

ОБУЧАЮЩИЕ ТЕСТЫ

МОДУЛЬ №1.

Тема 1.1. Основные сведения из геометрической оптики.

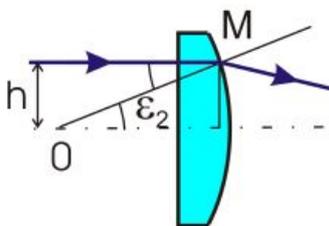
Тема 1.2. Элементная база оптики. Часть 1.

Вопрос 1

Произойдет ли полное внутреннее отражение луча, входящего в линзу параллельно оптической оси на высоте 5 мм, если показатель преломления материала линзы $n = 1,5$. Радиусы кривизны поверхностей линзы равны $r_1 = \infty$, $r_2 = -10,0$. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	Произойдет
<input type="checkbox"/>	не произойдет

Решение:



Синус угла падения луча на сферическую поверхность с $r = OM = -10$ мм равен:

$$\sin(\epsilon_2) = h/r = 5/-10 = -0,5.$$

Предельный угол полного внутреннего отражения определяется по формуле:

$$\sin(\epsilon_{2\text{пред}}) = n'/n.$$

В данном случае $n' = 1$ и

$$\sin(\epsilon_{2\text{пред}}) = 1/1,5 = 0,667.$$

Угол ϵ_2 меньше предельного угла полного внутреннего отражения $\epsilon_{2\text{пред}}$, следовательно, полного внутреннего отражения не произойдет.

Ответ: не произойдет.

Вопрос 2

Луч падает на систему двух плоских зеркал с углом 90° между зеркалами и отклоняется от первоначального направления на 180° . На сколько изменится направление отраженного луча, если систему повернуть на 5° ?

Решение:

При повороте системы двух зеркал вокруг оси, перпендикулярной плоскости главного сечения, направление отраженного луча не меняется.

Ответ: 0° .

Теоретические сведения

Для определения оборачивающего действия зеркал используют 2 стрелки, направления которых в плоскости предмета совпадают с направлением осей X и Y.



Если после системы зеркал наблюдатель видит, что одна из стрелок изменила направление на противоположное, то имеет место зеркальное изображение (рисунок б).

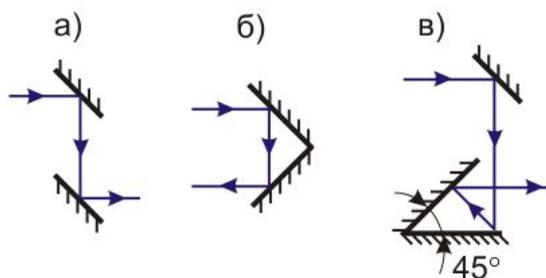
При определении оборачивающего действия необходимо принимать во внимание условия наблюдения, свет должен идти на наблюдателя.

Если направления стрелок для наблюдателя не изменились, то имеет место прямое изображение.

Если наблюдатель видит, что обе стрелки изменили направление на противоположное, то имеет место полностью перевернутое изображение (рисунок в).

Вопрос 3

Установите соответствие между оборачивающим действием и системой зеркал.



1. полностью перевернутое изображение
2. прямое изображение
3. зеркальное изображение

Ответ:

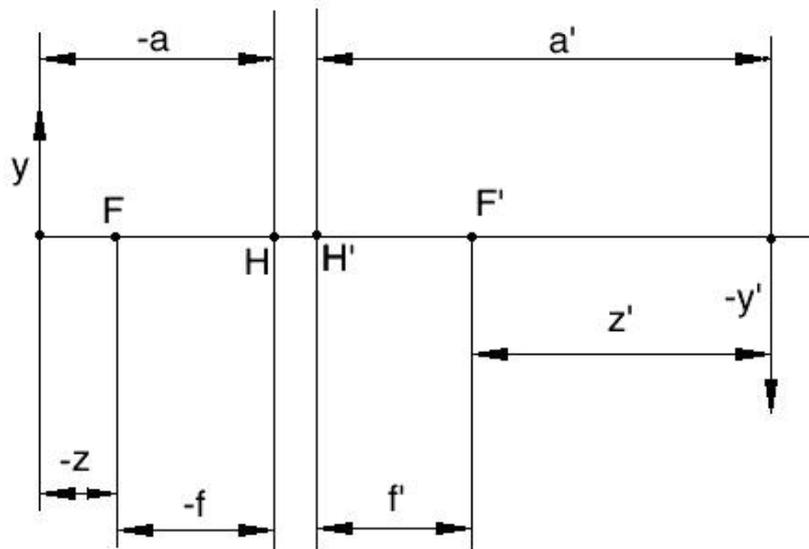
- 1) прямое изображение ~ а
- 2) зеркальное изображение ~ в
- 3) полностью перевернутое изображение ~ б

Теоретические сведения

Идеальной оптической системой называется система, отображающая каждую точку предмета точкой изображения и сохраняющая заданный масштаб изображения.

Основные теоремы идеальной оптической системы:

- плоскости, перпендикулярной оптической оси в пространстве предметов, соответствует плоскость, перпендикулярная оптической оси, в пространстве изображений;
- линейное увеличение в паре сопряженных и перпендикулярных оптической оси плоскостей есть величина постоянная.



Основные формулы идеальной оптической системы в воздухе

Линейное увеличение:

$$\beta = a'/a = f/z = -z'/f' = y'/y$$

Формула Ньютона:

$$zz' = ff'$$

Формула отрезков:

$$1/a' - 1/a = 1/f'$$

Для зеркал формула отрезков имеет вид:

$$1/a' + 1/a = 1/f'$$

Линейное увеличение:

$$\beta = -a'/a$$

Фокусное расстояние равно:

$$f' = r/2,$$

где r - радиус кривизны зеркала. В зеркале $f = f'$

Вопрос 4

Установите соответствие между положением предмета в линзе, ее фокусным расстоянием и линейным увеличением.

1. $a=300, f'=-50$	$\beta=0,143$
2. $a=-300, f'=100$	$\beta=7,0$
3. $a=-300, f'=50$	$\beta=0,143$
4. $a=-300, f'=-50$	$\beta=-0,5$

Ответ:

- 1) $a=-300, f=100$ соответствует $\beta=-0,5$;
- 2) $a=-300, f=50$ соответствует $\beta=0,143$;
- 3) $a=-300, f=-50$ соответствует $\beta=0,143$;
- 4) $a=300, f=-50$ соответствует $\beta=7,0$.

Вопрос 5

Предмет $y = -20$ мм расположен на расстоянии $s = -100$ мм от вогнутого зеркала с радиусом кривизны $r = -50$ мм. Определить расстояние от вершины зеркала до изображения s' . Выбрать правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	-20 мм
<input type="checkbox"/>	20 мм
<input type="checkbox"/>	-33.3 мм
<input type="checkbox"/>	33.3 мм

Решение:

Нужно применить формулу отрезков для зеркал:

$$1/s' + 1/s = 1/f.$$

Ответ: $s' = -33,3$ мм.

Вопрос 6

На точечный источник света смотрят через плоскопараллельная пластинку, толщина которой 100 мм, показатель преломления стекла $n = 1.5$. На сколько миллиметров ближе будет казаться изображение?

Решение:

Плоскопараллельная пластинка, стоящая перпендикулярно оптической оси, вносит удлинение, которое в параксиальной области равно

$$\Delta = d \frac{n-1}{n},$$

где d - толщина пластинки, n - показатель преломления.

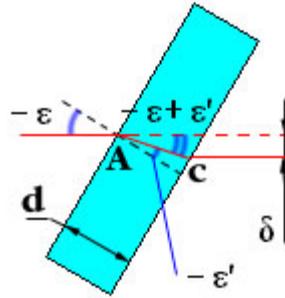
Ответ: 33.33 мм.

Вопрос 7

Плоскопараллельная пластинка толщиной 5 мм поставлена перпендикулярно оптической оси системы. На какой угол необходимо наклонить пластинку, чтобы луч сместился параллельно самому себе на 0.1 мм. Показатель преломления стекла пластины $n = 1.7$. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	2.78
<input type="checkbox"/>	3.23
<input type="checkbox"/>	2.3
<input type="checkbox"/>	2.5

Решение:



Если плоскопараллельная пластинка, стоящая перпендикулярно оптической оси поворачивается на некоторый угол ε , то происходит смещение оптической оси на величину

$$\delta = AC \cdot \sin(-\varepsilon + \varepsilon');$$

$$\sin \varepsilon = \frac{\sin \varepsilon}{n}, AC = \frac{d}{\cos \varepsilon}.$$

Если выполнить расчет в паракиальной области, тогда

$$\delta = \frac{n-1}{1} \cdot d \cdot \sin \varepsilon.$$

Ответ: $2,78^\circ$.

Вопрос 8

После объектива, создающего изображение бесконечно удаленного предмета, поочередно устанавливаются две плоскопараллельные пластинки с показателем преломления $n_1 = 1.518$, $n_2 = 1.66$. Толщина первой пластинки $d_1 = 6$ мм. Чему должна быть равна толщина 2-й пластинки, чтобы изображение в плоскости приемника не смещалось?

Решение:

Пусть плоскость приемника совпадает со второй поверхностью пластинки, тогда для предмета, расположенного в бесконечности, должно быть:

$$c_1 + d'_1 = s'_{F'} = c_2 + d'_2; \quad (1)$$

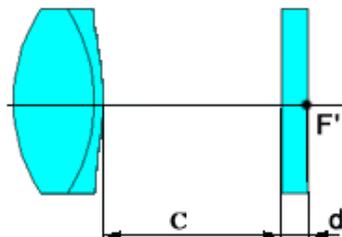
где

$$d'_1 = d_1 / n_1;$$

$$d'_2 = d_2 / n_2.$$

Поскольку расстояние между последней поверхностью объектива и приемником не меняется то:

$$c_1 + d_1 = c_2 + d_2. \quad (2)$$



Вычитая из выражения (2) выражение (1), получаем

$$d_1 - d'_1 = d_2 - d'_2.$$

Изображение в плоскости приемника не будет смещаться, если удлинение, вносимое пластинками, является постоянным.

Ответ: 5.15 мм.

Вопрос 9

Определите оптическую силу тонкой линзы, помещенную в воду с показателем преломления $n = 1.33$., изготовленную из стекла с показателем преломления $n = 1.5$ и фокусным расстоянием в воздухе $f' = 250$ мм. Ответ приведите в диоптриях.

