода лучей равна их геометрической разности хода (абсолютный показатель преломления среды между экранами равен единице). Тогда путь, пройденный лучом 1 от щели до экрана, равен:

$S_1 = \sqrt{L^2 + (x - h)^2}$. Аналогично, путь, пройденный лучом 2, равен:

$S_2 = \sqrt{L^2 + (x + h)^2}$. Геометрическая разность хода лучей $\Delta S = S_2 - S_1$. Последнее

равенство можно записать по-другому: $\Delta S = \frac{S_2^2 - S_1^2}{S_2 + S_1}$. По условию задачи $h \ll L$.

Полагая, что наблюдаемые порядки интерференции не слишком велики, можно считать, что и $x \ll L$. Тогда последнее равенство можно записать в виде:

$$\Delta S = \frac{S_2^2 - S_1^2}{2L} = \frac{(x + h)^2 - (x - h)^2}{2L} = \frac{2xh}{L}.$$

Пусть в точке с координатой x_m наблюдается интерференционный максимум

m -го порядка, тогда $\Delta S_m = \frac{2x_m h}{L} = m\lambda$. Пусть максимум $(m+1)$ -го порядка

наблюдается в точке с координатой x_{m+1} , тогда $\Delta S_{m+1} = \frac{2x_{m+1} h}{L} = (m+1)\lambda$. Ширина

интерференционной полосы равна $\Delta x = x_{m+1} - x_m$. Таким образом, получаем:

$\Delta x = \frac{\lambda L}{2h}$. Число интерференционных полос, наблюдаемых на экране высотой H ,

равно целой части от отношения $\frac{H}{\Delta x}$, т.е. $N = \left[\frac{H}{\Delta x} \right]$. По условию задачи $N = 200$.

Таким образом, искомое расстояние h от щели до плоскости зеркала равно:

$$h = \frac{\lambda L N}{2H}.$$

Ответ: $h = \frac{\lambda L N}{2H} \quad h = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 200}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \quad h = 1 \text{ мм.}$