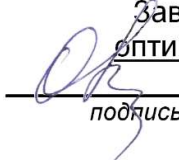


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии
 (Овчинников О.В.)
подпись, расшифровка подписи

26.09.2024г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ,
сформированный в рамках выполнения ключевых показателей оценки
эффективности мер государственной поддержки преподавателей ФД

по учебной дисциплине

Б1.О.30 Введение в фотонику

Код и наименование направления подготовки:

12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика

Профиль подготовки: Фотоника и оптоинформатика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра оптики и спектроскопии

Составители рабочей программы дисциплины, в том числе фонда оценочных
средств по учебной дисциплине:

Возгорькова Екатерина Александровна,

кандидат физико-математических наук, доцент;

Гревцева Ирина Геннадьевна,

кандидат физико-математических наук, доцент

Учебный год
освоения дисциплины: 2025/2026

Семестр(ы): 4

Освоение данной дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Категория компетенций	Код	Формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения соответствующей дисциплины
ОПК	ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.1 Применяет знания естественных наук в инженерной практике	Знать: принципы применения знания естественных наук в инженерной практике. Уметь: применять знания естественных наук в инженерной практике. Владеть: знаниями естественных наук, применяемыми в инженерной практике.
ПК	ПК-2	Способен к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	ПК-2.1 Проводит поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптоэлектронному прибору	Знать: принципы поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптоэлектронному прибору. Уметь: проводить поиск научно-технической информации для определения комплекса требований к разрабатываемому оптоэлектронному прибору. Владеть: навыками поиска научно-технической информации для определения комплекса требований к разраба-

				тываемому оптико-электронному прибору.
			ПК-2.2 Производит анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора	Знать: исходные требования к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. Уметь: проводить анализ исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора. Владеть: навыками анализа исходных требований к параметрам разрабатываемого оптико-электронного прибора.

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1) тестовые задания (выбор правильного (-ых) ответа (-ов) из предложенного перечня):

1. На белом листе бумаги написано красным фломастером «удовлетворительно» и зелёным фломастером – «хорошо». Через какое стекло надо смотреть, чтобы увидеть оценку «удовлетворительно»?

- а) Через красное стекло
- б) При любом стекле надпись будет видна черным цветом
- в) Через два стекла вместе
- г) Через зеленое стекло

Ответ: г

2. Какое физическое явление объясняет радужную окраску чешуи рыбы?

- а) Дифракция света
- б) Интерференция света
- в) Дисперсия света
- г) Поляризация света

Ответ: б

3. Как в волновой оптике называется скалярная физическая величина, численно равная энергии, переносимой световой волной за единицу времени через единичную площадку, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны?

- а) Напряженность
- б) Интенсивность
- в) Светосумма
- г) Мощность

Ответ: б

4. Ученый, критерий которого положен в основу разрешения двух близко лежащих спектральных линий с равными интенсивностями и симметричными контурами.

- а) И. Ньютон
- б) Ж. Френель
- в) Д. Рэлей
- г) Х. Гюйгенс

Ответ: в

5. Тело, способное поглощать все падающее на него излучение произвольной длины волны при любой температуре.

- а) прозрачное тело
- б) абсолютно черное тело
- в) зеркало
- г) серое тело

Ответ: б

6. Луч света из воздуха проникает в стекло с показателем преломления n . При этом частота света:

- а) увеличилась в n раз
- б) уменьшилась в n раз
- в) уменьшилась в $(n-1)$ раз
- г) не изменилась

Ответ: г

7. Интерференцией света называется явление ...

- а) сложения двух когерентных волн, при котором происходит перераспределение энергии в пространстве, т.е. в одних местах происходит усиление, а в других – ослабление света.
- б) отклонения лучей света при взаимодействии с преградой от законов геометрической оптики, в частности, прямолинейности распространения света.
- в) разложения белого света в спектр на призме.
- г) полного внутреннего отражения света от оптически менее плотной среды.

Ответ: а

8. Дифракцией света называется явление ...

- а) сложения двух когерентных волн, при котором происходит перераспределение энергии в пространстве, т.е. в одних местах происходит усиление, а в других – ослабление света.
- б) отклонения лучей света при взаимодействии с преградой от законов геометрической оптики, в частности, прямолинейности распространения света.
- в) разложения белого света в спектр на призме.
- г) полного внутреннего отражения света от оптически менее плотной среды.

