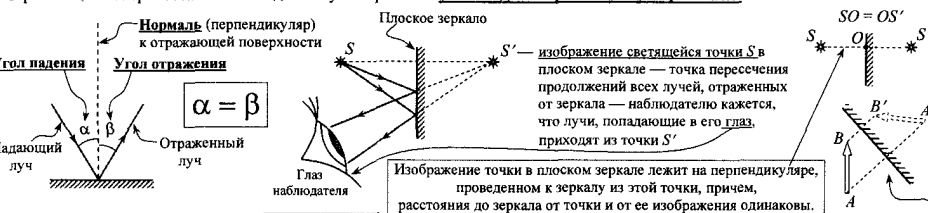


*Решение задач ЕНТ
по теме «Оптика»*

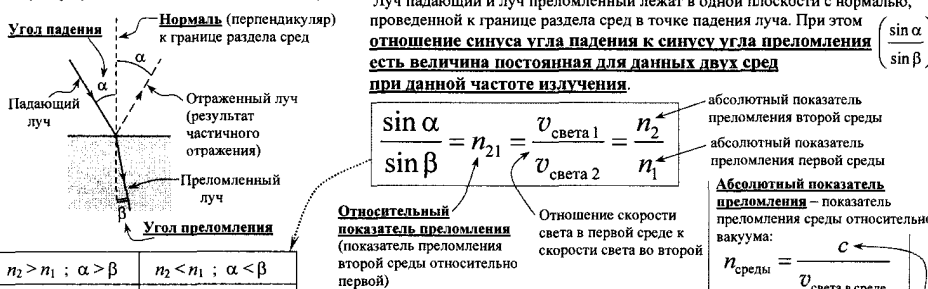
X. Оптика

1. Закон отражения Луч падающий и луч отраженный лежат в одной плоскости с нормалью, проведенной к отражающей поверхности в точке падения луча. При этом **угол падения равен углу отражения**.



2. Закон преломления

При переходе из одной прозрачной среды в другую световой луч частично отражается от границы раздела сред, а частично проходит в следующую среду, причем, в новой среде направление луча может измениться. Такой луч, изменивший свое направление при переходе в новую среду, называется ПРЕЛОМЛЕННЫМ лучом.

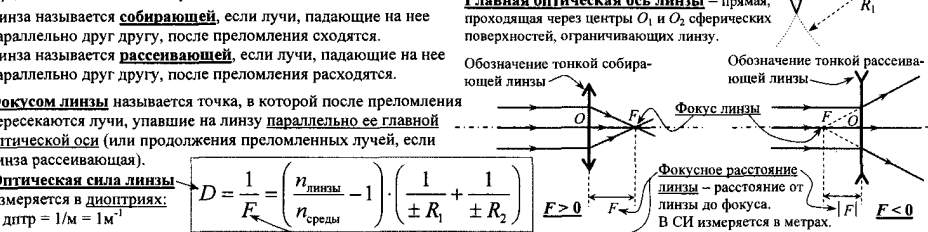


$n_2 > n_1$; $\alpha > \beta$	$n_2 < n_1$; $\alpha < \beta$
Среда 1 (воздух) n_1	Среда 1 (стекло) n_1
Среда 2 (вода) n_2	Среда 2 (воздух) n_2
При переходе луча в оптически более плотную среду ($n_2 > n_1$) луч приближается к нормали	При переходе луча в оптически менее плотную среду ($n_2 < n_1$) луч отклоняется от нормали

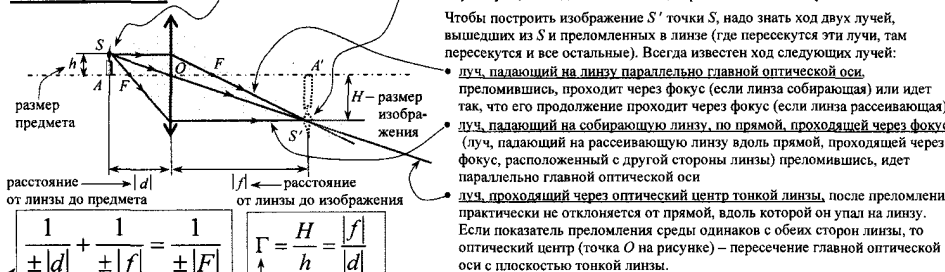
При углах падения меньших, чем α_0 , луч отражается от границы раздела сред лишь частично (с ростом α доля отраженной энергии растет). При $\alpha \geq \alpha_0$ луч полностью отражается от границы раздела сред и не выходит во вторую среду.

