

Решение задач

Факты, позволяющие считать свет электромагнитной волной.

Свет – это электромагнитные волны, т.к. для света характерно

1. явление дифракции
 2. явление интерференции
 3. явление поляризации
- характерны только для волновых процессов
4. Скорость распространения электромагнитных волн равна скорости света в вакууме.
 5. Световые волны поперечны.
Электромагнитные волны поперечны.
Поперечность электромагнитных волн является доказательством

Повторение. Волновые свойства света.

□ **Дисперсия** — зависимость показателя преломления света от частоты колебаний.

□ **Интерференция** — сложение в пространстве волн, при котором образуется постоянное во времени распределение амплитуд результирующих колебаний.

□ **Дифракция** - отклонение от прямолинейного распространения, огибание волной препятствий

Характерные черты явления дифракции света:

при дифракции свет заходит в область геометрической тени препятствия и вблизи этой тени наблюдается чередование светлых и темных полос.

Условия наблюдения дифракции:

дифракция отчетливо наблюдается, если размеры препятствий сравнимы с длиной волны или велико расстояние от препятствий до экрана.

1. На дифракционную решетку перпендикулярно ее поверхности падает свет. **Второй** дифракционный максимум отклонен на 60° . Определите длину волны света, падающего на решетку. Период дифракционной решетки равен **100** штрихов на **1мм**.

Дано:

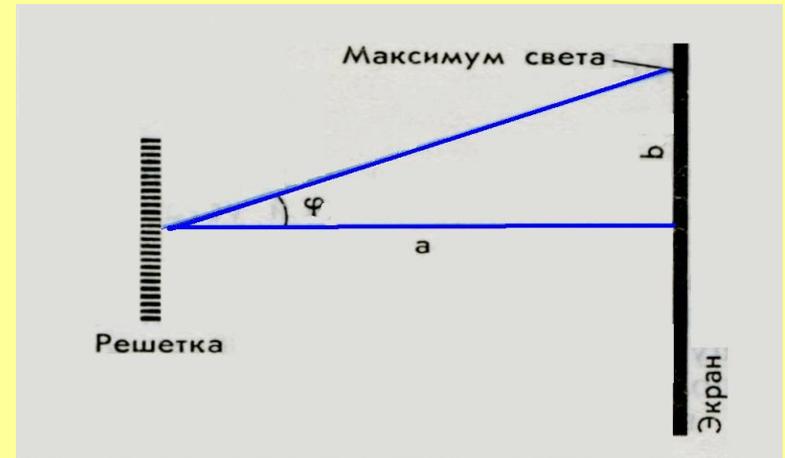
СИ

$$d = \frac{1\text{мм}}{100} = \frac{0,001\text{м}}{100} = 0,00001\text{м} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$k = 2$$

$$\varphi = 60^\circ$$

$$\lambda - ?$$



Решение:

$$d \sin \varphi = k \lambda$$

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k} = \frac{1 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \sin 60^\circ}{2} =$$

$$= \frac{1 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} \approx \frac{1,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}}{4} =$$

$$= 0,425 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 4,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } \lambda = 4,25 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

2. Период дифракционной решетки **0,019 мм**. Третье дифракционное изображение при освещении решетки светом паров натрия оказалось расположено от центрального изображения на расстоянии **15,3 см**. Расстояние от решетки до экрана **1,2 м**. Определите длину волны света паров натрия.

