

Национальный технический университет «ХПИ»

Кафедра общей и экспериментальной физики

Расчетно-графические задания по курсу

«Оптические приборы неразрушающего контроля»

(для студентов-заочников)

Вариант № 1

1 Составить реферат на тему: «Основные свойства оптического излучения; оптические явления и эффекты, используемые в ОНК. Системы физических величин и единиц прикладной оптики»

2 Решить задачи.

2.1 Объяснить, почему свет от некоторого источника, проходя через отверстие, дает изображение этого отверстия на экране, помещенном за отверстием, если отверстие мало, и дает изображение этого отверстия, если оно велико.

2.2 Киноэкран площадью 12 м^2 равномерно освещен световым потоком 2400 лм. Найти яркость экрана, если его коэффициент диффузного отражения равен 0,8.

2.3 Определить относительное отверстие объектива, применяемого для фотосъемки в масштабе 2:1, позволяющее получить такую же освещенность в плоскости изображения, какая была при съемке в масштабе 1:2 при относительном отверстии равном $1/22$. Линейное увеличение в зрачках объектива равно 1.

2.4 Человек, стоящий на берегу пруда смотрит на камень, находящийся на его дне. Глубина пруда 1 м. На каком расстоянии от поверхности воды получится изображение камня, если луч зрения составляет с нормалью к поверхности воды угол 60° . Показатель преломления воды 1,33.

2.5 Найти видимое увеличение микроскопа, если оптическая длина тубуса 140 мм, видимое увеличение окуляра 10^\times и фокусное расстояние объектива 16 мм.

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В.Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Борн М., Волф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1973.
- 2 Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику. – М.: ВШ, 1991.
- 3 Базакуца В.А., Сук О.П. Фізичні величини та одиниці. – Харків: ХДПУ, 1998.

Вариант № 2

1 Составить реферат на тему: «Сравнительный анализ источников света, по их применениям в ОНК»

2 Решить задачи.

2.1 Лучи от Солнца падают на небольшое квадратное зеркало и после отражения падают на экран. Какую форму имеет освещенная часть экрана и как она меняется с изменением расстояния между зеркалом и экраном?

2.2 Фотоэлемент с диаметром светочувствительной поверхности 20 мм расположен от источника на расстоянии 0,6 м. Определить силу света источника, при которой на фотоэлемент упадет световой поток 0,087 лм. Угол падения лучей на поверхность фотоэлемента равен нулю.

2.3 Монохроматическое световое излучение с длиной волны 0,555 мкм (желто-зеленый цвет) имеет световой поток 1 лм. Найти поток энергии излучения с длиной волны 0,480 мкм (синий цвет), соответствующий такому же световому потоку. Воспользоваться таблицей зависимости относительной спектральной эффективности V_λ от длины волны λ (см., например, [7, с.184]), максимальную спектральную световую эффективность принять равной 680 лм/Вт.

2.4 Тонкий проекционный объектив образует на экране, расположенном справа от объектива на расстоянии 1,8 м действительное изображение высотой 100 мм. Вычислить фокусное расстояние объектива, если высота предмета 20 мм.

2.5 Видимое увеличение микроскопа ($-200\times$), окуляра $10\times$. Расстояние между предметом и изображением после объектива 192 мм. Каким должен быть диаметр апертурной диафрагмы, установленной в задней фокальной плоскости объектива, если диаметр выходного зрачка микроскопа 1,0 мм. Объектив и окуляр считать тонкими.

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В.Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Афанасьев В.А. Оптические измерения. – М.: ВШ, 1981.
- 2 Мешков В.В. Основы светотехники. – М.: Энергия, 1979.
- 3 Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику. – М.: ВШ, 1991.

Вариант № 3

1 Составить реферат на тему: «Человеческий глаз как оптическая система и приемник излучения. Методы и приборы контроля зрения»

2 Решить задачи.

2.1 Объяснить, почему в лунную ночь на поверхности моря видна лунная дорожка, а не изображение лунного диска.