Решение:

Оптическая сила линзы в воде определяется из выражения:

$$\Phi_{\text{вода}} = \Phi_{\text{воздух}} \frac{\frac{n_2 - n_{\text{вода}}}{n_2 - n_{\text{воздух}}}}{n_{\text{воздух}}}.$$

Оптическая сила линзы в воздухе :

$$\Phi_{\text{воздух}} = \frac{n \cdot 1000}{f'} = \frac{1000}{250} = 4 \text{ дптр.}$$

Для однородной среды $n_1 = n_3$ и тонкой линзы эта формула принимает вид:

$$\Phi = \frac{n_2 - n_3}{n_3} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$

Тогда из отношения

$$\frac{\Phi_{\text{вода}}}{\Phi_{\text{воздух}}} = \frac{\frac{n_2 - n_{\text{вода}}}{n_2 - n_{\text{воздух}}}}{\frac{n_2 - n_3}{n_3}}.$$

определяем оптическую силу линзы в воде.

Ответ: 0.34 дптр.

Теоретические сведения

Формулы, связывающие конструктивные параметры линзы с ее основными параксиальными характеристиками, имеют вид:

- Оптическая сила линзы,

$$\Phi = \frac{1}{n_3} \left[\frac{n_2 - n_1}{r_1} - \frac{n_2 - n_3}{r_2} + \frac{(n_2 - n_1)(n_2 - n_3)d}{n_2 r_1 r_2} \right];$$

где n_1 и n_2 - показатели преломления сред пространства предметов и пространства изображений;

- Оптическая сила линзы, которая находится в воздухе

$$\Phi = (n_2 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n_2 - 1)^2 d}{n_2 r_1 r_2};$$

- Оптическая сила линзы в воздухе с плоской поверхностью

$$\Phi = \frac{n_2 - 1}{r};$$
- Оптическая сила линзы-шара в воздухе

$$\Phi = \frac{2(n - 1)}{n_2 r};$$
- Оптическая сила линзы в воздухе с равными радиусами $r_1 = r_2$.

$$\Phi = \frac{(n - 1)^2 d}{n_2 r^2};$$
- Оптическая сила концентрической линзы в воздухе

$$\Phi = \frac{n_2 - 1}{n_2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right);$$
- Оптическая сила системы из двух компонентов, находящейся в воздухе

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 - \Phi_1 \Phi_2 d,$$

где Φ_1 и Φ_2 - оптические силы первого и второго компонентов, а d - расстояние между задней главной плоскостью первого компонента и передней главной плоскостью второго компонента.
- Передний фокальный отрезок

$$s_F = -f' \left(1 + \frac{(n_2 - 1)}{n_2 r_2} d \right);$$
- Задний фокальный отрезок

$$s'_{F'} = f' \left(1 - \frac{(n_2 - 1)}{n_2 r_1} d \right);$$
- Передний вершинный отрезок

$$s_H = -f' \frac{(n_2 - 1)}{n_2 r_2} d;$$
- Задний вершинный отрезок

$$s'_{H'} = -f' \frac{(n_2 - 1)}{n_2 r_1} d;$$
- Расстояние между главными плоскостями

$$\Delta_{HH'} = \left[1 - \frac{f'}{n_2} (n_2 - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right] d;$$
- Толщина афокальной или телескопической линзы в воздухе

$$d = \frac{(r_1 - r_2) n_2}{n_2 - 1}.$$

Вопрос 10

Укажите какой оптической силой обладает линза, у которой задний фокус первой поверхности совпадает с передним фокусом второй поверхности.

<input type="checkbox"/>	$\Phi = 0$
<input type="checkbox"/>	$\Phi = -\frac{n'}{f'}$
<input type="checkbox"/>	$\Phi > 0$
<input type="checkbox"/>	$\Phi < 0$

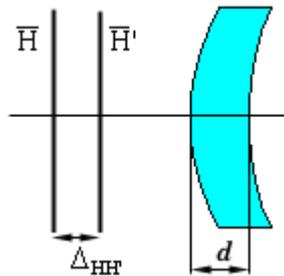
Решение:

Линзу, оптическая сила которой равна нулю, называют телескопической. В такой линзе задний фокус первой поверхности совпадает с передним фокусом второй поверхности.

Ответ: $\Phi = 0$.

Вопрос 11

Определите расстояние между главными плоскостями мениска у которого $r_1 = r_2$. Ответ приведите в долях осевого расстояния линзы d .



Решение:

Оптическая сила такой линзы равна

$$\Phi = \frac{(n-1)d}{nr^2};$$

т.е. $\Phi > 0$.

Формула

$$\Delta_H = \frac{(n_2-1)^2 f' d}{nr_1 r_2} (r_2 - r_1 + d)$$

для этой линзы приводит к

$$d = \Delta_H.$$

Ответ: осевому расстоянию линзы d .

Вопрос 12

Двояковыпуклая линза, расположенная в воздухе, имеет следующие конструктивные параметры: $r_1 = 15$ мм, $r_2 = -15$ мм, $n_2 = 1,5$. Определить значение осевого расстояния d_2 , больше которого, данная линза становится рассеивающей.

Решение:

Правильный ответ определяется следующим неравенством:

$$d > \frac{n}{n-1}(r_1 - r_2),$$

которое получается из общего выражения для оптической силы линзы при $\Phi < 0$.

Ответ: 90 мм.

Вопрос 13

Эквивалентное фокусное расстояние системы из двух линз в воздухе равно $f_{\text{эКВ}} = 125$ мм, причем $f_1 = 50$ мм и $f_2 = 50$ мм. Определить расстояние между линзами в мм.

Решение:

Для решения задачи нужно использовать формулу:

$$1/f_{\text{эКВ}} = \Phi_{\text{эКВ}} = \Phi_1 + \Phi_2 - \Phi_1 \Phi_2 d,$$

где

$$\Phi_1 = 1/f_1,$$

$$\Phi_2 = 1/f_2,$$

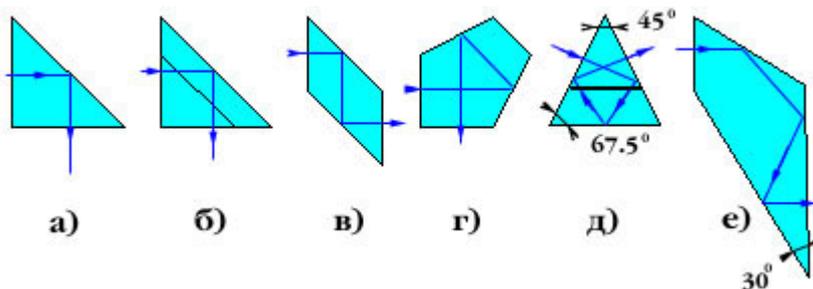
d - расстояние между линзами.

Ответ: 80 мм.

МОДУЛЬ №2

Тема 2.1. Элементная база оптики. Часть 2

Вопрос 1



Установите соответствие между названиями призм и рисунками.

1. призма ромб
2. призма Шмидта с крышей
3. прямоугольная призма
4. призма Лемана
5. прямоугольная призма с крышей
6. пентапризма

Ответ:

- а - прямоугольная призма;
- б - прямоугольная призма с крышей;
- в - призма-ромб;
- г - пентапризма;
- д - призма Шмидта с крышей;
- е - призма Лемана.

Примечание:

Название призм можно посмотреть в "Справочнике конструктора оптико-механических приборов" В.А. Панов, М.Я. Кругер и др. Л. Машиностроение, 1980, стр. 170-180.

Теоретические сведения

Для определения оборачивающего действия зеркал используют 2 стрелки, направления которых в плоскости предмета совпадают с направлением осей X и Y.



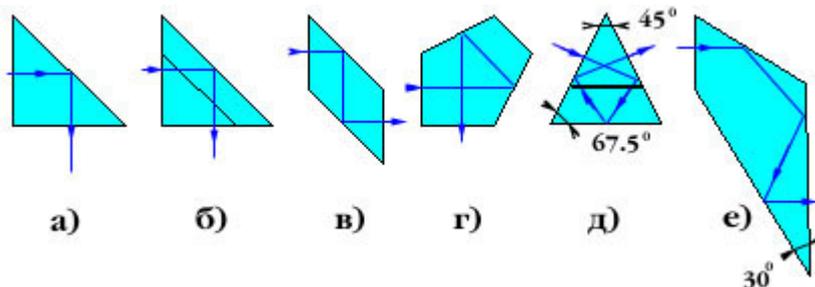
Если после системы зеркал наблюдатель видит, что одна из стрелок изменила направление на противоположное, то имеет место зеркальное изображение (рисунок б).

При определении оборачивающего действия необходимо принимать во внимание условия наблюдения, свет должен идти на наблюдателя.

Если направления стрелок для наблюдателя не изменились, то имеет место прямое изображение.

Если наблюдатель видит, что обе стрелки изменили направление на противоположное, то имеет место полностью перевернутое изображение (рисунок в).

Вопрос 2



Установите соответствие между оборачивающим действием и типом призмы.

1. прямое изображение
2. зеркальное изображение
3. полностью перевернутое

Ответ:

призмы а, е дают зеркальное изображение;

призмы в, г - прямое изображение;

призмы б, д - полностью перевернутое изображение.

Примечание:

Работа призм рассмотрена в "Справочнике конструктора оптико-механических приборов" В.А. Панов, М.Я. Кругер и др. Л. Машиностроение, 1980, стр. 170-180.

Вопрос 3

Призма должна изменить направление оптической оси на 90° и полностью перевернуть изображение. Какая из призм полностью выполнит эту задачу? Укажите правильный ответ.

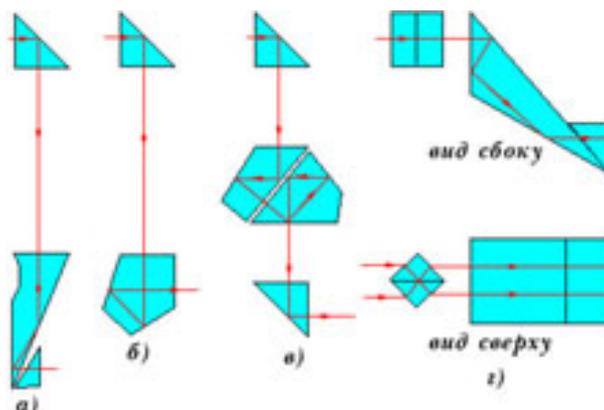
<input type="checkbox"/>	Прямоугольная призма с двумя отражениями
<input type="checkbox"/>	Прямоугольная призма с одним отражением
<input type="checkbox"/>	Пента - призма с крышей
<input type="checkbox"/>	Прямоугольная призма с крышей

Ответ: прямоугольная призма с крышей.