Ответ: б

9. В световодах (оптоволокне) используется явление

- а) Интерференция
- б) Дифракция
- в) Поляризация
- г) Полного внутреннего отражения света.

Ответ: г

10. Угол между зеркалом и падающим лучом равен 56° , чему равен угол отражения?

- а) 56°
- б) 34°
- в) 90°
- г) 24°

Ответ: б

11. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен 30° . Чему равен угол между отраженным лучом и зеркалом? (Ответ дать в градусах.)

- а) 75°
- б) 15°
- в) 60°
- г) 120°

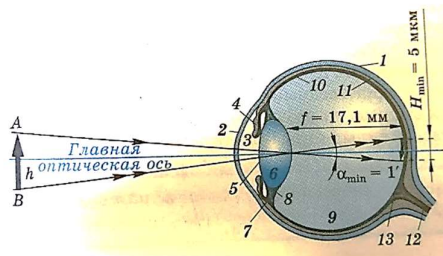
Ответ: а

12. Какая поверхность называется зеркальной?

- а) Размеры неровностей которой соизмеримы или меньше длины световой волны;
- б) Размеры неровностей которой больше длины световой волны;
- в) Та, у которой критический угол более 60° ;
- г) Та, у которой критический угол менее 60° .

Ответ: а

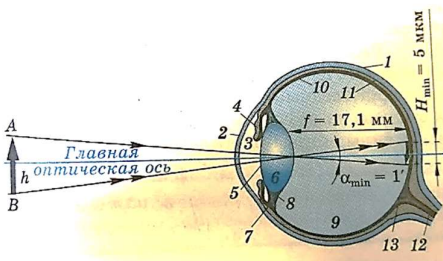
13. Что на рисунке обозначено под цифрой 5?



- а) роговица;
- б) зрачок;
- в) цилиарная мышца;
- г) стекловидное тело.

Ответ: б

14. Что на рисунке обозначено под цифрой 6?



- а) хрусталик;
- б) зрачок;
- в) цилиарная мышца;
- г) стекловидное тело.

Ответ: а

15. Острота зрения – это ...

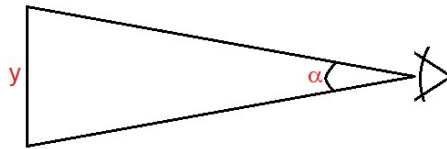
- а) величина, равная объему аккомодации;
- б) величина минимального угла, под которым глаз различает две близкорасположенные точки;
- в) величина обратная угловому разрешению глаза;
- г) это расстояние между двумя светочувствительными клетками на сетчатке.

Ответ: в

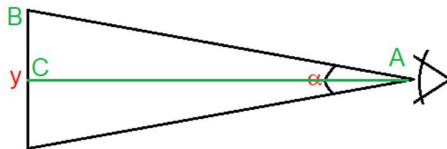
2) расчетные задачи (ответ содержит решение поставленной задачи):

1. На каком расстоянии от таблицы для исследования остроты зрения буквы размером $y=6$ мм будут видны под углом $\alpha=5'$?

Решение:



Согласно рисунку, расстояние от наблюдателя до предмета AC можно найти из прямоугольного треугольника ABC:



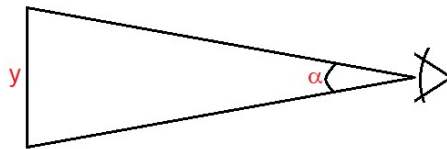
$$\text{Тогда } AC = \frac{BC}{\operatorname{tg} \alpha/2} = \frac{y/2}{\operatorname{tg} \alpha/2} = \frac{3}{\operatorname{tg} 2.5'} \approx 4285 \text{ (мм) или } \sim 4.3 \text{ (м)}$$

Ответ: 4.3 м.

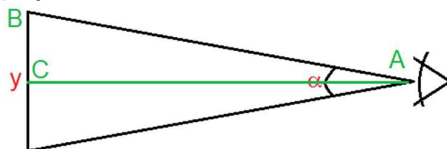
2. На каком расстоянии человек с нормальной остротой зрения перестанет различать детали предметов размером $y=4.5$ мм?