2.2 Определить яркость листа белой бумаги с коэффициентом диффузного отражения 0,6, освещаемой лампой с силой света 100 кд, с расстояния 0,3 м. Угол падения лучей на освещаемую поверхность 30° .

2.3 Длина волны, на которую приходится максимум излучения черного тела, составляет 3 мкм. Определить поток энергии излучения, испускаемого этим телом, если его площадь 100 мм^2 . Во сколько раз изменится поток энергии излучения, если длина волны, на которую приходится максимум излучения, уменьшится в 1,5 раза?

2.4 Определить взаимное расположение тонкой линзы с фокусным расстоянием 100 мм, предмета и экрана, на который проецируется действительное изображение предмета с пятикратным увеличением.

2.5 Определить фокусное расстояние объектива микроскопа, имеющего видимое увеличение $(-400\times)$. Заднее фокусное расстояние окуляра 25 мм. Расстояние между предметом и его изображением после объектива 180 мм. Объектив считать тонким.

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В. Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.
- 7 Гуторов М.М. Сборник задач по основам светотехники. – М.: Энергия, 1977.

Дополнительная

- 1 Сивухин Д.В. Общий курс физики. Оптика. – М.: Наука, 1980.
- 2 Кравков С.В. Глаз и его работа. – М.: Изд-во АН СССР, 1950.

Вариант № 4

1 Составить реферат на тему: «Фотоприемные устройства. Общая схема энергетического расчета оптической информационной системы»

2 Решить задачи.

2.1 Если рассматривать удаленные предметы через призму, то, вообще говоря, они будут казаться искаженными. Одно из искажений состоит в том, что изображение вытянуто или сплюснуто в направлении, перпендикулярном к ребру призмы. Как надо держать призму, чтобы указанного искажения не было?

2.2 На каком расстоянии от бумаги нужно расположить источник с силой света 200 кд, чтобы при освещении бумаги получить ее яркость 40 кд/м²? Угол падения лучей на поверхность бумаги равен нулю, а коэффициент диффузного отражения бумаги 0,63.

2.3 Тепловой источник с температурой 2800 К излучает поток энергии излучения 122 Вт с площади 100 мм². Определить коэффициент излучения теплового источника.

2.4 Предмет высотой 12 мм проецируется объективом увеличителя в виде действительного изображения высотой 48 мм. Плоскость изображения находится на расстоянии 260 мм справа от плоскости предмета. Определить фокусное расстояние объектива, если расстояние между его главными плоскостями равно 10 мм.

2.5 Микроскоп снабжен объективом с линейным увеличением ($-40\times$) и окуляром с задним фокусным расстоянием 25 мм. При какой длине волны света возможно раздельное наблюдение для точек, находящихся на расстоянии 0,5 мкм, если диаметр выходного зрачка микроскопа 0,8 мм?

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В. Ключева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. – М.: Сов.радио, 1980
- 2 Соболева Н.А. и др. Фотоэлектронные приборы. – М.: Наука, 1965.
- 3 Верещагин И.К., Косяченко Л.А., Кокин С.М. Введение в оптоэлектронику. – М.: ВШ, 1991.

Вариант № 5

1 Составить реферат на тему: «Визуально-оптические приборы определения геометрии и качества объекта контроля»

2 Решить задачи.

2.1 Как с помощью двух стеклянных призм сконструировать «зрительную трубу» для рассматривания удаленных предметов, дающую им подобные изображения с произвольным увеличением?

2.2 На каком расстоянии над центром круга диаметром 20 см надо поместить источник света с постоянной силой света по всем направлениям 20 кд, чтобы на круг падал световой поток 10 лм?

2.3 Тонкий компонент оптической системы с диаметром 40 мм и задним фокусным расстоянием 200 мм проецирует отверстие абсолютно черного тела площадью 20 мм^2 на светочувствительную поверхность приемника. Температура источника 1500 К, коэффициент пропускания оптической системы 0,9. Определить поток энергии излучения, поступающий на приемник, если изображение отверстия черного тела меньше светочувствительной поверхности приемника.