Примечание:

Более подробно можно посмотреть в Справочнике конструктора оптико-механических приборов" В.А. Панов, М.Я. Кругер и др. Л. Машиностроение, 1980, стр. 170-180.

Вопрос 4



Укажите, в каких из указанных систем необходима крыша для получения полностью перевернутого изображения.

<input type="checkbox"/>	б
<input type="checkbox"/>	в
<input type="checkbox"/>	г
<input type="checkbox"/>	а

Решение:

Для получения полностью перевернутого изображения необходимо иметь нечетное число отражений луча в плоскости чертежа и в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа.

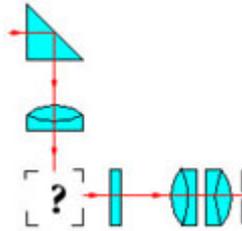
В системах а,б,в имеет место нечетное число отражений в плоскости чертежа, происходит оборачивание стрелки, параллельной оси Y. Для

оборачивания стрелки, параллельной оси X, необходимо нанесение крыши.

В системе г происходит оборачивание обеих стрелок, поэтому крыша не нужна.

Ответ: крыши необходимы в системах а,б,в.

Вопрос 5



Укажите, какая из призм должна стоять после объектива, чтобы получить в системе прямое изображение?

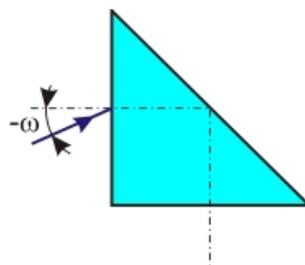
<input type="checkbox"/>	пентапризма с крышей
<input type="checkbox"/>	пентапризма
<input type="checkbox"/>	прямоугольная призма с крышей
<input type="checkbox"/>	прямоугольная призма

Решение:

Для того, чтобы получить в системе прямое изображение, необходимо, чтобы система призм давала полностью перевернутое изображение, т.к. объектив изображение переворачивает, а окуляр нет. Чтобы получить нечетное количество отражений в плоскости чертежа, нужна поставить призму с четным числом отражений и изломом оптической оси 90° , такой призмой является пента - призма. Для оборачивания стрелки, параллельной оси X, нужна крыша.

Ответ: Пентапризма с крышей.

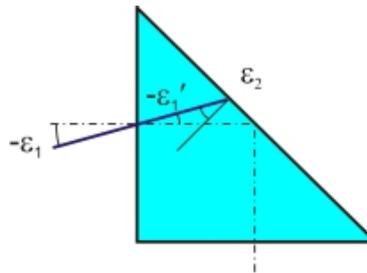
Вопрос 6



Нужно ли наносить отражающее покрытие на гипотенузную грань прямоугольной призмы, если угол падения луча на входную грань призмы составляет $\omega = -5^\circ$, призма выполнена из стекла с показателем преломления $n = 1,5$. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	Нет
<input type="checkbox"/>	Да

Решение:



Для того, чтобы дать ответ, нужно ли наносить отражающее покрытие или нет, необходимо определить угол падения луча на гипотенузную грань ε_2 .

Для заданного значения угла $\varepsilon_1 = -5^\circ$ имеем:

$$\sin(5^\circ) = n \sin(\varepsilon_1'); \quad \varepsilon_1' = -3,33^\circ.$$

Из чертежа следует:

$$-\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = 45^\circ, \quad \varepsilon_2 = 45^\circ + \varepsilon_1' = 41,67^\circ.$$

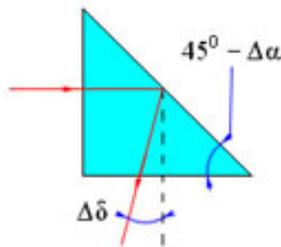
$$\sin(\varepsilon_2) = 0,665;$$

$$\sin(\varepsilon_{\text{пред}}) = 1/n = 0,667.$$

Если ε_2 больше или равно $\varepsilon_{\text{пред}}$, то произойдет полное внутреннее отражение и нанесения отражающего покрытия не требуется.

Ответ: Покрытие требуется.

Вопрос 7



Прямоугольная призма имеет ошибку угла $45^\circ - \Delta\alpha$. Определить возникающее из-за этого отклонение оптической оси $\Delta\delta$. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	$(n - 1)\Delta\alpha$
<input type="checkbox"/>	$2n\Delta\alpha$
<input type="checkbox"/>	$2\Delta\alpha$
<input type="checkbox"/>	$n\Delta\alpha$
<input type="checkbox"/>	$2(n - 1)\Delta\alpha$

Решение:

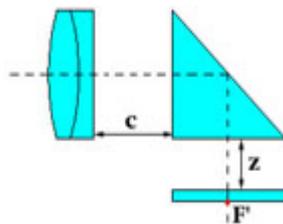
Если угол наклона гипотенузной грани $45^\circ - \Delta\alpha$, то луч отклоняется на угол $90^\circ - 2\Delta\alpha$. Следовательно, угол падения луча на выходную грань призмы будет $2\Delta\alpha$.

Учитывая, что $\Delta\alpha$ - угол маленький, можно закон преломления на выходной грани призмы записать как:

$$\Delta\delta = n2\Delta\alpha.$$

Ответ: $2n\Delta\alpha$

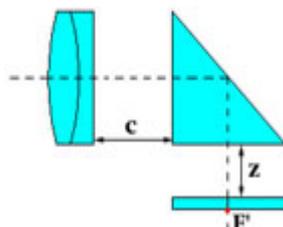
Вопрос 8



Чему равно расстояние между объективом и призмой, если длина хода луча в призме равна 30 мм, толщина сетки 3 мм, показатель преломления стекла $n = 1.5$, величина $z = 12$ мм. Изображение находится на второй поверхности сетки, параметры объектива $f' = 100$ мм, $s'_f = 98.2$ мм. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	64.2 мм
<input type="checkbox"/>	66 мм
<input type="checkbox"/>	63.2 мм
<input type="checkbox"/>	55 мм

Решение:



Расстояние между объективом и призмой определяется по следующей формуле:

$$c = s'_F - z - d'_{\text{пр}} - d'_c,$$

где

$$d'_{\text{пр}} = d_{\text{пр}} / n_{\text{пр}},$$

$$d'_c = d_c / n_c.$$

$d_{\text{пр}}$ - длина хода луча в призме, $n_{\text{пр}}$ - показатель преломления стекла призмы.

d_c - длина хода луча в сетке, n_c - показатель преломления стекла сетки.

Ответ: 64.2 мм.

Вопрос 9

Клин имеет преломляющий угол $\sigma = 17^\circ$, выполнен из стекла с показателем преломления $n = 1.5$. Чему равен угол отклонения луча клином α ?

<input type="checkbox"/>	$0,7^\circ$
<input type="checkbox"/>	$1,5^\circ$
<input type="checkbox"/>	1°
<input type="checkbox"/>	$0,5^\circ$

Решение:

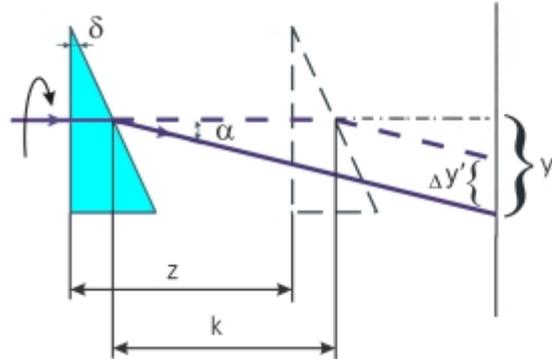
Угол отклонения луча клином α равен:

$$\alpha = (n-1)\sigma,$$

где σ - преломляющий угол клина.

Ответ: $0,5^\circ$.

Теоретические сведения



При вращении клина вокруг оптической оси изображение осевой точки описывает окружность с радиусом y' , где

$$y' = k\alpha = k\sigma(n-1).$$

Прямолинейное движение изображения с достаточной степенью точности может быть обеспечено двумя одинаковыми клиньями, вращаемыми в противоположных направлениях на равные углы.

При поступательном движении клина имеем:

$$\Delta y' = z\sigma(n-1).$$

Вопрос 10

Два одинаковых клина поворачиваются вокруг оптической оси в противоположных направлениях на равные углы. Какое движение совершает осевая точка в плоскости изображения? Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	движется прямолинейно
<input type="checkbox"/>	движется по криволинейной траектории
<input type="checkbox"/>	положение точки не меняется
<input type="checkbox"/>	движется по окружности

Ответ: движется прямолинейно.

Примечание:

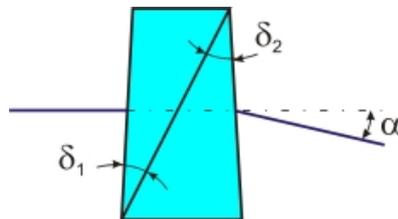
Необходимо изучать работу клиньев. Литература: "Теория оптических систем". Авторы Заказнов И.П., С.И.Кирюшин, Кузичев В.Н. . СПб.:Издательство «Лань», 2008 г, стр. 80-82.

Вопрос 11

Ахроматический клин, угол отклонения которого 1° , состоит из двух клиньев, выполненных из стекла К8 ($n_e = 1.5183$, $v_e = 63.84$) и стекла ТФ1 ($n_e = 1.6522$, $v_e = 33.62$). Чему равен преломляющий угол клина в градусах, изготовленного из стекла К8. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	4,5°
<input type="checkbox"/>	5,11°
<input type="checkbox"/>	4,08°
<input type="checkbox"/>	2,6°

Решение:



Условие ахроматизации клина: $\alpha_{F'} = \alpha_{C'}$. Углы отклонения луча для линий F' и C' должны быть одинаковыми.

Суммарный угол отклонения луча клином равен:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2.$$

Принимая во внимание эти два условия, можно получить формулы для определения углов клина:

$$\sigma_1 = \frac{\alpha}{(n_1 - 1) \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right)};$$

$$\sigma_2 = - \frac{\alpha}{(n_1 - 1) \left(1 - \frac{v_2}{v_1} \right)} \cdot \frac{v_2}{v_1};$$

где n_1, n_2 - показатели преломления материалов клиньев для линии e или для основной длины волны, если рабочий спектральный диапазон отличается от видимого,

v_1, v_2 - коэффициенты дисперсии материалов, из которых изготовлены клинья.

Ответ: 4,08°.