Дано : СИ

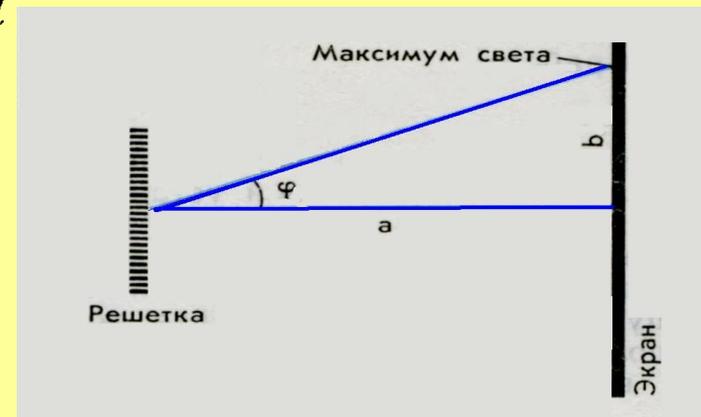
$$d = 0,019 \text{ мм} = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$k = 3$$

$$b = 15,3 \text{ см} = 15,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$a = 1,2 \text{ м}$$

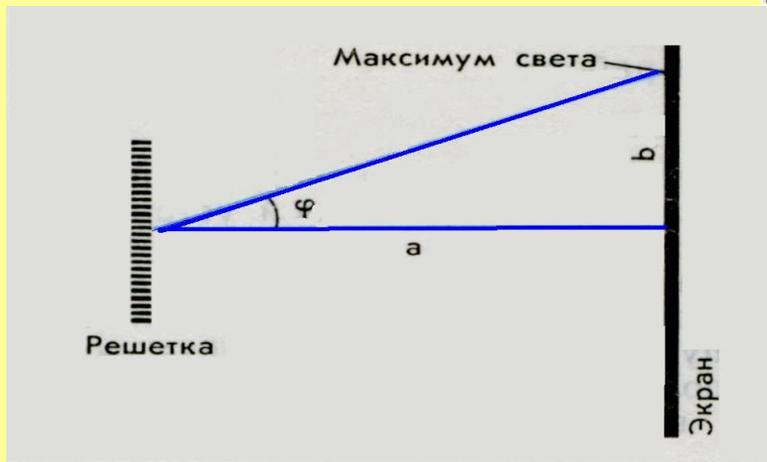
$$\lambda - ?$$



$$d \sin \varphi = k\lambda$$

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}$$

$$\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a}$$



$$\lambda = \frac{db}{ka}$$

$$\lambda = \frac{db}{ka} = \frac{1,9 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot 15,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{3 \cdot 1,2 \text{ м}} = 8,075 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Ответ: $\lambda = 8,075 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

3. Каков период дифракционной решетки, если дифракционное изображение **первого** порядка получено на расстоянии **2,8 см** от центрального, а расстояние от середины решетки до экрана **1,4 м**. Решетка освещена светом с длиной волны **0,4 мкм**.

Дано : **СИ**

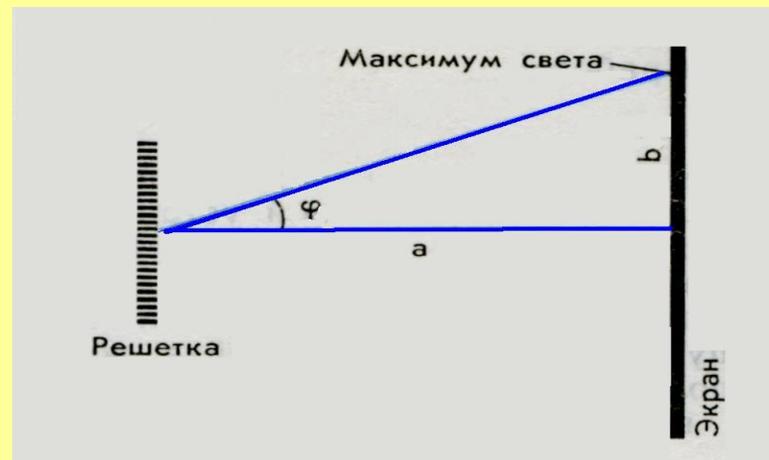
$$\lambda = 0,4 \text{ мкм} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$k = 1$$