Решение:

Человек с нормальной остротой зрения способен различать детали предметов под углом $\alpha=1'$.



Тогда, согласно рисунку, расстояние от наблюдателя до предмета AC можно найти из прямоугольного треугольника ABC:

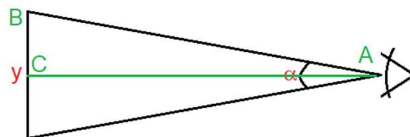


$$\text{Тогда } AC = \frac{BC}{\operatorname{tg} \alpha/2} = \frac{y/2}{\operatorname{tg} \alpha/2} = \frac{2.25}{\operatorname{tg} 0.5'} \approx 16000 \text{ (мм) или } \sim 16 \text{ (м)}. \text{ Следовательно, человек перестанет различать детали предмета на расстоянии большем 16 м.}$$

Ответ: более 16 м.

3. Угловой предел разрешения у некоторого человека с нормальным зрением равен $\alpha=3'$. На каком максимальном расстоянии человек различит небольшие предметы, отстоящие друг от друга на $y = 10$ см?

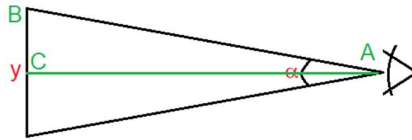
Согласно рисунку, расстояние от наблюдателя до предмета AC можно найти из прямоугольного треугольника ABC:



Тогда $AC = \frac{BC}{\operatorname{tg}\alpha/2} = \frac{y/2}{\operatorname{tg}\alpha/} = \frac{5}{\operatorname{tg}1.5'} \approx 11467 \text{ (см)} \text{ или } \sim 115 \text{ (м)}$

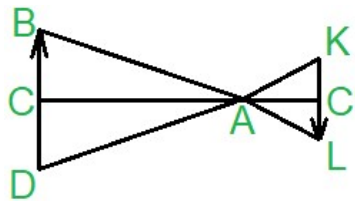
Ответ: 115 м.

4. Шкаф высотой 180 см расположен на расстоянии 2 м от наблюдателя. Каков размер его изображения на сетчатке? Под каким углом зрения виден шкаф?



Согласно рисунку, наблюдатель будет видеть шкаф под углом, равным: $\operatorname{tg}\alpha = \frac{y/2}{AC} = \frac{0.9}{2} = 0.45$, откуда $\alpha = \operatorname{arctg}0.45 = 24^\circ$.

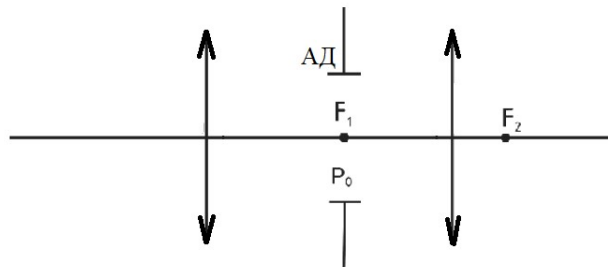
Из рисунка видно, что треугольники ABC и AKL подобны, где BD – размер шкафа, а KL- размер изображения шкафа на сетчатке. AC' -расстояние от хрусталика до сетчатки и AC'=17.1 мм.



Тогда $\frac{AC}{AC'} = \frac{BD}{KL}$, откуда $KL = \frac{BD \cdot AC'}{AC} = \frac{1.8 \cdot 17.1 \cdot 10^{-3}}{2} = 15 \text{ мм}$

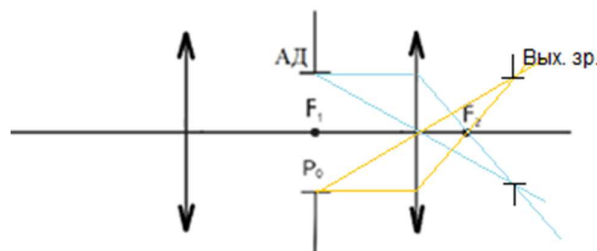
Ответ: 15 мм.

5. Графически определить положение входного и выходного зрачков апертурной диафрагмы.