Вопрос 12

Линейное увеличение зеркала равно $\beta = -0,5$, расстояние между предметом и изображением 300 мм. Чему равен радиус кривизны зеркала в вершине и какая форма поверхности должна быть, чтобы не было сферической аберрации. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	$r = -200$, зеркало параболическое
<input type="checkbox"/>	$r = 200$, зеркало сферическое
<input type="checkbox"/>	$r = 400$, зеркало эллиптическое
<input type="checkbox"/>	$r = 400$, зеркало эллиптическое

□ $r = -500$, зеркало гиперболическое

Решение:

Формулы идеальной оптической системы для зеркал:
формула отрезков -

$$\frac{1}{a'} + \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}$$

$$\beta = -\frac{a'}{a},$$

$$f' = \frac{r}{2}.$$

Решение задачи:

$$\begin{cases} a' - a = 300 \\ -\frac{a'}{a} = -0,5 \end{cases};$$

Решение системы уравнений дает результат: $a = -600$, $a' = -300$.

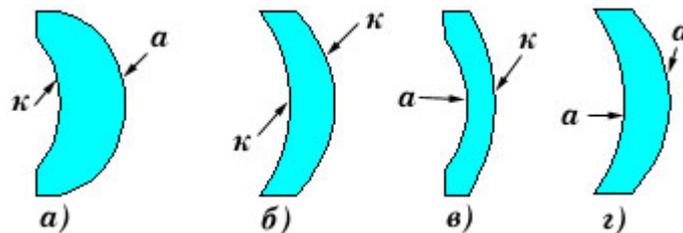
По формуле отрезков определяем $f' = -200$, следовательно $r = -400$.

Анаберрационные точки, т.е. точки без сферической аберрации, находятся в геометрических фокусах кривых 2-го порядка. Следовательно, у сферы анаберрационные точки находятся в центре кривизны и $\beta = -1,0$, у эллипса $\beta < 0$, у параболы $\beta = 0$, у гиперболы $\beta > 0$.

Ответ: $r = -400$, зеркало эллиптическое.

Вопрос 13

Установите соответствие между формой апланатических линз и их линейным увеличением



1. г	1
2. в	n
3. б	1
4. а	$1/n$

Решение:

В линзе а) первая поверхность концентрическая, осевая точка предмета совпадает с центром кривизны первой поверхности:

$$s_1 = r_1, \beta_1 = 1/n.$$

Вторая поверхность апланатическая, для нее справедливы формулы:

$$s = f(n'+n)/n, s' = r(n'+n)/n', \beta_2 = n^2.$$

Общее увеличение:

$$\beta = \beta_1 \beta_2 = n.$$

В линзе б) обе поверхности концентрические, для них

$$\beta = n/n'.$$

Тогда

$$\beta_1 = 1/n, \beta_2 = n,$$

и следовательно

$$\beta = \beta_1 \beta_2 = 1.$$

В линзе в) первая поверхность апланатическая, для нее

$$\beta = (n/n')^2, \beta_1 = (1/n)^2,$$

вторая концентрическая, для нее

$$\beta = n/n', \beta_2 = n.$$

Общее увеличение:

$$\beta = \beta_1 \beta_2 = 1/n.$$

В линзе г) обе поверхности апланатические, тогда для первой поверхности будет

$$\beta_1 = (1/n)^2,$$

а для второй

$$\beta_2 = n^2,$$

общее увеличение

$$\beta = \beta_1 \beta_2 = 1.$$

Ответ:

а) $\beta = n,$

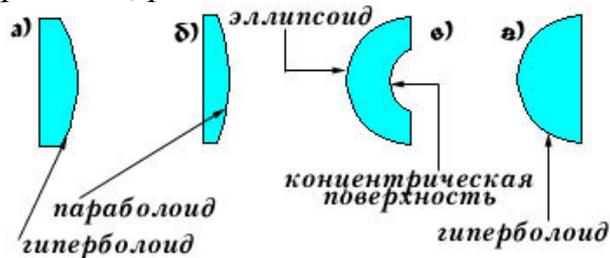
б) $\beta = 1, 0,$

в) $\beta = 1/n,$

г) $\beta = 1, 0.$

Вопрос 14

Укажите, какие из асферических линз не имеют сферической аберрации для предмета, расположенного в бесконечности?



<input type="checkbox"/>	а, в
<input type="checkbox"/>	б, г

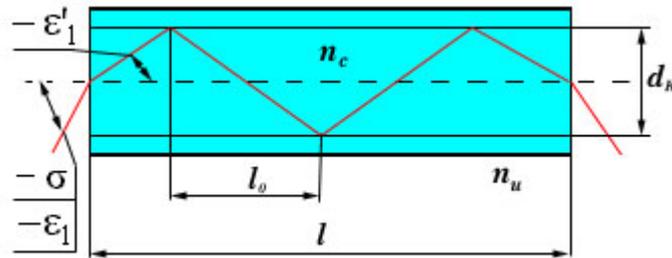
Ответ: а, в.

Вопрос 15

Двухлинзовый склеенный ахроматический объектив имеет фокусное расстояние $f = 100$ мм. Линзы изготовлены из стекла с показателями преломления $n_2 = 1.5$, $n_3 = 1.6$ и коэффициентами дисперсий $\nu_2 = 60$, $\nu_3 = 30$. Определить фокусные расстояния линз. В ответе приведите наименьшее, по абсолютной величине, значение фокусного расстояния одной из линз.

Ответ: 50 мм.

Теоретические сведения



Числовая апертура световода определяется по формуле:

$$A = |\sin \sigma| = \sqrt{n_c^2 - n_u^2};$$

где n_c - показатель преломления ядра стержня, n_u - показатель преломления оболочки.

Количество отражений для меридионального луча:

$$N = \frac{l}{l_0} = \frac{l}{d_k} \operatorname{tg}(\varepsilon'_1) = \frac{l \sin(\varepsilon'_1)}{d_k \sqrt{1 - \sin^2(\varepsilon'_1)}} = \frac{l}{d_k n_u} \sqrt{n_c^2 - n_u^2}$$

Длина хода луча в световоде (меридиональное сечение):

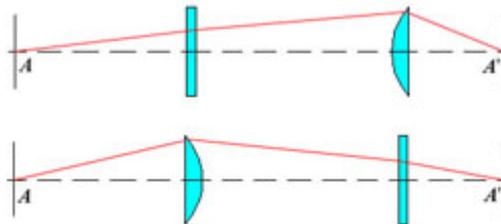
$$l_{cm} = \frac{l}{\cos(\varepsilon'_1)} = \frac{l}{\sqrt{1 - \sin^2(\varepsilon'_1)}} = l \frac{n_c}{n_u}$$

Вопрос 16

Световод изготовлен из стекла с $n = 1.8$, а его оболочка имеет $n = 1.5$. Определите числовую апертуру световода.

Ответ: 0.995.

Вопрос 17



На рисунке показана цилиндрическая система, имеющая увеличение в меридиональном и сагиттальном сечениях $\beta_m = -0.1$, $\beta_s = -3$. Расстояние между плоскостями предметов и изображений 330 мм. Определите фокусные расстояния линз в меридиональном и сагиттальном сечениях. Толщинами линз пренебречь. Укажите правильный ответ.

$f'_m = 27.3$ мм, $f'_s = 61.9$ мм

<input type="checkbox"/>	$f'_m = 50.6 \text{ мм}, f'_s = 30.1 \text{ мм}$
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 25.2 \text{ мм}, f'_s = 40.6 \text{ мм}$
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 35.3 \text{ мм}, f'_s = 70.1 \text{ мм}$
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 40.1 \text{ мм}, f'_s = 60.4 \text{ мм}$

Решение:

Расчет выполняется по известным формулам для центрированных систем, но для каждого сечения отдельно.

Ответ: $f'_m = 27.3, f'_s = 61.9$.

Тема 2.2 Проекционные системы

Теоретические сведения

Проекционные системы служат для получения на экране действительных изображений предметов, освещенных лучами источника света. Проекция прозрачных предметов в проходящем свете называется диапроекцией, а непрозрачных в отраженном - эпипроекцией. Изображение на экране должно иметь достаточную яркость. Из экспериментальных исследований установлено, что яркость экрана L при диапроекции должна быть от 20 до 50 кд/м².

Яркость любого экрана зависит от его отражающей способности и освещенности. Для диффузно отражающего экрана:

$$L = \rho E / \pi,$$

где ρ - коэффициент отражения экрана (можно считать 0.8);

E - освещенность экрана. Следовательно, освещенность экрана должна при диапроекции быть 80÷200 лк.

Зная освещенность экрана и его площадь, можно определить световой поток Φ' , падающий на экран из проекционной системы и, с учетом коэффициента полезного действия всей установки, полный световой поток, который должен иметь источник равен:

$$\Phi_0 = (20 \div 100) \Phi'.$$

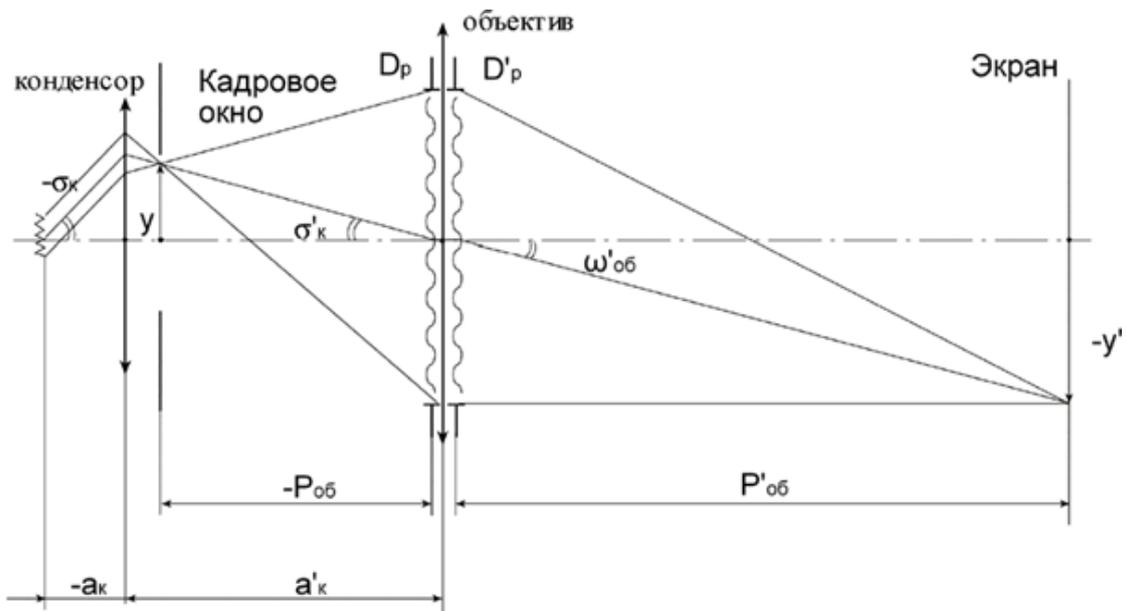
Для того, чтобы использовать этот поток наиболее рационально, используют одну из двух схем:

- осветительная система образует изображение источника света в кадровом окне;

- осветительная система образует изображение источника света во входном зрачке проекционного объектива.