α_0 — угол полного внутреннего отражения при угле падения $\alpha = \alpha_0$ угол преломления $\beta_0 = 90^\circ$
 $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$
 $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$

Линза — прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Линза считается тонкой, если ее толщина AB мала по сравнению с радиусами R_1 и R_2 сферических поверхностей, ограничивающих линзу, а также по сравнению с расстояниями d и f от линзы до предмета и от линзы до изображения.

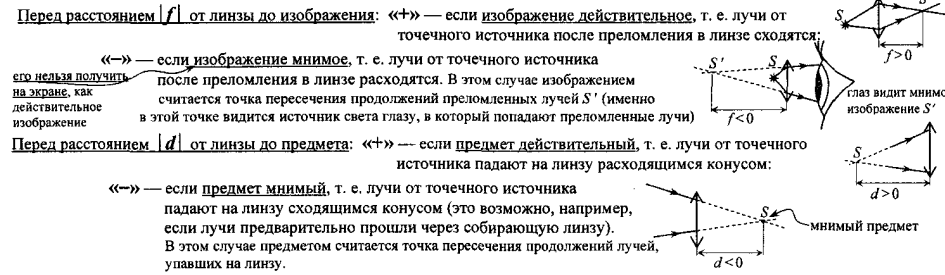


5. Изображение точки S в линзе — это такая точка S', в которой лучи, вышедшие из точки S, пересекаются после преломления в линзе.



Формула тонкой линзы $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$ **Линейное (поперечное) увеличение** — отношение размера изображения (H) к размеру предмета (h), когда предмет — отрезок, перпендикулярный главной оптической оси.

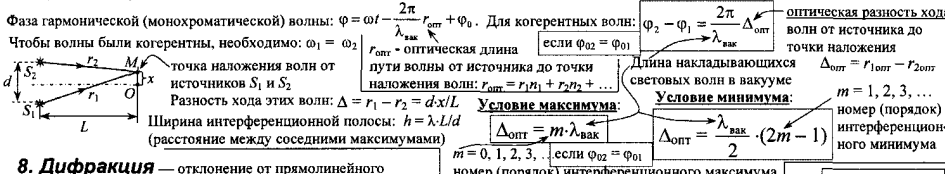
Расстановка знаков в формуле тонкой линзы: Перед фокусным расстоянием $|F|$: «+» — если линза собирающая, «-» — если линза рассеивающая.



6. Возможные случаи расположения предмета:

- $d \rightarrow \infty$ (т.е. $d \gg |F|$) В этом случае лучи от точечного источника идут практически параллельно друг другу. $f = F$ — изображение точечного источника находится в фокальной плоскости.
- $d \in (2F; \infty)$ $f \in (F; 2F)$ Изображение: действительное ($f > 0$), перевернутое, уменьшенное ($|d| > |f| \Rightarrow \Gamma < 1$) (фотография)
- $d = 2F$; $f = 2F$ Изображение: действительное ($f > 0$), перевернутое, уменьшенное ($|d| > |f| \Rightarrow \Gamma < 1$) (размер изображения равен размеру предмета ($d = f, \Gamma = 1$))
- $d \in (F; 2F)$ $f \in (2F; \infty)$ Изображение: действительное ($f > 0$), перевернутое, увеличенное ($|d| < |f| \Rightarrow \Gamma > 1$) (кино, диафильм)
- $d \in (0; F)$ $f \in (-\infty; 0)$ Изображение: мнимое ($f < 0$), прямое, увеличенное ($|d| < |f| \Rightarrow \Gamma > 1$) (луна)
- Рассеивающая линза:** Изображение: мнимое ($f < 0$), прямое, уменьшенное ($|d| > |f| \Rightarrow \Gamma < 1$)

7. Интерференция — наложение волн, при котором эти волны в одних точках усиливают друг друга, а в других — ослабляют друг друга, так, что интенсивность результирующей волны не равна сумме интенсивностей складывающихся волн ($I \neq I_1 + I_2$). Наблюдать интерференцию можно только при наложении когерентных волн. Когерентными называются волны, разность фаз ($\phi_2 - \phi_1$) которых в точке наложения не меняется с течением времени.