Решение:

Так как апертурная диафрагма находится в заднем фокусе первой линзы, следовательно ее входной зрачок будет расположен на бесконечности. Выходной зрачок найдем графическим построением



6. Определить заднее фокусное расстояние тонкого компонента, если расстояние от переднего фокуса до предмета $z = -400 \text{ мм}$, от компонента до изображе-

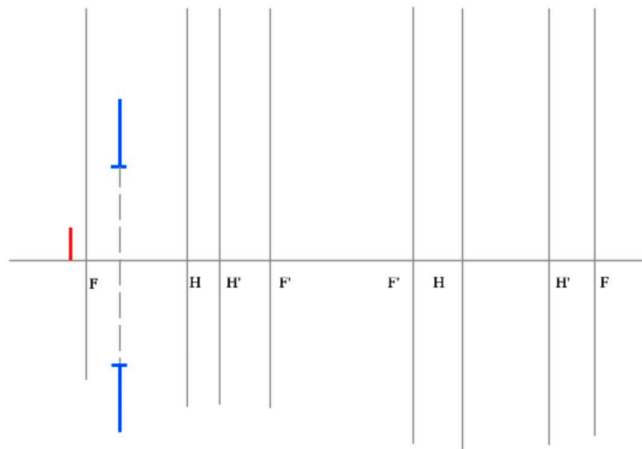
ния $a'=100$ мм, а фокусные расстояния $-f=f'$. Зная фокусное расстояние, определить расстояние от заднего фокуса до изображения, расстояние от компонента до предмета, линейное и угловое увеличение.

Решение:

Расстояние от оптического компонента до предмета определяется как $a=z+f$; так как из условия задачи $-f=f'$, $a=z-f'$. Тогда можно воспользоваться формулой Гаусса (формула отрезков). Подставляя значение a , получим: $\frac{1}{a'} - \frac{1}{(z-f')} = \frac{1}{f'}$. Преобразуя полученное выражение, получим: $f'^2 - zf' + a'z = 0$. Решая квадратное уравнение, получим: $f' = 0.5z \pm \sqrt{(0.5z)^2 - a'z} = -200 \pm 282.84$ (мм), так как оптический компонент положительный (что следует из $a'>0$). То $f'=82.84$ (мм). Расстояние от заднего фокуса до изображения $z' = -f'^2/z = 17.16$ (мм), а от компонента до предмета $a = z + f = -482.84$ (мм). Линейное увеличение $\beta = -\frac{fa'}{f'a} = \frac{a'}{a} = -\frac{f}{z} = -\frac{z'}{f'} = -0.207$. Угловое увеличение $\gamma = -f/f'\beta = 1/\beta = -4.8274$.

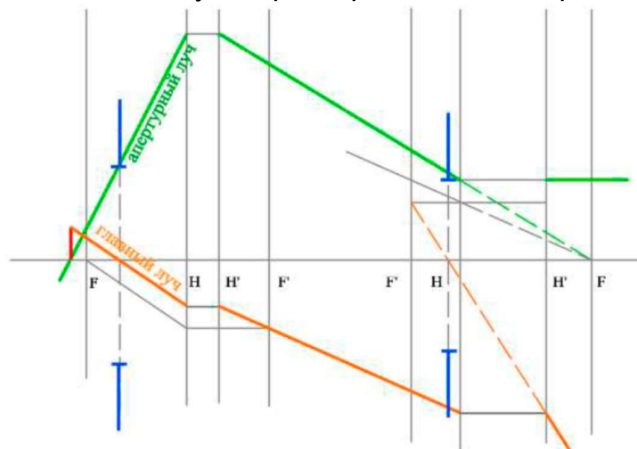
Ответ: $f'=82.84$ мм, $z'=17.16$ мм, $a=-482.84$ мм, $\beta=-0.207$, $\gamma=-4.8274$.

7. С помощью апертурного и главного лучей в системе определить положение выходного зрачка с помощью построения.



Решение:

Пересечение главного луча с осью в пространстве изображений даст нам расположение выходного зрачка. Пересечение апертурного луча в пространстве изображений с плоскостью выходного зрачка даст нам точку на краю зрачка, что и определит его диаметр.



8. Радиусы кривизны преломляющих поверхностей $r_1=30$ мм; $r_2=-50$ мм; расстояния между поверхностями $d=20$ мм; $n_1=n_3=1.333$ (линза помещена в воду), $n_2=1.518$. Определить f' , s_F , s_F' .