2.4 Предмет размером 24 мм проецируется объективом увеличителя с негатива на фотобумагу в изображение размером 120 мм. Плоскость фотобумаги удалена от плоскости негатива на расстояние 370 мм. Определить фокусное расстояние объектива, если расстояние между его главными плоскостями равно 10 мм. Какова будет погрешность в определении фокусного расстояния, если объектив считать тонким?

2.5 В микроскопе имеющем видимое увеличение ($-150\times$), используется объектив с задним фокусным расстоянием 10 мм и окуляр с задним фокусным расстоянием 25 мм. Каково будет видимое увеличение микроскопа, если оптическую длину тубуса увеличить на 30 мм?

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В.Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Активный контроль размеров. / под ред. С.С.Волосова. – М.: Машиностроение, 1984.

Вариант № 6

1 Составить реферат на тему: «Приборы для ОНК шероховатости и микрогеометрии поверхности, в которых используются явления отражения и рассеяния света»

2 Решить задачи.

2.1 Если надеть очки, стекла которых имеют форму менисков с вогнутыми задними поверхностями, то часто наряду с обычными можно увидеть сильно уменьшенные прямые изображения ярких удаленных предметов. Объяснить это явление

2.2 Монохроматические световые потоки

$$\Phi_{\lambda_1} = \Phi_{\lambda_2} = \Phi_{\lambda_3} = 6800 \text{ лм.}$$

Определить потоки энергии этих излучений, если $\lambda_1 = 0,390$ мкм; $\lambda_2 = 0,555$ мкм; $\lambda_3 = 0,0,760$ мкм. Воспользоваться таблицей зависимости относительной спектральной эффективности V_λ от длины волны λ (см., например, [7, с.184]), максимальную спектральную световую эффективность принять равной 680 лм/Вт.

2.3 Максимальная сила света сигареты 2,5 мкд. Определить наибольшее расстояние, с которого можно заметить ночью огонек сигареты, если минимальный световой поток, регистрируемый глазом равен 0,1 плм, а диаметр зрачка глаза ночью 8 мм. Поглощением света в атмосфере пренебречь.

2.4 Определить размер и положение изображения после тонкой линзы (толщина равна нулю), имеющей радиусы кривизны поверхностей 100 мм и – 66,7 мм и изготовленной из стекла с показателем преломления 1,547, если предмет высотой 10 мм, расположен перед линзой на расстоянии 90 мм. Как изменятся размер и положение изображения, если толщина линзы равна 10 мм?

2.5 В металлографическом микроскопе используется объектив с задним фокусным расстоянием 16 мм и числовой апертурой 0,30, тубусная линза с задним фокусным расстоянием 250 мм и окуляр, имеющий увеличение 10^\times и линейное поле в пространстве изображений 18 мм. Найти диаметр выходного зрачка микроскопа и линейное поле.

Литература

Основная

- 2 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 3 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В.Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 4 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 5 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 6 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 7 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Кучина А.А., Обрадович К.А. Оптические приборы для измерения шероховатости поверхности. – Л.: Машиностроение, 1981.

Вариант № 7

1 Составить реферат на тему: «Интерференционные методы и приборы для ОНК шероховатости и микрогеометрии поверхности»

2 Решить задачи.

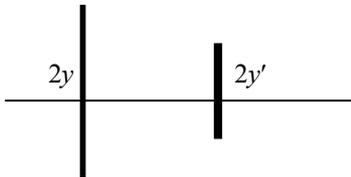
2.1 Как должен быть устроен глаз животного, чтобы оно могло одинаково хорошо видеть удаленные предметы в воздухе и в воде без изменения аккомодации?

2.2 Монохроматические потоки энергии излучений

$$\Phi_{e\lambda_1} = \Phi_{e\lambda_2} = \Phi_{e\lambda_3} = 100 \text{ Вт.}$$

Определить световые потоки этих излучений, если $\lambda_1 = 0,400 \text{ мкм}$; $\lambda_2 = 0,555 \text{ мкм}$; $\lambda_3 = 0,0,740 \text{ мкм}$. Воспользоваться таблицей зависимости относительной спектральной эффективности V_λ от длины волны λ (см., например, [7, с.184]), максимальную спектральную световую эффективность принять равной 680 лм/Вт.