В первом случае на экране одновременно получают изображения диапозитива и источника света, поэтому тело накала в этом случае должно быть равномерно светящимся. Кроме того, в плоскости кадрового окна происходит концентрация энергии, что приводит к быстрому нагреву диапозитива. Все это ограничивает область применения этой схемы.

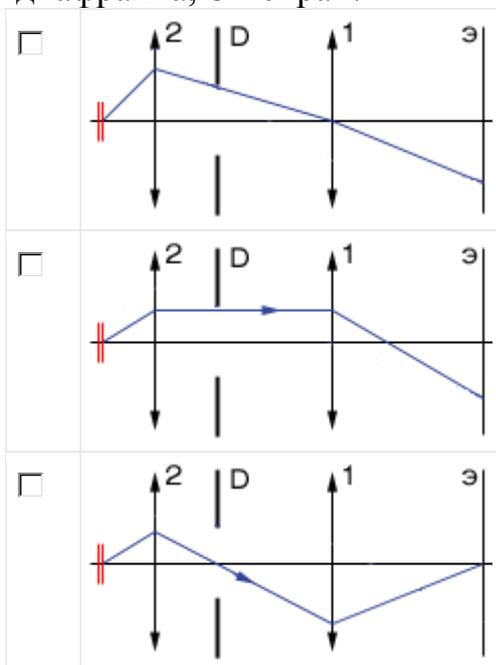
Рассмотрим подробно вторую схему



В этом случае от каждой точки источника, независимо, насколько ярко она светится, свет равномерно освещает кадровое окно и попадает во входной зрачок проекционного объектива, что обеспечивает равномерность освещенности изображения.

Вопрос 1

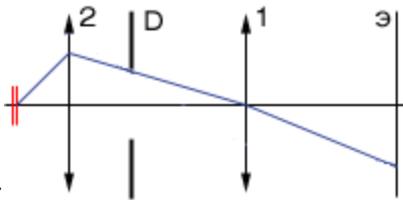
Проанализировав ход лучей в проекционных системах, определите, в какой из них система освещения осуществлена правильно, учитывая, что источник имеет неравномерную яркость. Объектив 1 считать тонким, входной зрачок находится на объективе, 2 - конденсор, D - диафрагма, Э - экран.



Решение:

При диапроекции источник необходимо изображать либо в плоскости диапозитива (это можно делать, если источник имеет равномерную яркость), либо во входной зрачок проекционного объектива. При этом

необходимо заполнять светом входной зрачок объектива для получения возможно большей освещенности экрана.



Ответ:

Теоретические сведения

Известна формула, связывающая освещенность экрана с диаметром выходного зрачка проекционного объектива

$$D'_p = 2p' \sqrt{\frac{E}{\tau \pi L}};$$

где p' - расстояние от зрачка до экрана

τ - коэффициент пропускания системы

L - яркость источника

При этом, если зрачок заполнен светом не полностью, освещенность экрана уменьшается.

Вопрос 2

Репродукционная система имеет $\beta = -5$, длину 600 мм. Входной зрачок расположен на объективе и равен 50 мм. Чему равна задняя апертура. Систему считать тонкой. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	0,05
<input type="checkbox"/>	0,1
<input type="checkbox"/>	25
<input type="checkbox"/>	50

Решение:

Задняя апертура - это

$$A' = n' \sin \sigma', \quad n' = 1, \quad \sin \sigma' = D'/2a'.$$

Система тонка, следовательно, $D' = D = 50$ мм. Решив систему уравнений:

$$\begin{cases} -a + a' = 600 \\ \frac{a'}{a} = -5 \end{cases};$$

получаем $a' = 500$ мм, следовательно $\sin \sigma' = D'/2a' = 500/(2 \cdot 500) = 0,05$.

Ответ: 0,05.

Вопрос 3

Для решения поставленной задачи требуется рассчитать объектив со следующими параметрами: $f = 220$ мм, относительное отверстие 1:2,2, линейное поле в пространстве изображений $2y' = 110$ мм. Укажите,

какой из указанных объективов наилучшим образом подходит для решения задачи (нужно осуществить только пересчет на другое фокусное расстояние).

<input type="checkbox"/>	$f = 100; 1:1.8; 2\omega = 25^\circ$
<input type="checkbox"/>	$f = 600; 1:3; 2\omega = 25^\circ$
<input type="checkbox"/>	$f = 150; 1:2.5; 2\omega = 35^\circ$
<input type="checkbox"/>	$f = 260; 1:2.3; 2\omega = 30^\circ$
<input type="checkbox"/>	$f = 200; 1:2; 2\omega = 30^\circ$

Решение:

При выборе объектива нужно исходить из следующего:

1) относительное отверстие рассчитываемого объектива должно быть меньше или равно относительному отверстию исходного. По относительному отверстию подходят 2 объектива: $f = 200; 1:2; 2\omega = 30^\circ$ и $f = 100; 1:1.8; 2\omega = 25^\circ$.

2) угловое поле рассчитываемого объектива должно быть меньше или равно угловому полю исходного. Угловое поле рассчитываемого объектива

$$\operatorname{tg}\omega = 27.5/110 = 0.25, 2\omega = 28^\circ 20'.$$

По угловому полю подходят 3 объектива: $f = 200; 1:2; 2\omega = 30^\circ$, $f = 150; 1:2.5; 2\omega = 35^\circ$ и $f = 260; 1:2.3; 2\omega = 30^\circ$.

3) фокусное расстояние рассчитываемого объектива не должно отличаться от исходного больше чем в два раза. По фокусному расстоянию подходят 3 объектива: $f = 200; 1:2; 2\omega = 30^\circ$, $f = 150; 1:2.5; 2\omega = 35^\circ$ и $f = 260; 1:2.3; 2\omega = 30^\circ$.

По всем трем параметрам подходит объектив со следующими характеристиками: $f = 200; 1:2; 2\omega = 30^\circ$.

Ответ: $f = 200; 1:2; 2\omega = 30^\circ$.

Вопрос 4

Конденсор, выполненный из стекла с $n = 1.5$ в виде плосковыпуклой линзы с $r_2 = -20$ мм, должен заполнить светом отверстие диаметром $D = 20$ мм. Размер тела накала источника 8×10 мм. Найти расстояние от конденсора до освещаемого отверстия.

Решение:

Расстояние от конденсора до освещаемого отверстия, считая, что там находится изображение источника, можно определить по известной формуле геометрической оптики

$$a' = f'(1 - \beta).$$

Здесь β - линейное увеличение конденсора, которое в нашем случае

$$\beta = -(20/8) = -2.5.$$

(из условия заполнения отверстия изображением источника берем меньшую сторону тела накала и учитываем, что увеличение должно

быть со знаком "-", так как источник и его изображение должны быть действительными).

Так как $f'_k = 40$ мм ($f' = -r_2/(n-1)$), то

$$a' = 40(1 - (-2.5)) = 140 \text{ мм.}$$

Ответ: 140 мм.

Вопрос 5

В проекторе фокусное расстояние объектива $f = 85$ мм, относительное отверстие 1:2, угловое поле $2\omega = 12^\circ$. Диаметр тела накала лампы 8,5 мм. Чему будет равна передняя апертура конденсора (приблизительно)? Укажите правильный ответ. Увеличение в зрчках $\beta_p = 1.0$.

<input type="checkbox"/>	0.9
<input type="checkbox"/>	0.4
<input type="checkbox"/>	0.5
<input type="checkbox"/>	1.2
<input type="checkbox"/>	0.2

Решение:

Для осветительной системы проекционных приборов приблизительно выполняется инвариант:

$$d \sin \sigma_k = D \sin \omega,$$

где D - диаметр входного зрачка, 2ω - угловое поле объектива, d - размер (меньшая сторона) тела накаливания, σ_k - передний апертурный угол конденсора.

Ответ: $\sin \sigma_k = 0.5$

Вопрос 6

Определите, из скольки линз со сферическими поверхностями надо делать конденсор диапроекторной установки, если для проекции диапозитива 9×12 мм используется объектив с $f' = 35$ мм и $D:f' = 1:4$, а в качестве источника лампа с телом накала 8×8 мм?

Решение:

Число линз конденсора со сферическими поверхностями определяется суммарным углом охвата конденсора $2(|\sigma_k| + |\sigma'_k|)$. Если он не превышает 30° , достаточно одной линзы, от 30° до 60° - надо две линзы, 60° - 90° - три.

В нашем случае

$$\text{tg}(\sigma'_k) \approx (0.5 \text{ диагонали кадра})/f'_{об} = 0.214;$$

$$\sigma'_k \approx 12^\circ.$$

Так как

$$\beta_k = -(8.75/8) = -1.09;$$

$$\text{tg}(\sigma_k) = \text{tg}(\sigma'_k) \cdot \beta_k = 0.234; \sigma_k \approx 13^\circ.$$

$$2(|\sigma_k| + |\sigma'_k|) = 50^\circ,$$

следовательно, правильный ответ - 2.

Ответ: из двух линз.

Вопрос 7

Определить освещенность экрана размером 600×900 мм, если полезный световой поток лампы составляет 100 лм.

Решение:

Освещенность можно рассматривать, как поверхностную плотность светового потока. В нашем случае поток 100 лм приходится на экран площадью

$$S = 0.6 \cdot 0.9 = 0.54 \text{ м}^2 .$$

Отсюда

$$E = F/S = 100/0.54 = 185.$$

Ответ: 185 лк.

Вопрос 8

Экран с коэффициентом отражения $\rho = 0.8$ находится на расстоянии 3000 мм от проекционного объектива с выходным зрачком диаметром 30 мм. Какова будет яркость экрана, если используется лампа яркостью $3.5 \cdot 10^6$ кд/м². Коэффициент пропускания установки принять равным 0.75.