Решение: Оптическая сила линзы, помещенной в воду, равна:

$$\Phi = \frac{n_2 - n_1}{r_1} + \frac{n_3 - n_2}{r_2} - \frac{(n_2 - n_1)(n_3 - n_2)d}{n_2 r_1 r_2} = 9.86 \text{ (дптр)}$$

Фокусные расстояния линзы:

$$f = -\frac{n_1}{\Phi}; f' = \frac{n_3}{\Phi} = 0.135 \text{ м (135 мм)};$$

Фокальные отрезки:

$$s_F = f \left(1 - \frac{n_3 - n_2}{n_2} \frac{d}{r_2} \right) = -118.8 \text{ мм}$$

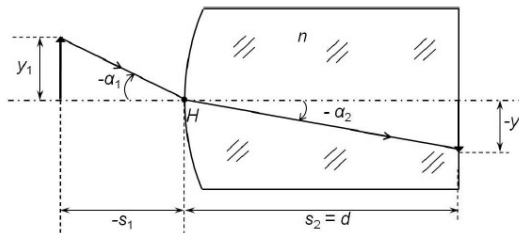
$$s'_F = f' \left(1 - \frac{n_2 - n_1}{n_2} \frac{d}{r_1} \right) = 124.2 \text{ мм}$$

Ответ: $f'=135$ мм, $s_F = -118.8$ мм, $s'_F = 124.2$ мм.

9. Перед выпуклой поверхностью стеклянной выпукло-плоской линзы толщины $d = 9$ см находится предмет. Его изображение образуется на плоской поверхности линзы, которая служит экраном. Определить линейное увеличение, если радиус кривизны выпуклой поверхности линзы $R = 2.5$ см.

Решение:

Поскольку изображение формируется на плоской поверхности линзы, лучи преломляются только на ее выпуклой сферической поверхности, и можно рассматривать задачу как преломление на сферической поверхности. Предположим, что линейный размер предмета равен y_1 .



Построим изображение крайней точки предмета, для этого пустим луч из данной точки в точку H пересечения сферической поверхности с главной оптической осью. В точке падения луча главная оптическая ось является нормалью к границе раздела двух сред – воздуха и стекла. Преломившись, луч пересечет плоскую поверхность линзы в крайней точке изображения на расстоянии $-y_2$ от главной оптической оси. Искомое увеличение $\beta = y_2/y_1$. Запишем закон преломления света в параксиальном приближении $-\alpha_1 = -n\alpha_2$ и выразим угол падения и угол преломления через их тангенсы $-\alpha_1 = \frac{y_1}{-s_1}$; $-\alpha_2 = \frac{-y_2}{d}$. Разделив одно выражение на другое и проведя преобразования, получим $\beta = \frac{y_2}{y_1} = \frac{\alpha_2 d}{\alpha_1 s_1} = \frac{1}{n} \frac{d}{s_1}$. Для определения соотношения между расстояниями s_1 и d воспользуемся

формулой (1.4). Воспользуемся формулой $\frac{n_2}{s_2} - \frac{n_1}{s_1} = \Phi$. Тогда в нашем случае

можно записать $\frac{n}{d} - \frac{1}{s_1} = \frac{n-1}{R}$. Для стекла $n = 1.5$. Умножим обе части равенства

на d/n и получим $1 - \beta = \frac{d(n-1)}{nR}$, или после преобразований $\beta = 1 - \frac{d}{R} \left(1 - \frac{1}{n}\right) = -0.2$.

Ответ: -0.2

10. Фокусные расстояния тонкой стеклянной двояковыпуклой симметричной линзы в воздухе равны 10 см. Линзу положили на воду таким образом, что с одной стороны линзы остался воздух, а с другой вода. Как изменились фокусные расстояния линзы?