8. Дифракция — отклонение от прямолинейного распространения волн при огибании препятствий (прохождении отверстий). В результате дифракции света возникает картина чередования светлых и темных полос, причем свет может попасть в зону геометрической тени. Дифракционная решетка — пластинка с чередующимися прозрачными и непрозрачными полосками ($\sim 10^2$ на 1 мм)

лазер
максимумы первого порядка ($k = 1$)
центральный максимум ($k = 0$)
максимумы второго порядка ($k = 2$)
 $d \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$
период решетки d
 $d = (10^3/N)$ м
число штрихов на 1 мм

Некоторые соотношения для оптических приборов

Формула плоского зеркала

$$d = -f$$

d – расстояние от предмета до зеркала; f - расстояние от зеркала до изображения

Формулы сферического зеркала

$$F = \frac{r}{2}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

F - фокусное расстояние; r - радиус кривизны; H - размер изображения;

h - размер предмета

Формула для плоскопараллельной пластины

$$x = H \frac{\sin(\alpha - i)}{\cos i}$$

x - смещение луча; H - толщина пластины; α - угол падения; i - угол преломления

Формула лупы

$$\Gamma = \frac{d_0}{F}$$

$d_0 = 25$ см - расстояние наилучшего видения

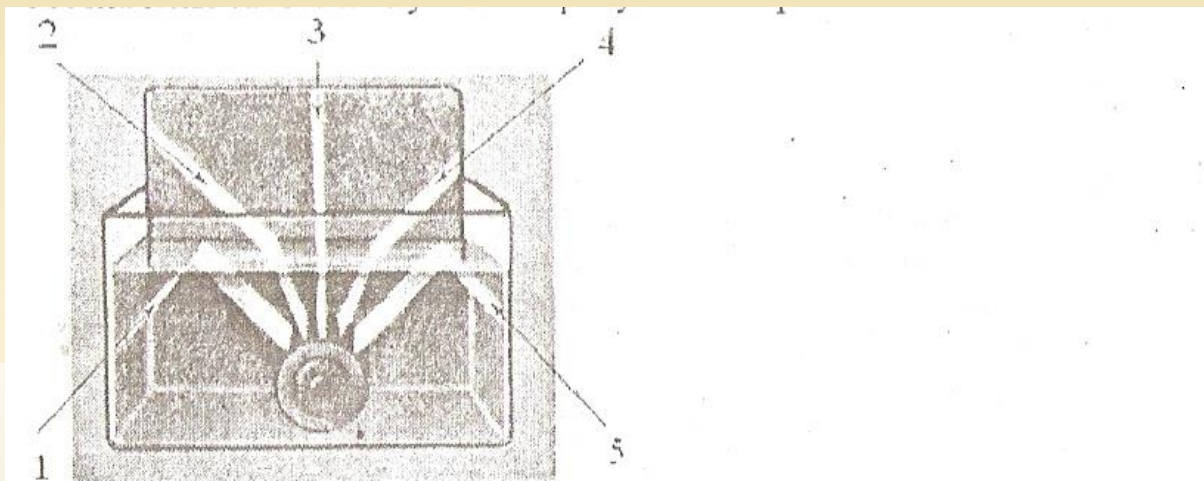
Формула микроскопа

$$\Gamma = \frac{H d_0}{F_2 h}$$

F_2 - фокусное расстояние окуляра

Задача. (в 4533 в 25)

В аквариум налита вода, в воду погружен источник света. Цифрами обозначены световые пучки. На рисунке изображены световые явления



- A) 1 и 5- полное отражение света, 2 и 4- преломление света, 3- прямолинейное распространение света
- B) 1 и 5- преломление света, 2, 3 и 4- прямолинейное распространение света
- C) 1 и 2- полное отражение света, 4 и 5- преломление света, 3- прямолинейное распространение света
- D) 1 и 5- преломление света, 2 и 4- полное отражение света, 3- прямолинейное распространение света
- E) 1 и 5- полное отражение света, 1, 2 и 4- преломление света

Задача.