Решение:

Яркость диффузно отражающего экрана связана с его освещенностью зависимостью

$$L = \rho \cdot (E/\pi).$$

Освещенность изображения, созданного оптической системой, определяется по формуле

$$E = \tau \cdot \pi \cdot L \cdot \sin^2(\sigma');$$

$$\sin(\sigma') \approx \text{tg}(\sigma') = (D'/2)/p' = (30/2)/3000 = 0.005;$$

$$E = 0,75 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2 = 206 \text{ лк.}$$

Следовательно:

$$L = 0.8 \cdot (206/3.14) = 52.2 \text{ кд/м}^2 .$$

Ответ: 52.5 кд/м².

Вопрос 9

В прожекторе использована лампа, светящееся тело которой имеет форму шара с диаметром 4 мм. Полный световой поток составляет 6000 лм. Диаметр выходного зрачка прожектора 500 мм. Определить освещенность, которую создает прожектор на расстоянии 1 км, если коэффициент пропускания оптической системы $\tau_{o,c} = 0.8$, а атмосферы $\tau_{атм} = 0.6$.

Решение:

Освещенность, которая создается в плоскости изображения, определяется по формуле

$$E' = \pi \tau L \sin^2(\sigma'),$$

где L - яркость источника, τ -коэффициент пропускания

$$\sin(\sigma') = D/2p',$$

D -диаметр прожектора, p' -расстояние от прожектора до освещаемой площадки.

Яркость шарового источника света равна

$$L = \Phi / 4\pi S;$$

где Φ - полный световой поток, S - площадь проекции светящегося тела на плоскость, перпендикулярную к оптической оси.

В данном случае

$$L = \frac{6000 \cdot 4}{4\pi \cdot \pi d_{ист}^2} = \frac{6000}{\pi^2 d_{ист}^2};$$

где d - диаметр источника.

Следовательно, освещенность будет равна

$$E' = \pi \tau \frac{6000 \cdot D^2}{\pi^2 d_{ист}^2 \cdot 4 p'^2} = \tau \frac{6000}{4\pi p'^2} \left(\frac{D}{d_{ист}} \right)^2;$$

$$E' = 3.58 \text{ лк.}$$

Отношение $(D/d_{ист})^2$ называется коэффициентом усиления прожектора. Если источник света плоский, тогда яркость источника определяется по формуле

$$L = \Phi / 2\pi S.$$

Дистанция оформления светового пучка прожектора P_0 равна

$$P_0 = \frac{D}{d_{ист}} f;$$

где f - фокусное расстояние прожектора. Начиная с этого расстояния освещенность становится функцией расстояния p' .

$$E' = \tau \frac{I_{np}}{p'^2};$$

где I_{np} - сила света прожектора.

$$I_{np} = \tau_{oc} I_{ист} \left(\frac{D}{d_{ист}} \right)^2;$$

где τ_{oc} - коэффициент пропускания оптической системы.

$$I_{ист} = \Phi / 2\pi,$$

если тело накаливания плоское.

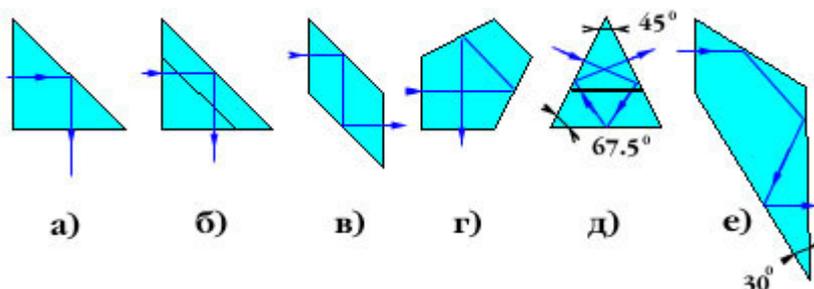
Ответ: 3.58 лк.

ТЕКУЩИЙ ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ

МОДУЛЬ №2

Тема 2.1 Элементарная база оптики. Часть 2

Вопрос 1



Установите соответствие между названиями призм и рисунками.

1. призма ромб
2. прямоугольная призма
3. пентапризма
4. призма Лемана
5. призма Шмидта с крышей
6. прямоугольная призма с крышей

Ответ:

1. в
2. а
3. г
4. е
5. д
6. б

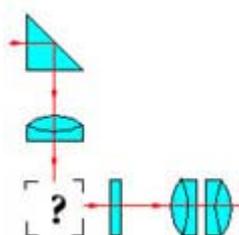
Вопрос 2

Призма должна изменить направление оптической оси на 90° и полностью перевернуть изображение. Какая из призм полностью выполнит эту задачу? Укажите правильный ответ.

- Пентапризма с крышей
- Прямоугольная призма с крышей
- Прямоугольная призма с одним отражением
- Прямоугольная призма с двумя отражениями

Ответ: Пентапризма с крышей.

Вопрос 3

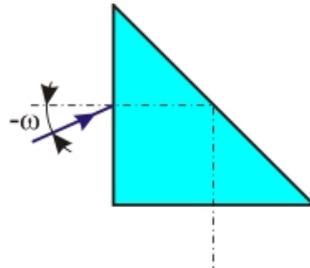


Укажите, какая из призм должна стоять после объектива, чтобы получить в системе прямое изображение?

- пента призма с крышей
- прямоугольная призма с крышей
- прямоугольная призма
- пентапризма

Ответ: пентапризма с крышей.

Вопрос 4

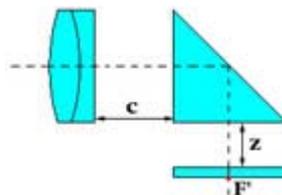


Нужно ли наносить отражающее покрытие на гипотенузную грань прямоугольной призмы, если угол падения луча на входную грань призмы составляет $\omega = -5^\circ$, призма выполнена из стекла с показателем преломления $n = 1,5$. Укажите правильный ответ.

- Да
- Нет

Ответ: Да.

Вопрос 5



Чему равно расстояние между объективом и призмой, если длина хода луча в призме равна 30 мм, толщина сетки 3 мм, показатель преломления стекла $n = 1,5$, величина $z = 12$ мм. Изображение находится на второй поверхности сетки, параметры объектива $f = 100$ мм, $S'_r = 98,2$ мм. Укажите правильный ответ.

- 54.2 мм
- 64.2 мм
- 66 мм
- 63.2 мм

Ответ: 64.2 мм.

Вопрос 6

Клин имеет преломляющий угол $\sigma = 1^\circ$, выполнен из стекла с показателем преломления $n = 1,5$. Чему равен угол отклонения луча клином α ?

- 1°
- 0,5°
- 0,7°
- 1,5°

Ответ: 0,5°.

Вопрос 7

Два одинаковых клина поворачиваются вокруг оптической оси в противоположных направлениях на равные углы. Какое движение совершает осевая точка в плоскости изображения? Укажите правильный ответ.

- движется прямолинейно
- движется по криволинейной траектории
- движется по окружности
- положение точки не меняется

Ответ: движется прямолинейно.

Вопрос 8

Линейное увеличение зеркала равно $\beta = -0,5$, расстояние между предметом и изображением 300 мм. Чему равен радиус кривизны зеркала в вершине, и какая форма поверхности должна быть, чтобы не было сферической aberrации. Укажите правильный ответ.

- $r=200$, зеркало сферическое
- $r=-200$, зеркало параболическое
- $r=400$, зеркало эллиптическое
- $r=-500$, зеркало гиперболическое
- $r=-400$, зеркало эллиптическое

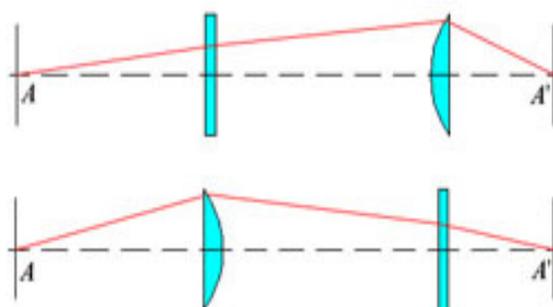
Ответ: $r=-400$, зеркало эллиптическое.

Вопрос 9

Световод изготовлен из стекла с $n = 1.7$, а его оболочка имеет $n = 1.5$. Определите числовую апертуру световода.

Ответ: 0.8.

Вопрос 10



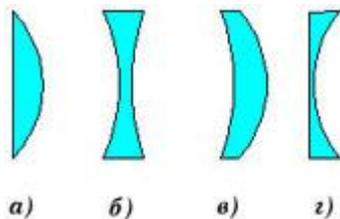
На рисунке показана цилиндрическая система, имеющая увеличение в меридиональном и сагиттальном сечениях $\beta_m = -0.1$,

$\beta_s = -3$. Расстояние между плоскостями предметов и изображений 330 мм. Определите фокусные расстояния линз в меридиональном и сагиттальном сечениях. Толщинами линз пренебречь. Укажите правильный ответ.

- $f'_m = 27.3 \text{ мм}, f'_s = 61.9 \text{ мм}$
- $f'_m = 50.6 \text{ мм}, f'_s = 30.1 \text{ мм}$
- $f'_m = 40.1 \text{ мм}, f'_s = 60.4 \text{ мм}$
- $f'_m = 35.3 \text{ мм}, f'_s = 70.1 \text{ мм}$
- $f'_m = 25.2 \text{ мм}, f'_s = 40.6 \text{ мм}$

Ответ: $f'_m = 27.3 \text{ мм}, f'_s = 61.9 \text{ мм}$

Вопрос 11



Какие из линз имеют положительную сферическую aberrацию?

- г
- а
- в
- б

Ответ: б, г.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ

(экзаменационный тест)

МОДУЛИ №1,2

Основные сведения из геометрической оптики.

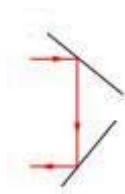
Элементарная база оптики. Проекционные системы.

Вопрос 1

Луч падает на плоское зеркало и отражается, отклонившись от первоначального направления на 45° . Зеркало повернули на 5° . На сколько изменится направление отраженного луча?

Ответ: 10° .

Вопрос 2



Какое изображение дает система зеркал, показанная на рисунке?

Укажите правильный ответ:

- зеркальное изображение
- полностью перевернутое изображение
- прямое изображение

Ответ: полностью перевернутое изображение.

Вопрос 3

Произойдет ли полное внутреннее отражение луча, входящего в линзу параллельно оптической оси на высоте 5 мм, если показатель преломления материала линзы $n = 4$. Радиусы кривизны поверхностей линзы равны $r_1 = \infty$, $r_2 = -10,0$. Укажите правильный ответ.