Решение:

Для определения новых фокусных расстояний линзы нужно рассчитать ее оптическую силу. Тонкая двояковыпуклая линза в воздухе является собирающей, значит, оптическая сила линзы в воздухе $\Phi_0 = \frac{1}{f_0} = 10$ дптр. При этом по формуле тонкой линзы можно записать

$\Phi_0 = \frac{2(n_c-1)}{R}$, здесь n_c – показатель преломления стекла. Когда линзу положили на воду, показатель преломления среды с одной стороны от линзы изменился, а с другой остался таким же, равным 1, то есть $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{n_c-1}{R} + \frac{n_b-n_c}{-R}$ (радиус второй сферической поверхности двояковыпуклой линзы отрицателен, поскольку поверхность вогнутая, если луч падает со стороны воздуха на линзу), здесь n_b – показатель преломления воды. Тогда, $\Phi = \frac{2n_c-n_b-1}{R}$. Выразим

радиус кривизны сферических поверхностей линзы через Φ_0 : $R = \frac{2(n_c-1)}{\Phi_0}$, тогда

$\Phi = \Phi_0 \frac{2n_c-n_b-1}{2(n_c-1)}$. Для определения фокусных расстояний нужно учесть показатели преломления по обе стороны от линзы. Таким образом, со стороны воздуха $f_1 = -\frac{1}{\Phi} = -\frac{2(n_c-1)}{\Phi_0(2n_c-n_b-1)} = -14.9$ (см); со стороны воды $f_2 = \frac{n_b}{\Phi} = \frac{2n_b(n_c-1)}{\Phi_0(2n_c-n_b-1)} = 19.8$ (см).

Ответ: $f_1 = -14.9$ (см); $f_2 = 19.8$ (см).

11. Найти видимое увеличение микроскопа, если оптическая длина тубуса $\Delta=0.14$ м, видимое увеличение окуляра $\Gamma_{ок}=10$ и фокусное расстояние объектива $f_{об}'=0.016$ м.

Решение: Видимое увеличение микроскопа $\Gamma_m = \beta_{об} \Gamma_{ок} = -(\Delta/f_{об}') \Gamma_{ок} = -87.5$

Ответ: -87.5

12. Фотокорреспондент снимает фотоаппаратом с фокусным расстоянием 10 см бегуна на стадионе, движущегося со скоростью 7 м/с. Расстояние от фотокорреспондента до бегуна 20 м. Какова должна быть минимальная выдержка, чтобы смещение изображения на снимке не превышало 0.1 мм?

Решение: Уменьшение изображения на снимке можно выразить следующим образом: $\beta = \frac{d'}{d} = \frac{l}{L}$, где L – перемещение бегуна, l – смещение изображения на снимке, d – расстояние до предмета, d' – расстояние до изображения. Откуда $L = \frac{dl}{d'}$. Минимальная выдержка определяется из соотношения $t = \frac{L}{v} = \frac{dl}{d'v}$.

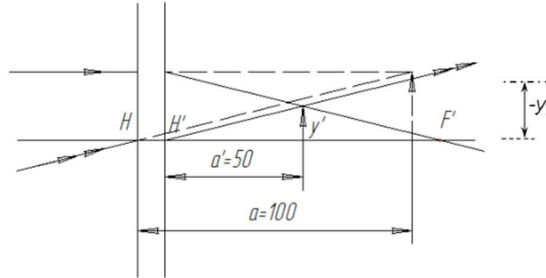
Из формулы линзы определим расстояние до изображения $d' = \frac{df}{d-f}$. Подставляя значение d' в формулу для t получим:

$$t = \frac{(d-f)dl}{fdv} = \frac{(d-f)l}{fv} = \frac{19.9 \cdot 10^{-4}}{0.1 \cdot 7} = 2.8 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Ответ: $2.8 \cdot 10^{-3}$ с

13. Линза имеет фокусное расстояние $f' = 100$ мм. Предмет размером $y = 10$ мм расположен от передней главной плоскости линзы на расстоянии $a = 100$ мм. Определить положение и величину изображения аналитически и графически.

Решение:



При $a = 100$ мм предмет расположен справа от линзы и является мнимым.