Человек приближается к плоскому зеркалу (удаляется от плоского зеркала) со скоростью 2 м/с. Скорость, с которой он

- 1) приближается к зеркалу;**
- 2) 2) приближается к изображению**
- 3) (удаляется от зеркала, от изображения), равна**

Решение:

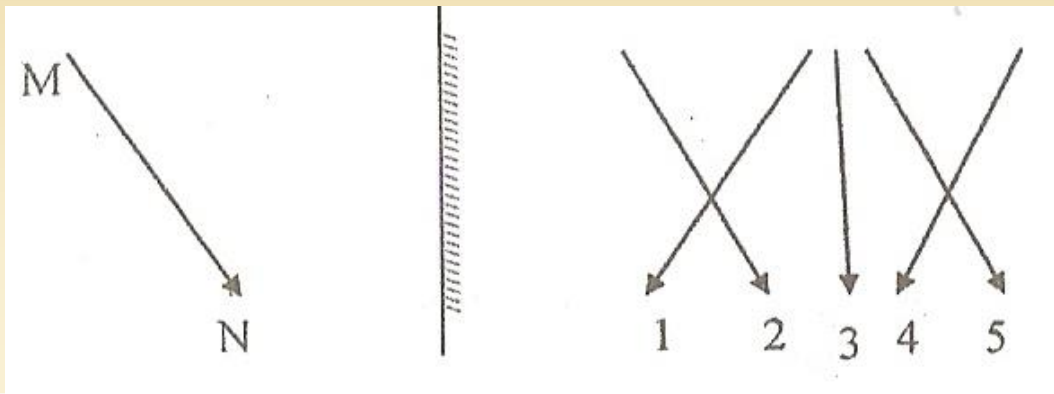
Изображение в плоском зеркале симметрично самому предмету, поэтому изображение приближается или удаляется с той же скоростью, что и предмет

Значит,

- 1) скорость, с которой приближается к зеркалу 2 м/с,
- 2) скорость, с которой приближается к изображению 4 м/с,
- 3) удаляется от зеркала со скоростью 2 м/с,
- 4) удаляется от изображения со скоростью 4 м/с.

Задача. (в 4547 в 23)

Правильное изображение предмета MN в плоском зеркале на рисунке



Для плоского зеркала

Изображение мнимое, прямое, того же размера, на том же расстоянии, что и предмет.

Значит, рисунок 1

Задача.

Чтобы увидеть четкое изображение глаза (зрение нормальное) зеркальце следует отнести от глаза на минимальное расстояние, равное

Решение:

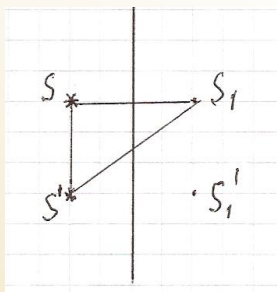
Расстояние нормального зрения 25 см.

Расстояние от предмета до зеркала равно расстоянию от зеркала до изображения, значит расстояние нужно взять $25\text{см} / 2 = 12,5\text{ см}$

Задача.

Два точечных источника света находятся на расстоянии 20 см от плоского зеркала каждый. Расстояние между источниками 30 см, тогда расстояние между первым источником и изображением второго источника равно

Решение:



Расстояние от предмета до зеркала равно расстоянию от зеркала до изображения, тогда расстояние от предмета до изображения равно $20 + 20 = 40\text{ см}$. из чертежа видно, расстояние, которое нужно найти- это гипотенуза прямоугольного треугольника с катетами 30 см и 40 см. по теореме Пифагора (или из египетского треугольника) гипотенуза равна 50 см

Задача (в.4114, з.25)

Два зеркала расположены под углом 60° друг к другу. Число изображений источника света, расположенного в пространстве между зеркалами, равно

Решение:

Согласно формуле

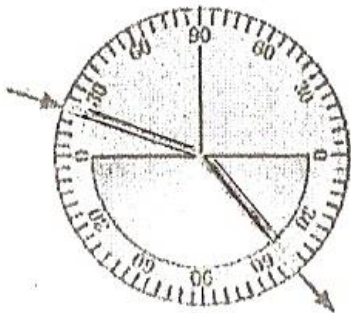
$$n = \frac{360^\circ - \alpha}{\alpha} = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

По условию задачи $\alpha = 60^\circ$, тогда $n = 5$

Задача. (в 4557 в 24)

На рисунке представлен опыт по преломлению света. Показатель преломления вещества равен

Угол α	20°	40°	50°	70°
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94



Решение:

Из рисунка видим, что угол между падающим лучом и перпендикуляром к поверхности равен 70° (угол падения), угол между преломленным лучом и перпендикуляром к поверхности равен 40° (угол преломления), тогда

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin i} = \frac{0,94}{0,64} = 1,47$$

Задача.