2.3 Тепловой источник диаметром 1 м имеет температуру 1000 °С и коэффициент излучения 0,4. На расстоянии 1 км от источника расположена оптическая система, регистрирующая его излучение. Определить диаметр входного зрачка оптической системы, при котором в систему будет поступать поток энергии излучения 63 мВт. Коэффициент пропускания атмосферы равен 0,6.



2.4 Тонкая оптическая система, расположенная в воздухе, изображает предмет, имеющий размер $2y$ в виде отрезка $2y'$ (рис). Определить графически фокусное расстояние этой системы в случае, когда $2y'$ – действительное изображение предмета.

мета.

2.5 В биологическом микроскопе используются объектив $40\times 0,65$, и окуляр: $6,3\times$, линейное поле в пространстве изображений 22 мм. Определить диаметр выходного зрачка микроскопа и его линейное поле.

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В.Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.
- 7 Гуторов М.М. Сборник задач по основам светотехники. – М.: Энергия, 1977.

Дополнительная

- 1 Коломийцов Ю.В. Интерферометры. – Л.: Машиностроение, 1976.
- 2 Кучина А.А., Обрадович К.А. Оптические приборы для измерения шероховатости поверхности. – Л.: Машиностроение, 1981.

Вариант № 8

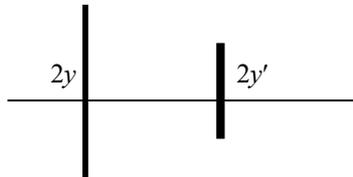
1 Составить реферат на тему: «Интраскопы в оптической структуроскопии. Виды и принципы работы электронных преобразователей изображения»

2 Решить задачи.

2.1 Доказать, что если линза находится перед глазом и движется в сторону, наблюдателю кажется, что предмет, рассматриваемый через линзу, движется в ту же сторону, что и линза, если линза – рассеивающая, и в противоположную, если линза – собирающая.

2.2 Две одинаковые грани белой призмы под равными углами облучаются однородными потоками энергии излучения $\Phi_{e\lambda_1}$ и $\Phi_{e\lambda_2}$ ($\lambda_1 = 0,5$ мкм, $\lambda_2 = 0,45$ мкм) и имеют одинаковые яркости в условиях дневного зрения. Если $\Phi_{e\lambda_1} = 10$ Вт, то чему равен поток $\Phi_{e\lambda_2}$?

2.3 Солнце имеет температуру 6000 К и излучает как черное тело. Определить энергетическую освещенность, создаваемую Солнцем на поверхности Земли, если угловой размер Солнца для земного наблюдателя равен 0,009 рад, а коэффициент пропускания атмосферы 0,75. Найти освещенность от Солнца на поверхности Земли, если световая эффективность излучения Солнца равна 84 лм/Вт.



2.4 Тонкая оптическая система, расположенная в воздухе, изображает предмет, имеющий размер $2y$ в виде отрезка $2y'$ (рис). Определить графически фокусное расстояние этой системы в случае, когда $2y'$ – мнимое изображение предмета.

2.5 Тонкая линза диаметром 20 мм имеет фокусное расстояние 50 мм. Позади линзы на расстоянии 20 мм установлена диафрагма диаметром 10 мм. Найти диаметры входного и выходного зрачков, если предметная плоскость расположена в бесконечности.

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В.Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Кривовяз Л.М. и др. Практика оптической измерительной лаборатории. – М.: Машиностроение, 1976.

Вариант № 9

1 Составить реферат на тему: «Поляризационно-оптические методы и приборы для ОНК внутренних напряжений»

2 Решить задачи.

2.1 Яркий источник можно сфотографировать, поместив между ним и фотопластинкой гладкий непрозрачный шар. Объяснить явление. Можно ли шар заменить диском?

