

## Оптика (С4, В4) 2005

1. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оцените предельный размер пятна, если при фокусном расстоянии объектива 50 мм и диаметре входного отверстия 5 мм резкими оказались все предметы далее 5 м. Ответ:  $\delta = 0,05$  мм

2. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Определите это расстояние, если фокусное расстояние объектива 50 мм, а «относительное отверстие» (отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива)  $\alpha = 4$ . Ответ:  $d = 12,5$  м.

3. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . При каком «относительном отверстии» («относительное отверстие» – это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива) резкими будут все предметы далее 12,5 м? Фокусное расстояние объектива 50 мм. Ответ:  $\alpha = 4$

4. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Найдите фокусное расстояние объектива, если при «относительном отверстии»  $\alpha = 4$  («относительное отверстие» – это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива) резкими оказались все предметы далее 12,5 м. Ответ:  $F = 50$  мм.

5. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оцените предельный размер пятна, если при «относительном отверстии»  $\alpha = 4$  («относительное отверстие» – это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива) резкими оказались все предметы далее 12,5 м. Фокусное расстояние объектива 50 мм. Ответ:  $\delta = 0,05$  мм.

6. Объективы современных фотоаппаратов имеют переменное фокусное расстояние. При изменении фокусного расстояния «наводка на резкость» не сбивается. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оказалось, что это расстояние равно 5 м, если фокусное расстояние объектива 50 мм. Как изменится это расстояние, если, не меняя «относительного отверстия» («относительное отверстие» – это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива) изменить фокусное расстояние объектива до 25 мм? При расчетах считать объектив тонкой линзой. Ответ:  $d_2 = d_1 F_2^2 / F_1^2 = 1,25$  м.

7. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому, если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Объектив имеет переменное фокусное расстояние. При этом расстояние, на которое он настроен (в данном случае  $\infty$ ), не изменяется. При «относительном отверстии»  $\alpha = 4$  («относительное отверстие» – это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива) минимальное расстояние, на котором предметы получают резкими, меняется (при изменении фокусного расстояния объектива) от 12,5 м до 50 м. В каком диапазоне изменяется фокусное расстояние объектива? При расчетах считать объектив тонкой линзой.

Ответ:  $F_2 = \sqrt{\delta \alpha d_2} = 0,1$  м

8. В сосуде на поверхности воды плавает тонкая легкая плосковыпуклая линза выпуклой стороной вверх (см. рисунок). Фокусное расстояние линзы в воздухе  $F$ . Показатель преломления воды равен  $n$ . Действительное изображение точечного источника  $S$ , расположенного на дне сосуда, находится в воздухе на расстоянии  $L$  от линзы на ее главной оптической оси. Найти высоту  $h$  уровня воды в сосуде.

Ответ:  $h = nLF / (L - F)$

9. В сосуде на поверхности воды плавает тонкая легкая плосковыпуклая линза выпуклой стороной вверх (см. рисунок). Фокусное расстояние линзы в воздухе  $F$ . Высота уровня воды в сосуде  $h$ . Изображение точечного источника света  $S$ , расположенного на расстоянии  $L$  от линзы на ее главной оптической оси, находится на дне

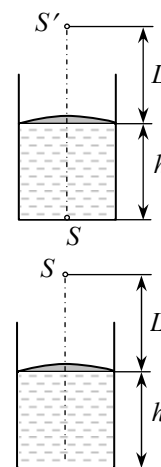
сосуда. Найти показатель преломления воды. Считать, что  $L > F$ . Ответ:  $n = h \cdot \frac{L - F}{LF}$

10. В сосуде на поверхности воды плавает тонкая легкая плосковыпуклая линза выпуклой стороной вверх (см. рисунок к задаче 9). Фокусное расстояние линзы в воздухе  $F$ . Показатель преломления воды равен  $n$ . Высота уровня воды в сосуде  $h$ . На каком расстоянии  $L$  от линзы на ее главной оптической оси нужно расположить точечный

источник света  $S$ , чтобы его изображение находилось на дне сосуда? Ответ:  $L = \frac{hF}{h - Fn}$

11. В сосуде на поверхности воды плавает тонкая легкая плосковыпуклая линза выпуклой стороной вверх (см. рисунок к задаче 9). Показатель преломления воды равен  $n$ . Высота уровня воды в сосуде  $h$ . Изображение точечного источника света  $S$ , расположенного на расстоянии  $L$  от линзы на ее главной оптической оси, находится на дне сосуда. Найти фокусное