**Свет падает из вакуума в прозрачную среду. Угол падения равен 60° .
Угол преломления 45° . Скорость распространения света в этой среде
равна ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$)**

Решение:

По закону преломления света

$$\frac{\sin \alpha}{\sin i} = n = \frac{c}{v}$$

Из этого выражения находим скорость в среде

$$v = \frac{c \sin i}{\sin \alpha} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{3}} \sqrt{2} \text{ м/с} = \frac{3 \cdot 10^5}{\sqrt{3}} \sqrt{2} \text{ км/с}$$

Задача.

Световые волны в некоторой жидкости имеют длину 600 нм и частоту $4 \cdot 10^{14}$ Гц. Абсолютный показатель преломления этой жидкости равен ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

Решение:

Абсолютный показатель преломления показывает, во сколько раз меняется скорость света при переходе из вакуума в данную среду

$$n = \frac{c}{v}$$

Длина волны

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow v = \lambda \cdot \nu$$

Тогда

$$n = \frac{c}{\lambda \cdot \nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м / с}}{600 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}} = 1,25$$

Задача. (в 4548 в 18)

Поверхность воды освещена желтым светом, у которого длина волны равна 0,58 мкм. Человек , открыв глаза под водой, увидит ... цвет, у которого длина волны ...

Решение:

Цвет определяется частотой. Частота при переходе света из одной среды в другую не меняется, значит, цвет останется желтым.

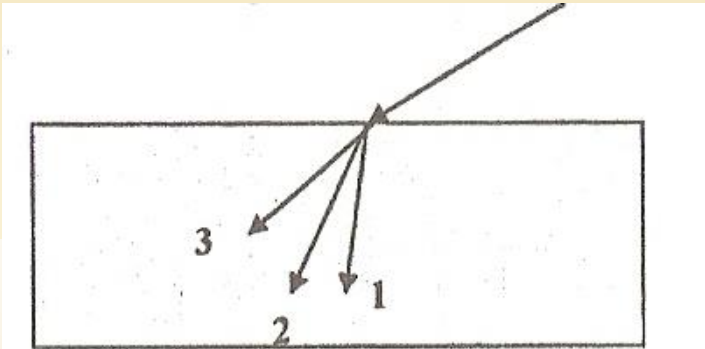
Длина волны

$$\lambda = \frac{v}{\nu},$$

скорость при переходе из воздуха в воду уменьшается, значит, длина волны уменьшится

Задача. (в 4550 в 18)

В некотором спектральном диапазоне угол преломления лучей на границе воздух- стекло падает с увеличением частоты излучения. Ход лучей для трех основных цветов при падении белого света из воздуха на границу раздела показан на рисунке (цифрам соответствуют цвета)



- A) 1-красный, 2-зеленый, 3-синий
- B) 1-синий, 2-красный, 3-зеленый
- C) 1-синий, 2-зеленый, 3-красный
- D) 1-зеленый, 2-красный, 3-синий
- E) 1-красный, 2-синий, 3-зеленый

Решение:

Красный цвет преломляется слабее всех цветов, фиолетовый сильнее всех, поэтому: 1-синий, 2-зеленый, 3-красный

Задача.

Два когерентных источника колеблются в одинаковых фазах с частотой 400 Гц. Скорость распространения колебаний в среде 1 км/с. Максимальное усиление колебаний будет наблюдаться при наименьшей разности хода, равной

Решение:

Условие максимума интерференции:

$$\Delta d = k\lambda, k \in Z$$

Наименьшей разность хода будет для $k = 1$

Значит

$$\Delta d = \lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{1000 \text{ м / с}}{400 \text{ Гц}} = 2,5 \text{ м}$$

Задача.

Два когерентных источника посылают когерентные волны в одинаковых фазах. Периоды колебаний равны 0,2 с, скорость распространения волн в среде равна 800 м/с. Разность хода, при которой будет наблюдаться полное ослабление колебаний, равна

Решение:

Условие минимума интерференции:

$$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, k \in Z$$

Посчитаем значение полуволны

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{vT}{2} = \frac{800 \cdot 0,2}{2} = 80 \text{ м}$$

Тогда,

$$\Delta d = \pm 80 (2k + 1) \text{ м}; (k = 0, 1, 2 \dots)$$

Задача. 5112 (18)

На дифракционную решетку с периодом 3 мкм падает монохроматический свет с длиной волны 600нм. При этом наибольший порядок дифракционного максимума равен ...