- не произойдет
- произойдет

Ответ: произойдет.

Вопрос 4

Расстояние между предметом и изображением 400 мм, линейное увеличение

$\beta = -3$. Какой из ответов является правильным?

- $a = -300, a' = 100$
- $a = 300, a' = -100$
- $a = 100, a' = 300$
- $a = -100, a' = 300$

Ответ: $a = -100, a' = 300$.

Вопрос 5

Предмет $y = 20$ мм расположен на расстоянии $s = -30$ мм от сферического зеркала с фокусным расстоянием $f = -60$ мм. Определить вид изображения.

<input type="checkbox"/>	действительное, перевёрнутое, уменьшенное
<input type="checkbox"/>	мнимое, прямое, увеличенное
<input type="checkbox"/>	мнимое, прямое, уменьшенное
<input type="checkbox"/>	действительное, перевёрнутое, увеличенное

Ответ: мнимое, прямое, увеличенное.

Вопрос 6

На точечный источник света смотрят через плоскопараллельную пластинку. Будет ли он казаться расположенным ближе или дальше?

Ответ: ближе.

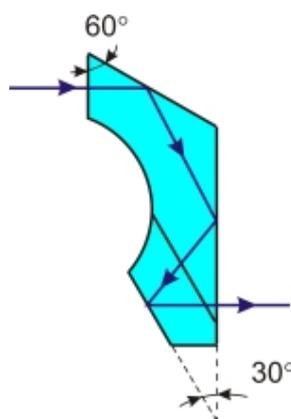
Вопрос 7

Укажите, какую оптическую силу имеют линзы с показателем преломления $n > 1$, имеющие толщину по краю большую, чем по оси.

<input type="checkbox"/>	$\Phi = -n^2/f$
<input type="checkbox"/>	$\Phi < 0$
<input type="checkbox"/>	$\Phi > 0$
<input type="checkbox"/>	$\Phi = 0$

Ответ: $\Phi < 0$.

Вопрос 8



Как называется призма, изображенная на рисунке? Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	призма Шмидта с крышей
<input type="checkbox"/>	призма Дове
<input type="checkbox"/>	полупента-призма
<input type="checkbox"/>	призма Лемана с крышей

Ответ: призма Лемана с крышей.

Вопрос 9

Клин имеет преломляющий угол $\sigma=2^\circ$, выполнен из стекла с показателем преломления $n = 1,5$. Чему равен угол отклонения луча клином α ?

<input type="checkbox"/>	1°
<input type="checkbox"/>	$0,5^\circ$
<input type="checkbox"/>	$1,5^\circ$
<input type="checkbox"/>	2°

Ответ: 1° .

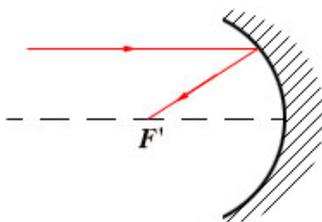
Вопрос 10

Клин с преломляющим углом σ вращается вокруг оси. Какое движение совершает осевая точка в плоскости изображения? Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	прямолинейное движение
<input type="checkbox"/>	движется по окружности
<input type="checkbox"/>	движется по эллиптической кривой
<input type="checkbox"/>	положение точки не меняется

Ответ: движется по окружности.

Вопрос 11



Какую форму должна иметь отражающая поверхность, чтобы не было сферической аберрации для предмета, расположенного в бесконечности? Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	эллипс
<input type="checkbox"/>	парабола
<input type="checkbox"/>	гипербола
<input type="checkbox"/>	сфера

Ответ: парабола.

Вопрос 12

Осевая точка предмета находится в вершине поверхности, разделяющей среды с показателями преломления n и n' . Чему равно линейное увеличение? Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	$(n/n')^2$
<input type="checkbox"/>	1,0
<input type="checkbox"/>	n/n'

Ответ: 1,0.

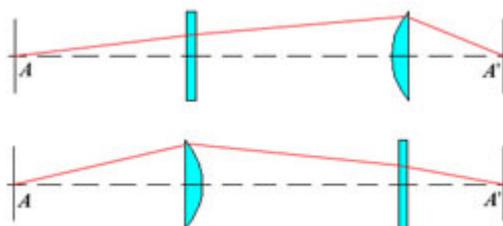
Вопрос 13

Числовая апертура световода $A = 0,5$. Световод изготовлен из стекла с $n = 1,6$. Чему равен показатель преломления оболочки. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	1,52
<input type="checkbox"/>	1,48
<input type="checkbox"/>	1,5
<input type="checkbox"/>	1,55

Ответ: 1,52.

Вопрос 14



На рисунке показана цилиндрическая система, имеющая увеличение в меридиональном и сагиттальном сечениях $\beta_m = -10$, $\beta_s = -0.1$. Расстояние между плоскостями предметов и изображений 330 мм. Определите фокусные расстояния линз в меридиональном и сагиттальном сечениях. Толщинами линз пренебречь. Укажите правильный ответ.

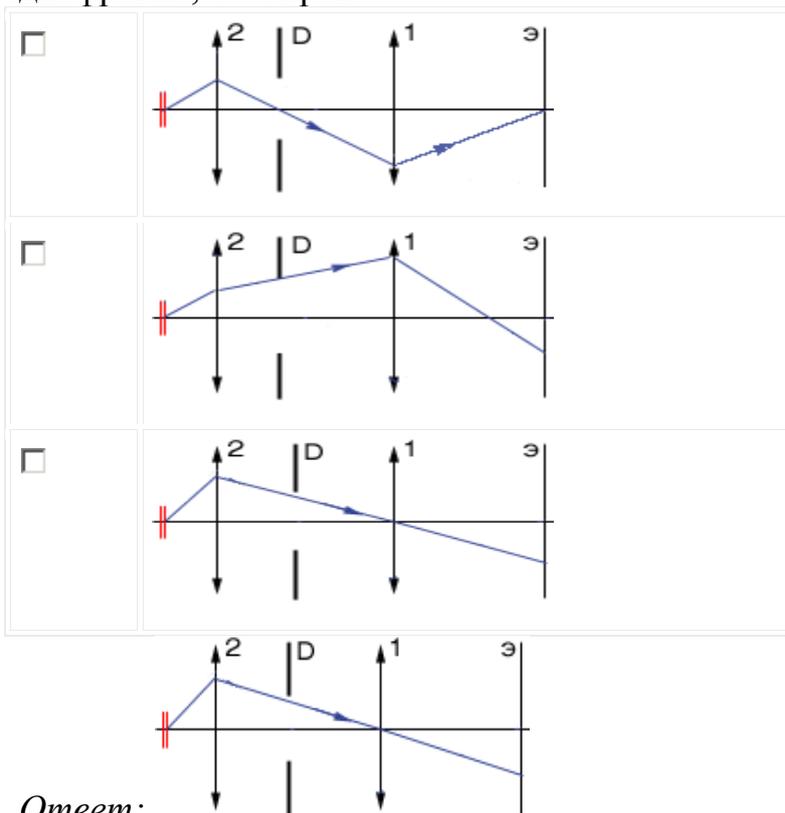
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 35.3 \text{ мм}, f'_s = 70.1 \text{ мм}$
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 50.6 \text{ мм}, f'_s = 30.1 \text{ мм}$
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 25.2 \text{ мм}, f'_s = 40.6 \text{ мм}$
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 27.3 \text{ мм}, f'_s = 27.3 \text{ мм}$
<input type="checkbox"/>	$f'_m = 40.1 \text{ мм}, f'_s = 60.4 \text{ мм}$

Ответ: $f'_m = 27.3 \text{ мм}, f'_s = 27.3 \text{ мм}$.

Вопрос 15

Проанализировав ход лучей в проекционных системах, определите, в какой из них система освещения осуществлена правильно, учитывая, что источник имеет неравномерную яркость. Объектив 1 считать

тонким, входной зрачок находится на объективе, 2 - конденсор, D - диафрагма, Э - экран.



Ответ:

Вопрос 16

Проекционный объектив имеет относительное отверстие 1:2, $f' = 100$ мм, $\beta = -70$. Чему равна передняя апертура? Объектив считать тонким.

Ответ: 0.25.

Вопрос 17

Проекционный объектив имеет относительное отверстие 1:2, $f' = 70$ мм, $\beta = -70$. Чему равна длина системы? Объектив считать тонким. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	5041
<input type="checkbox"/>	4899
<input type="checkbox"/>	4970
<input type="checkbox"/>	5000

Ответ: 5041.

Вопрос 18

Проекционный аппарат имеет объектив с $f' = 250$ мм и диаметром входного зрачка $D = 20$ мм. Увеличение аппарата $\beta = -25$, предмет имеет размеры 60×90 мм², диаметр тела накала проекционной лампы 10 мм. Найти диаметр конденсора, считая, что диапозитив расположен вблизи конденсора. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	90,0
--------------------------	------

<input type="checkbox"/>	108,0
<input type="checkbox"/>	60,0
<input type="checkbox"/>	140,0

Ответ: 108,0.

Вопрос 19

Определить необходимую яркость источника света (в кд/м²) проекционной диакопической системы с $\beta = -100$, если освещенность экрана 100 лк. В качестве проекционного объектива используется объектив с $f' = 84.51$ мм и относительным отверстием 1:2. Коэффициент светопропускания принять равным $\tau = 0.2$. Укажите правильный ответ.

<input type="checkbox"/>	$2,6 \cdot 10^4$ кд/м ²
<input type="checkbox"/>	$2,6 \cdot 10^7$ кд/м ²
<input type="checkbox"/>	$2,6 \cdot 10^5$ кд/м ²
<input type="checkbox"/>	$2,6 \cdot 10^6$ кд/м ²

Ответ: $2,6 \cdot 10^7$ кд/м².

Вопрос 20

Экран с коэффициентом отражения $\rho = 0.8$ и размером 1000x1500 мм находится на расстоянии 3000 мм от установки для проекции слайдов 24x36 мм. Какую яркость будет иметь изображение, если используется лампа яркостью $6 \cdot 10^6$ кд/м² и объектив с относительным отверстием 1:4? Коэффициент пропускания установки принять равным 0.7.

Ответ: 39.7.

Вопрос 21

Передняя апертура конденсора $A_k = 0.7$ увеличение конденсора $\beta_k = -7$. Какой диаметр входного зрачка и угловое поле должен иметь проекционный объектив, если диаметр тела накала равен 10 мм?