расстояние линзы в воздухе. Ответ:  $F = \frac{hL}{h + Ln}$



12. На оси  $OX$  в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой рассеивающей линзы, а в точке  $x_2 = 20$  см — тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_2 = 20$  см. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси  $OX$ . На рассеивающую линзу по оси  $OX$  падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя данную оптическую систему, лучи собираются в точке с координатой  $x_3 = 60$  см. Найдите фокусное расстояние собирающей линзы. Ответ:  $F_1 = -20$  см.
13. На оси  $OX$  в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = -20$  см, а в точке  $x_2 = 20$  см — тонкой собирающей линзы. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси  $OX$ . На рассеивающую линзу по оси  $OX$  падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя данную оптическую систему, лучи собираются в точке с координатой  $x_3 = 60$  см. Найдите фокусное расстояние собирающей линзы. Ответ:  $F_2 = 20$  см.
14. На оси  $OX$  в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = 30$  см, а в точке  $x_2 = 15$  см — тонкой рассеивающей линзы. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси  $OX$ . На собирающую линзу по оси  $OX$  падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя данную оптическую систему, пучок остается параллельным. Найдите фокусное расстояние рассеивающей линзы. Ответ:  $F_2 = -15$  см.
15. На оси  $OX$  в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = 30$  см, а в точке  $x_2 > 0$  — тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F_2 = -20$  см. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси  $OX$ . На собирающую линзу по оси  $OX$  падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя данную оптическую систему, пучок остается параллельным. Найдите расстояние между линзами. Ответ:  $x_2 - x_1 = 10$  см.
16. На оси  $OX$  в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой собирающей линзы, а в точке  $x_2 = 20$  см — тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F_2 = -20$  см. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси  $OX$ . На собирающую линзу по оси  $OX$  падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя данную оптическую систему, пучок остается параллельным. Найдите фокусное расстояние собирающей линзы. Ответ:  $F_1 = 40$  см.
17. Линза с фокусным расстоянием 30 см создает на экране изображение предмета, увеличенное в 3 раза. Найдите расстояние от предмета до линзы. Ответ: 40 см.
18. Параллельный световой пучок падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 8 см и оптической силой 4 дптр (см. рисунок). Экран расположен на расстоянии 10 см за линзой. Определите диаметр светлого пятна, созданного линзой на экране. Ответ: 4,8 см.
19. Параллельный световой пучок падает нормально на тонкую собирающую линзу. На расстоянии 20 см от нее находится рассеивающая линза (см. рисунок). Оптическая сила собирающей линзы 2,5 дптр, а у рассеивающей она равна  $-5$  дптр. Диаметр линз равен 8 см. Экран расположен на расстоянии  $L = 30$  см от рассеивающей линзы. Каков диаметр светлого пятна, создаваемого линзами на экране? Ответ: 4 см.
20. Дифракционная решетка, период которой 10 мкм, расположена параллельно экрану на расстоянии 2 м от него. Дифракционную решетку освещают перпендикулярно падающим светом длиной волны 600 нм. Определите расстояние на экране от центра дифракционной картины до максимума второго порядка. Считать, что  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi$ . Ответ дать в сантиметрах с точностью до целых. Ответ: 24 см.
21. Дифракционная решетка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,25 м от него и освещена нормально падающим пучком света длиной волны 600 нм. Определите расстояние между вторыми дифракционными максимумами справа и слева от центрального (нулевого). Считать, что  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi$ . Ответ: 30 см.
22. Дифракционная решетка, имеющая 100 штрихов на 1 мм, расположена параллельно экрану на расстоянии 2,4 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 43,2 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим пучком света длиной волны 600 нм? Считать, что  $\operatorname{tg} \alpha \approx \sin \alpha$ . Ответ: 3.
23. Дифракционная решетка, имеющая 200 штрихов на 1 мм, расположена параллельно экрану на расстоянии 1,25 м от него и освещается нормально падающим пучком света длиной волны 500 нм. Определите расстояние между вторыми дифракционными максимумами справа и слева от центрального (нулевого). Считать, что  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi$ . Ответ: 50 см.
24. Дифракционная решетка, имеющая 400 штрихов на 1 мм, расположена параллельно экрану на расстоянии 2,5 м от него и освещается нормально падающим пучком света длиной волны 500 нм. Расстояние от центра экрана до его края равно 2,5 м. Какой наибольший порядок дифракционного максимума можно наблюдать на экране? Центры решетки и экрана расположены на прямой, вдоль которой идет луч, падающий на решетку. Ответ: 3.
25. Линза, фокусное расстояние которой 20 см, дает на экране изображение предмета с четырехкратным увеличением. Экран подвинули к линзе вдоль ее главной оптической оси на 40 см. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. На сколько сместили предмет относительно его первоначального положения? Каково увеличение во втором случае? Ответ: 5 см,  $\Gamma = 2$ .
26. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с четырехкратным увеличением. Предмет передвинули на 1 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули экран, чтобы изображение снова стало резким. В этом новом положении увеличение оказалось трехкратным. На сколько пришлось передвинуть экран относительно его первоначального положения? Ответ: 12 см.
27. Линза, фокусное расстояние которой 12 см, дает на экране изображение предмета с четырехкратным увеличением. Экран передвинули вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом новом положении увеличение оказалось трехкратным. На сколько сместили предмет относительно его первоначального положения? Ответ: 1 см.
28. Параллельный световой пучок падает нормально на тонкую собирающую линзу оптической силой 4 дптр и диаметром 6 см (см. рисунок к задаче 18). Экран освещен неравномерно. Выделяется более освещенная часть (в форме кольца). Рассчитайте внутренний и внешний диаметры светлого кольца, создаваемого на экране. Экран находится от линзы на расстоянии 60 см. Ответ: 6 см; 8,4 см.
29. Параллельный световой пучок падает нормально на тонкую собирающую линзу. На расстоянии 20 см от нее находится рассеивающая линза (см. рисунок к задаче 19). Оптическая сила собирающей линзы 5 дптр, фокусное расстояние рассеивающей 30 см. Диаметр линз равен 6 см. Каким должно быть расстояние от рассеивающей линзы до экрана, чтобы экран был освещен равномерно? Ответ: 20 см.