Решение:

По условию максимума для дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k \lambda, k \in Z$$

Наибольший порядок дифракционного максимума будет для $\sin \varphi = 1$,

тогда,

$$k = \frac{d}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{600 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 5$$

Может быть задача по определению числа спектров, получаемых в данной дифракционной решетке:

$$1 + 2k = 1 + 2 \cdot 5 = 11$$

(1- центральный, неокрашенный; 2k- боковые, окрашенные)

Задача.

Длина волны света, второй максимум которого отклоняется на угол 30° при прохождении через дифракционную решетку с периодом $(1/500)$ мм, равна

Решение:

Для дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k \lambda, k \in Z \qquad d = \frac{1}{500} \text{ мм} = \frac{1}{500} \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

По условию задачи $k = 2$ (максимум второго порядка)

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k} = \frac{\frac{1}{500} \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \sin 30^\circ}{2} = \frac{10^{-3}}{500 \cdot 2 \cdot 2} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 0,5 \text{ мкм} = 500 \text{ нм}$$

Задача.

Первый дифракционный максимум для света с длиной волны 0.5 мкм наблюдается под углом 30° к нормали. На 1 мм в дифракционной решетке содержится штрихов

Решение:

Число штрихов на решетке связано с периодом решетки

$$N = \frac{1}{d}$$

Для дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k \lambda, k \in Z \Rightarrow d = \frac{k \lambda}{\sin \varphi}$$

Значит,

$$N = \frac{\sin \varphi}{k \lambda} = \frac{\sin 30^\circ}{1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 10^6 \text{ м}^{-1} = 10^3 \text{ мм}^{-1}$$

1000 штрихов на 1 мм

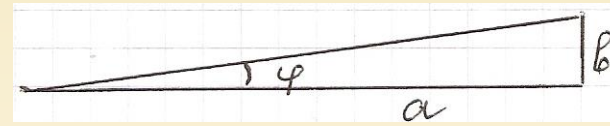
Задача.

При освещении решетки светом с длиной волны 486 нм дифракционное изображение первого порядка получено на расстоянии 2,43 см от центрального. Если расстояние от решетки до экрана 1 м, то период решетки равен

Решение:

Для дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k\lambda, k \in Z$$



Обозначим расстояние от центрального спектра до заданного b , а расстояние от решетки до экрана a , тогда $b = 2,43$ см и $a = 1$ м = 100 см.

Известно, что для малых углов $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = b/a$, тогда

$$d = \frac{k\lambda}{\sin \varphi} = \frac{k\lambda a}{b} = \frac{1 \cdot 486 \cdot 10^{-9} \text{ м} \cdot 100 \text{ см}}{2,43 \text{ см}} = 200 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Задача.

На дифракционную решетку, имеющую 200 штрихов на 1 мм, падает нормально свет с длиной волны 500 нм. Расстояние от решетки до экрана 1 м. Расстояние от центрального до первого максимума равно

Задача.

Укажите, каким будет изображение, если предмет находится от линзы на расстоянии

Решение:

Для собирающей линзы

1) между линзой и фокусом, т.е. $d < F$

Изображение мнимое, прямое, увеличенное

2) предмет находится в фокусе, т.е. $d = F$

Изображения нет

3) между фокусом и двойным фокусом, т.е. $F < d < 2F$

Изображение действительное, перевернутое, увеличенное

4) предмет находится в двойном фокусе, т.е. $d = 2F$

Изображение действительное, перевернутое, того же размера

5) за двойным фокусом, т.е. $d > 2F$

Изображение действительное, перевернутое, уменьшенное

Для рассеивающей линзы

На любом расстоянии от линзы изображение мнимое, прямое, уменьшенное

Для плоского зеркала

Изображение мнимое, прямое, того же размера, на том же расстоянии, что и предмет

Задача.

В дверном глазке вы наблюдаете прямое, уменьшенное, мнимое изображение человека, на каком бы расстоянии он ни стоял. Это означает, что дверной глазок представляет собой

Задача.

Фокусное расстояние двояковыпуклой линзы 40 см. чтобы изображение предмета получилось в натуральную величину, его надо поместить от линзы на расстоянии, равном

Решение:

Чтобы предмет получить в натуральную величину можно воспользоваться формулой тонкой линзы, а можно вспомнить, что для этого предмет нужно поместить в двойном фокусе, т.е. на расстоянии 80 см.

Задача.