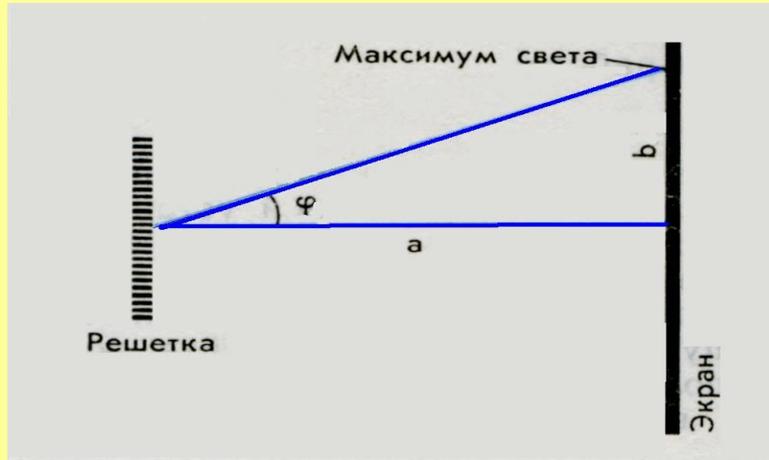
$$b = 2,8 \text{ см} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$a = 1,4 \text{ м}$$

$$d - ?$$



$$d \sin \varphi = k\lambda$$



$$\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a}$$

$$\frac{db}{a} = k\lambda$$

$$db = k\lambda a$$

$$d = \frac{k\lambda a}{b} = \frac{1 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 1,4 \text{ м}}{2,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{+2} \text{ м} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$\text{ОТВЕТ : } d = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

4. Две когерентные световые волны приходят в некоторую точку пространства с разностью хода **2 мкм**. Каков результат интерференции в этой точке, если свет

а) фиолетовый $\lambda=400$ нм

б) красный $\lambda=800$ нм

Дано :

СИ

$$\lambda_1 = 400 \text{ нм} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 800 \text{ нм} = 800 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\Delta d = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Каков

результат

интерференции – ?

А) Проверим условие максимума для фиолетового света:

$$\Delta d = k\lambda$$

$$k = \frac{\Delta d}{\lambda} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{4 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = \\ = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{+7} = 0,5 \cdot 10 = 5$$

Условие максимума выполняется. На разности хода двух волн помещается целое число длин волн, поэтому происходит усиление света.

Ответ: а) результат интерференции света – усиление света.

Б) Проверим условие максимума для
красного света:

$$\Delta d = k\lambda$$

$$k = \frac{\Delta d}{\lambda} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{8 \cdot 10^{-7} \text{ м}} =$$

$$= 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{+7} = 0,25 \cdot 10 = 2,5$$

Условие максимума не выполняется. На разности
хода двух волн помещается не целое число длин
волн.

Задачи для самостоятельного решения

- 1. Дифракционная решётка с периодом d освещается нормально падающим световым пучком с длиной волны λ . Какое из приведённых ниже выражений определяет угол ϕ , под которым наблюдается второй главный максимум?
А. $\sin \phi = 2 \lambda/d$. Б. $\cos \phi = 2 \lambda/d$. В. $\sin \phi = d/2 \lambda$. Г. $\cos \phi = d/2 \lambda$.
- 2. На дифракционную решётку с периодом 0,0066 мм падает по нормали плоская монохроматическая волна. Длина волны 550 нм. Какое максимальное количество дифракционных максимумов можно наблюдать с помощью этой решётки для данной световой волны?

Задачи для самостоятельного решения

- 3. Луч лазера направляется перпендикулярно плоскости дифракционной решётки. Расстояние между нулевым и первым дифракционными максимумами на удалённом (расстояние до экрана $L \gg 10$ см) экране равно 10 см. Найдите расстояние между дифракционными максимумами первого порядка.
- 4. На дифракционную решётку с периодом 0,004 мм падает по нормали плоская монохроматическая волна. Количество дифракционных максимумов, наблюдаемых с помощью этой решётки, равно 19. Чему равна длина волны света?