2.2 Падающий на сетчатку глаза поток энергии монохроматического излучения ($\lambda = 491$ нм), вызывающий пороговое ощущение света в условиях сумеречного зрения, равен 32,2 мВт. Определить число фотонов, падающих на сетчатку глаза в секунду в этих условиях.

2.3 Тепловой источник в форме шарика диаметром 20 мм, имеющий температуру 1727 °С, облучает термоэлемент с площадью светочувствительной поверхности 100 мм² с расстояния 560 мм. Определить коэффициент излучения теплового источника, если на светочувствительную поверхность термоэлемента поступает поток энергии излучения 0,01 Вт.

2.4 Плосковыпуклая линза, изготовленная из стекла с показателем преломления 1,5, изображает предмет, находящийся перед ней на расстоянии 240 мм, за второй поверхностью на расстоянии 400 мм. Вычислить линейное увеличение, с которым действует линза, фокусное расстояние и оптическую силу.

2.5 Телеобъектив состоит из двух тонких компонентов, расположенных на расстоянии 120 мм. Фокусное расстояние первого компонента 200 мм, второго (– 100 мм). Посередине между компонентами установлена апертурная диафрагма диаметром 70 мм. Определить положение входного зрачка телеобъектива относительно первого компонента и выходного – относительно второго. Найти линейное увеличение в зрачках.

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В. Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Александров А.Я., Ахметзянов М.Х. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела. – М.: Наука, 1973

Вариант № 10

1 Составить реферат на тему: «Контроль параметров тонких пленок с помощью эллипсометрии. Принцип работы эллипсометра»

2 Решить задачи.

2.1 Объяснить, почему два одинаковых фонаря, находящихся на разных, но небольших расстояниях, часто кажутся нам одинаково яркими. Всегда ли это справедливо и когда наблюдаются отступления?

2.2 Монохроматический поток энергии излучения на длине волны 0,7 мкм равен 10 Вт. Определить цвет этого излучения и число фотонов, излучаемых в 1 мин.

2.3 Объектив следящей системы, имеющей заднее фокусное расстояние 160 мм, диаметр входного зрачка 40 мм и коэффициент пропускания 0,8, регистрирует объекты на фоне дневного неба яркостью 10^4 кд/м². Коэффициент пропускания атмосферы равен 0,8. Определить диаметр светочувствительной поверхности приемника, установленной в задней фокальной плоскости объектива, и угловое поле системы в пространстве предметов, если световой поток, поступающий от неба на приемник, составляет 0,1 лм.

2.4 Объектив состоит из двух одинаковых линз, обращенных к предмету выпуклыми поверхностями; толщина каждой линзы 6 мм. Линзы изготовлены из стекла с показателем преломления 1,5, фокусное расстояние объектива 79 мм, расстояние от задней главной точки второй линзы до заднего фокуса системы 71 мм. Вычислить фокусное расстояние линзы и расстояние между линзами.

2.5 Тонкий компонент с фокусным расстоянием 100 мм используется в качестве объектива зрительной трубы. Предметная плоскость расположена в бесконечности. Перед объективом на расстоянии 20 мм расположена апертурная диафрагма диаметром 15 мм. Определить диаметр выходного зрачка и его расстояние от объектива. Найти световой диаметр объектива для углового поля 12° при отсутствии виньетирования.

Литература

Основная

- 1 ДСТУ 3651-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин.
- 2 Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. /Под ред. В.В.Клюева. Кн.1. – М.: Машиностроение, 1986.
- 3 Справочник технолога оптика./Под ред. С.М.Кузнецова. – Л.: Машиностроение, 1983.
- 4 Апенко М.И., Дубовик А.С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1982.
- 5 Бегунов Б.Н. и др. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1981.
- 6 Андреев Л.Н. и др. Сборник задач по теории оптических систем. – М.: Машиностроение, 1987.

Дополнительная

- 1 Горшков М.М. Эллипсометрия. – М.: Сов.радио, 1974