При съемке автомобиля длиной 4 м, пленка фотоаппарата располагалась от объектива на расстоянии 60 см. Длина негативного изображения получилась 32 см. Расстояние, с которого снимали автомобиль, равняется

Решение:

$$H = 32 \text{ см} = 0,32 \text{ м}; h = 4 \text{ м}; f = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}; d - ?$$

Линейное увеличение

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{d}$$

$$d = \frac{h \cdot f}{H} = \frac{4 \text{ м} \cdot 0,6 \text{ м}}{0,32 \text{ м}} = 7,5 \text{ м}$$

Задача. (в 4532 в18)

Размер изображения предмета, с действительной высотой 3 м, на сетчатке глаза равен 1 мм. Если $f = 1,5 \text{ см}$, то расстояние от предмета до наблюдателя

Задача.

Чтобы получить пятикратное увеличение, необходимо лабораторную линзу ($F = 13$ см), предмет и экран расположить на расстоянии

Решение:

Нужно найти расстояния от предмета до линзы d и от линзы до экрана f

$$\Gamma = \frac{|f|}{d} = 5 \Rightarrow f = 5d$$

По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{5d}; \frac{1}{F} = \frac{5+1}{5d} \Rightarrow 6F = 5d \Rightarrow d = \frac{6F}{5} = 1,2 \cdot 13 \text{ см} = 15,6 \text{ см}$$

$$f = 5 \cdot 15,6 = 78 \text{ см}$$

Ответ: $d = 15,6$ см; $f = 78$ см

Задача.

При фотографировании с расстояния 200 м высота дерева на негативе оказалась равной 5 мм. Если фокусное расстояние объектива 50 мм, то действительная высота дерева

Решение:

По условию задачи

$$d = 200 \text{ м}; H = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}; F = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$$

Линейное увеличение

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{d}$$

По формуле тонкой линзы определим f

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{dF} \Rightarrow f = \frac{dF}{d - F} = \frac{200 \cdot 0,05}{200 - 0,05} = 0,05 \text{ м}$$

Значит,

$$h = \frac{Hd}{|f|} = \frac{0,005 \cdot 200}{0,05} = 20 \text{ м}$$

Задача (в.4073, з.24)

Предмет высотой 2 м находится на расстоянии 3 м от тонкой линзы с фокусным расстоянием 1 м. Высота изображения будет

Решение:

Высоту изображения определим через линейное увеличение

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{d}$$

По формуле тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

найдем расстояние от линзы до изображения

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} = \frac{d - F}{d \cdot F}$$

$$f = \frac{d \cdot F}{d - F}$$

Тогда

$$H = \frac{d \cdot F}{d \cdot (d - F)} \cdot h = \frac{F \cdot h}{d - F} = \frac{1 \cdot 2}{3 - 1} = 1 \text{ м}$$

Задача. (в 4533 в 23)

Фокусное расстояние объектива проекционного фонаря 20 см. Если экран удален от объектива на расстояние 10 м , то проекционный фонарь дает увеличение в

Решение:

$$F = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}; f = 10 \text{ м}; \Gamma - ?$$

Линейное увеличение $\Gamma = \frac{|f|}{d}$

Определяем расстояние от предмета до объектива по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = \frac{f - F}{F \cdot f}; d = \frac{F \cdot f}{f - F} = \frac{0,2 \cdot 10}{10 - 0,2} \approx \frac{1}{5} = 0,2 \text{ м}$$

$$\Gamma = \frac{10}{0,2} = 50$$

Фонарь дает увеличение в 50 раз

Задача. (в 4534 в 23)

Рисунок в документе имеет высоту 10 см, а на экране 1 м. Если расстояние от объектива до экрана 4 м, то фокусное расстояние объектива

Задача.

Расстояние между свечой и стеной 1 м. Чтобы на стене получилось ее резкое изображение, линзу с фокусным расстоянием 9 см нужно поместить от свечи на расстоянии, равном

Решение:

По условию задачи $f + d = 1 \text{ м} = 100 \text{ см}$ (будем работать в сантиметрах)

По формуле тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

Необходимо найти расстояние от линзы до предмета d , поэтому выразим через него f :

$$f = 100 - d$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{100 - d}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{100 - d + d}{d \cdot (100 - d)} = \frac{100}{100d - d^2}$$

$$100F = 100d - d^2$$

Решим квадратное уравнение $d^2 - 100d + 900 = 0$

Дискриминант $b^2 - 4ac = 10000 - 3600 = 6400 = 80^2$

Находим корни $d_1 = \frac{100 + 80}{2} = 90 \text{ см}$, $d_2 = \frac{100 - 80}{2} = 10 \text{ см}$