<input type="checkbox"/>	$D=60$ мм, $2\omega=13^\circ$
<input type="checkbox"/>	$D=75$ мм, $2\omega=15^\circ$
<input type="checkbox"/>	$D=72$ мм, $2\omega=10^\circ$
<input type="checkbox"/>	$D=50$ мм, $2\omega=14^\circ$
<input type="checkbox"/>	$D=70$ мм, $2\omega=12^\circ$

Ответ: $D=70$ мм, $2\omega=12^\circ$.

Вопросы к экзамену

1. Оптические материалы и их характеристики.
2. Отражение от плоского зеркала.
3. Отражение от двух плоских зеркал
4. Плоскопараллельная пластинка.
5. Клин. Ахроматический клин.
6. Использование клиньев в качестве компенсаторов.
7. Отражательные призмы с одним отражением.
8. Отражательные призмы с двумя отражениями.
9. Отражательные призмы с тремя отражениями.
10. Расчет отражательных призм.
11. Призмы с крышей.
12. Призменные системы.
13. Сферические и несферические зеркала.
14. Анаберрационные зеркальные системы.
15. Анаберрационные точки сферической преломляющей поверхности.
16. Апланатические точки сферической преломляющей поверхности.
17. Апланатические линзы.
18. Монохроматические аберрации тонкой линзы.
19. Хроматические аберрации тонкой линзы.
20. Цилиндрические и торические линзы.
21. Линзы Френеля..
22. Аксиконы.
23. Единичный световод. Числовая апертура световода. Симметризация пучка лучей.
24. Потери света в световодах.
25. Передача изображения с помощью волоконной оптики.
26. Растры. Растровая осветительная система. Растровый экран.
27. Дифракционные линзы. Градиентная оптика.
28. Основные характеристики проекционных систем.
29. Оптические системы для диапроекции 1 вида.
30. Оптические системы для диапроекции 2 вида
31. Оптические системы для эпипроекции.
32. Объективы проекционных систем и их характеристики.
33. Типы конденсоров проекционных систем.
34. Расчет конденсоров на минимум сферической аберрации.
35. Строение глаза. Острота зрения.
36. Аккомодация. Адаптация.
37. Коррекция недостатков зрения.
38. Работа прибора совместно с глазом. Видимое увеличение.
39. Видимое увеличение лупы.
40. Видимое увеличение при фотографировании и проекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.Н. Теория оптических систем: Учебное пособие. 4-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2008. –446с.: ил.
2. Прикладная оптика: Учебное пособие / Л.Г.Бибчук и др.Под ред. Н.П. Заказнова. 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2007.—320с.: ил.

Базовые учебно-методические пособия:

3. Апенко М.И. Запрягаева Л.А., Свешникова И.С. Задачник по прикладной оптике. Учебное пособие. Издательство: Высшая школа, 2003, 592с.
4. Шредер Г., Трайбер Х. Техническая оптика. Серия: Мир физики и техники Издательство: Техносфера, 2006 г, 424 с.
5. Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем. М.: Машиностроение, 1992 –446 с.
6. Сборник задач по теории оптических систем. / Андреев Л.Н., Грамматин А.П. и др. М.: Машиностроение, 1987.
7. Прикладная оптика / Дубовик А.С., Апенко М.И. , Дурейко Г.В. и др. М.: Недра, 1982.
8. Верхотуров, О.П. Введение в вычислительную оптику / О.П. Верхотуров. - Новосибирск: СГГА, 1998. – 272 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	стр. 3
1. Планирование результатов обучения	стр. 4
2. Вопросы и задачи для самостоятельной работы	стр. 7
3. Контрольные работы	стр. 21
4. Письменные домашние задания	стр. 26
5. Рубежная аттестация	стр. 48
6. Обучающие тесты	стр. 53
7. Текущий тестовый контроль	стр. 79
8. Промежуточная аттестация	стр. 83
9. Вопросы к экзамену	стр. 89
Литература	стр. 90

СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007-2008 годы и успешно реализовал инновационную образовательную программу «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий», что позволило выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворять возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях науки. Реализация этой программы создала основу формирования программы дальнейшего развития вуза до 2015 года, включая внедрение современной модели образования.

ЧУРИЛОВСКИЙ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ



Чуриловский Владимир Николаевич (1898-1983) – первый декан оптического факультета ЛИТМО. Родился 25 мая 1898 года в Петербурге в семье типографского рабочего. В 1915 году успешно окончил реальное училище. Тяга к знаниям была огромной. Несмотря на скромное материальное положение, ему удалось начать учебу в Институте инженеров путей сообщения. Но в 1918 году после третьего курса он вынужден был прервать учебу и начать трудовую жизнь. Кем и где только Владимир не работал: городским механиком отдела коммунального хозяйства города

Чистополя, контролером лескома Абхазии, бухгалтером исполкома города Сухуми. Но желание продолжать учебу не ослабевало. В 1923 году ему удалось поступить в Техникум точной механики и оптики, который располагался в Демидовом переулке Петрограда. В 1925 году Владимир Николаевич закончил обучение и до 1979 года работал над теорией оптических приборов, достигнув огромных результатов.

В первые годы после окончания техникума Чуриловский трудился на заводе ГОМЗ им. ОГПУ (впоследствии ЛОМО им. В.И.Ленина) сначала старшим вычислителем, а с 1930 года – заведующим оптико-конструкторским отделом. Одновременно Владимир Николаевич начал преподавать. С 1926 года он вел занятия по теории оптических приборов в техникуме, который сам только что окончил.

Решением Главпромкадра при ВСНХ СССР в 1930 году техникум преобразовали в институт. В.Н. Чуриловского утвердили в должности профессора и заведующего кафедрой теории оптических приборов, которой он руководил 39 лет. С образованием оптического факультета Владимир Николаевич стал его первым деканом и проработал в этой должности с перерывами более 12 лет. Здесь раскрылся его педагогический талант и талант ученого.

Звание профессора В.Н. Чуриловскому было присвоено уже в 1935 году по кафедре теории оптических приборов. В 1947 году он успешно защитил

диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук, исследовав актуальную для теории и практики оптического приборостроения тему: "Введение поверхностей высших порядков в расчеты оптических систем". В 1966 году Владимиру Николаевичу было присвоено почетное звание "Заслуженный деятель науки и техники РСФСР".

Профессор В.Н. Чуриловский был одним из пионеров современной оптической промышленности, крупнейшим специалистом в области теории оптических приборов. Им опубликовано лично и в соавторстве свыше 200 научных трудов, он автор более 50 изобретений. Научно-техническое наследие Владимира Николаевича охватывает широкий диапазон теории оптических систем, абберационной коррекции оптических систем, астрономических систем, скоростных фото- и кинокамер. Из фундаментальных работ профессора В.Н. Чуриловского особое место занимают такие труды, как "Теория оптических приборов", "Оптехника", "Курс лекций и упражнений", "Расчет призменных систем на хроматизм", "Теория хроматизма и абберации третьего порядка".

Под руководством В.Н. Чуриловского защитили диссертации и стали ведущими специалистами Г.Н. Моторин, Л.В. Романова, В.Ю. Юхтанов, К.А. Хадилулин, Б.И. Тимофеев, М.И. Мирович, Г.К. Бесчастный. Среди учеников Владимира Николаевича - доктора наук и профессора М.М. Русинов, И.А. Турыгин, Д.Ю. Гальперн, Б.Н. Бегунов, И.А. Грейм и др.

Особую любовь снискал Владимир Николаевич среди студентов как выдающийся лектор-педагог, тонкий психолог и умелый воспитатель. Высоким был его авторитет в преподавательском коллективе института, а также у работников промышленности.

Он был разносторонне одаренным человеком, круг его интересов был необычайно широк. На протяжении всей жизни Владимир Николаевич занимался литературой, увлекался поэзией. Многие из написанных им 2000 стихотворений были напечатаны в газете "Кадры приборостроению". Он свободно владел немецким языком, а с английского и французского переводил без словаря.

Напряженная работа не могла не сказаться на состоянии здоровья профессора В.Н. Чуриловского. 10 марта 1953 года он оставил должность декана оптического факультета. В заявлении на имя директора института он написал: "С 20-го февраля тяжело болен нарушением мозгового и коронарного кровообращения и еще в течение некоторого времени не смогу приступить к своим обязанностям. Поэтому во избежание срыва работы деканата я прошу Вас, еще до моего выхода на работу после болезни освободить меня от обязанностей декана оптического факультета". Просьба Владимира Николаевича была удовлетворена, а в должности заведующего кафедрой теории оптических приборов он продолжал работать еще шестнадцать лет. В октябре 1969 года В.Н. Чуриловский вышел на пенсию, но с институтом и факультетом не расстался. Он продолжал работу в должности профессора-консультанта вплоть до февраля 1979 года.

11 ноября 1983 года Владимира Николаевича не стало. Ушел из жизни интеллигентный благороднейший человек, талантливый педагог, крупный ученый-оптик. После себя он оставил богатое научное наследие и целую плеяду выдающихся учеников. В том, что сегодня оптический факультет успешно решает задачи по подготовке квалифицированных инженеров-оптиков, умело продолжает совершенствовать учебный процесс - немалая заслуга этого замечательного человека.

О СЕБЕ САМОМ

Я крайности объединить могу:
Мои стихи и книги - в том порукой!
Я чувствую, что у меня в мозгу
Поэзия сплетается с наукой.
В уме моем границ меж ними нет.
Есть в интервалах джазовые ритмы,
Внедрилась кибернетика в сонет,
Поэмы превратились в алгоритмы.
Механика - и женское бедро!
Подумаешь - дыханье участится!
Поэзия вторгается в ядро
И вырывает тайну у частицы!
Как это так? Да это - не секрет.
Я признаюсь, немного удрученный:
Среди ученых я - почти поэт,
А среди поэтов - видимо, ученый!

Владимир Чуриловский – Учёный и Поэт



Для заметок

Цуканова Галина Ивановна, Багдасарова Ольга Васильевна,
Бахолдин Алексей Валентинович, Карпов Вячеслав Григорьевич,
Карпова Галина Васильевна

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Прикладная оптика». Часть 1.
Учебно-методическое пособие под редакцией профессора Шехонина А.А.

В авторской редакции
Компьютерный набор и верстка
Редакционно-издательский отдел СПбГУ ИТМО
Зав. РИО
Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99
Подписано к печати
Отпечатано на ризографе. Заказ №
Тираж 200 экз.

Е.С.Горина

Н.Ф. Гусарова

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского государственного
университета информационных
технологий, механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