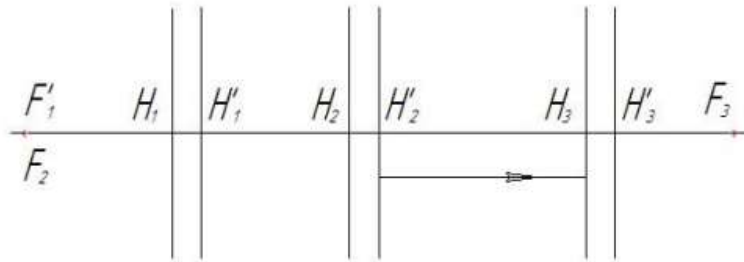
Определим положение изображения по формуле отрезков:

$$\frac{1}{a'} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}; \quad a' = 50 \text{ мм.}$$

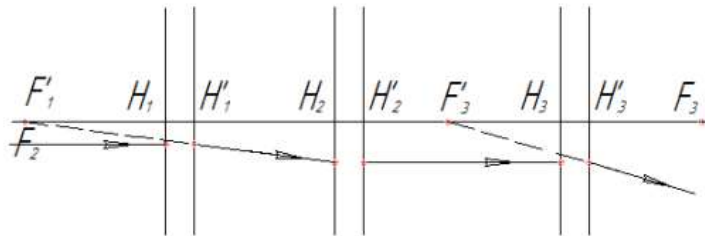
Линейное увеличение линзы β определяется по формуле $\beta = \frac{a'}{a} = \frac{1}{2}$. Отсюда определим размер изображения $\beta = \frac{y'}{y}$; $y' = 5$ мм.

Ответ: $a' = 50$ мм; $y' = 5$ мм.

14. Построить ход луча через оптическую систему, заданную главными плоскостями и фокусами компонентов, если известен ход луча между вторым и третьим компонентом.

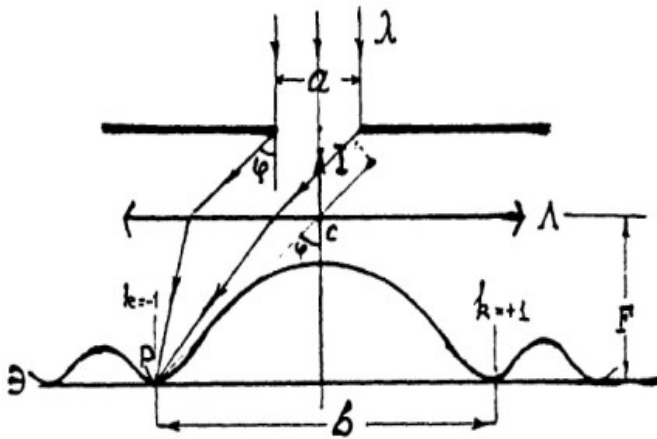


Решение:



15. На прямоугольную щель нормально к ее плоскости падает параллельный пучок монохроматического света (дифракция Фраунгофера); расположенная за щелью линза с фокусным расстоянием $F = 2.0$ м проецирует на экран дифракционную картину в виде чередующихся светлых и темных полос. Ширина центральной светлой полосы $b = 5$ см. Как надо изменить ширину щели, чтобы центральная светлая полоса заняла весь экран (при любой ширине)?

Решение:



Центральная светлая полоса на экране заключена между двумя минимумами первого порядка. Ее ширина b зависит от угла φ , соответствующего минимуму первого порядка. Угол φ связан с шириной a формулой $a \cdot \sin \varphi = k\lambda$ (1), где $k=1$. И так как при изменении ширины щели от a_1 до a_2 , λ и k остаются постоянными, то из (1) следует: $\frac{a_2}{a_1} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2}$ (2), φ_1 и φ_2 – углы соответствующие первым дифракционным минимумам, которые соответствуют размерам щели a_1 и a_2 . Так как угол φ_1 весьма мал (из условия задачи), то $\sin \varphi_1 = \tan \varphi_1 = b/2F$. Для того, чтобы центральная полоса занимала весь экран φ_2 должен стремиться к 90° , так что $\sin \varphi_2 = 1$. Следовательно, с учетом сказанного, из (2) находим: $a_2 = a_1 \frac{b}{2F} = \frac{a_1}{80}$.

Таким образом, ширину щели следует уменьшить в 80 раз.

Ответ: $\frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{80}$.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) тестовые задания:

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) расчетные задачи:

- 5 баллов – задача решена верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход решения);
- 2 балла – решение задачи содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода ее решения, или задача решена не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода решения задачи, или, в случае если задание состоит из решения нескольких подзадач, 50% которых решены верно;
- 0 баллов – задача не решена или решение неверно (ход решения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее изучение задачи).