В ответах предлагают 90 см

Задача. 7105 (25)

Предмет находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы с оптической силой 4 дптр. Расстояние от изображения до предмета равно

Решение:

Расстояние от изображения до предмета $f+d$

По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

определим расстояние от линзы до изображения f

$$\frac{1}{f} = D - \frac{1}{d} = \frac{Dd - 1}{d} \Rightarrow f = \frac{d}{Dd - 1} = \frac{0,2}{4 \cdot 0,2 - 1} = -1 \text{ м}$$

Это значит, что изображение мнимое и находится с той же стороны от линзы, что и предмет

Значит, $f+d = |-1 + 0,2| = 0,8 \text{ м}$

Задача.

Длина волны λ кванта с энергией E , равной средней кинетической энергии атома гелия при температуре 100°C , равна ...

Решение:

Гелий- это инертный газ, т.е.одноатомный газ

Для одноатомного идеального газа

$$\bar{E} = \frac{3}{2}kT$$

$$T = t + 273 = 373 \text{ K}$$

Энергия кванта

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Значит

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{3}{2}kT \Rightarrow \lambda = \frac{2hc}{3kT} = \frac{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м / с}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 373 \text{ К}} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Задача.

Наибольшая длина волны света, при которой еще может наблюдаться фотоэффект для калия, равна 450 нм. Найдите скорость электронов, выбитых из калия светом с длиной волны 300 нм ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг)

Решение:

$$\lambda = 300 \text{ нм} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}; \lambda_{\text{max}} = 450 \text{ нм} = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

По уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$h \nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v^2}{2}$$

Работа выхода связана с красной границей фотоэффекта соотношением

$$A_{\text{вых}} = h \nu_{\text{min}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}}$$

Тогда

$$\frac{m_e v^2}{2} = h \nu - \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{max}}} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{2hc}{m_e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{max}}} \right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(\frac{1}{3 \cdot 10^{-7}} - \frac{1}{4,5 \cdot 10^{-7}} \right)} = 7 \cdot 10^5 \text{ м / с}$$

Задача.

Красная граница фотоэффекта для вольфрама равна 275 нм.

Найдите значение запирающего напряжения, если вольфрам освещается светом с длиной волны 175 нм

($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)

Решение:

По уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v^2}{2}$$

Мы знаем, что работа электрического поля равна изменению кинетической энергии. До фотоэффекта скорость электронов вне вещества равна 0, поэтому

$$\frac{m_e v^2}{2} = eU_3$$

Значит,

$$h\nu = A_{\text{вых}} + eU_3$$

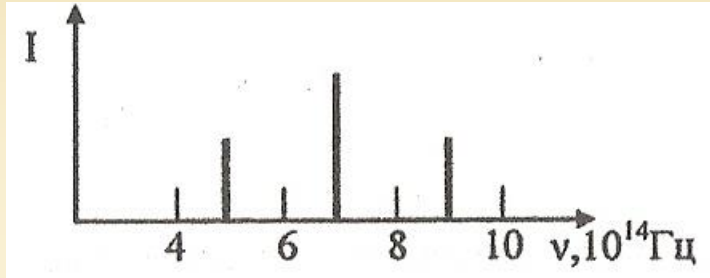
$$eU_3 = h\nu - \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{max}}} \right)$$

$$U_3 = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{max}}} \right) = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{1}{1,75 \cdot 10^{-7}} - \frac{1}{2,75 \cdot 10^{-7}} \right) \approx 2,6 \text{ В}$$

Задача (в.4087, з.19)

На металлическую пластину с работой выхода $A = 2$ эВ падает излучение, имеющее три частоты разной интенсивности (смотри рисунок).

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна



Решение:

По уравнению Эйнштейна для фотоэффекта $h\nu = A + \frac{mv_m^2}{2}$

Работа выхода для данного вещества величина постоянная, зависит только от минимальной частоты, поэтому максимальная кинетическая энергия зависит от частоты падающего света: чем больше частота, тем больше кинетическая энергия. Выберем на графике максимальную частоту: $\nu = 9 \cdot 10^{14}$ Гц

Значит, $\frac{mv_m^2}{2} = h\nu - A$

$$\frac{mv_m^2}{2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 9 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 2 = 3,72 - 2 = 1,72 \text{ эВ}$$