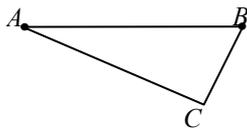
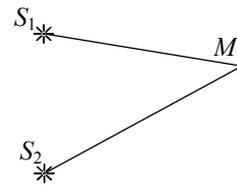


4. Оптика.

1. Когерентные источники света S_1 и S_2 находятся в среде с показателем преломления $n = 1,5$ (см. рисунок). Геометрическая разность хода испускаемых ими лучей в точке M , где наблюдается второй интерференционный минимум, равна $\Delta = 0,06$ мкм. Определите частоту источников света.

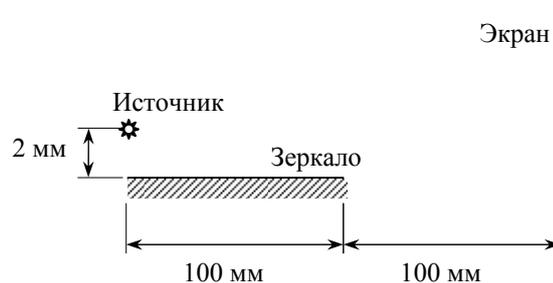
Ответ: $5 \cdot 10^{15}$ Гц.



2. На плоскости распространяются волны от двух когерентных источников A и B , расположенных на концах гипотенузы прямоугольного треугольника (см. рисунок). В точке C наблюдается максимум амплитуды колебаний. Стороны треугольника значительно больше длины волны. На какое минимальное расстояние и в каком направлении необходимо сместить точку C , чтобы достичь минимума амплитуды колебаний?

Длина волны равна λ . Ответ: $r = \frac{\sqrt{2}}{4} \lambda$.

3. Монохроматический источник света в оптической системе, представленной на рисунке, излучает свет с длиной волны 500 нм. Чему равно расстояние между двумя ближайшими светлыми полосами на экране? Ответ: 0,025 мм.



4. Какова максимальная ширина интерференционной картины, которая может наблюдаться

на экране в оптической системе, представленной на рисунке? Ответ: 200 мм.



5. На поверхность стеклянной призмы с показателем преломления 1,6 нанесена пленка толщиной 150 нм с показателем преломления 1,45. Для какой длины волны λ_1 видимого света коэффициент отражения будет максимальным? Для какой длины волны λ_2 инфракрасного излучения эта пленка будет просветляющей? Ответ: $\lambda_1 = 435$ нм, $\lambda_2 = 870$ нм.

6. Свет частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц падает нормально на систему из двух параллельных полупрозрачных зеркал. При каком расстоянии между

зеркалами будет наблюдаться первый интерференционный минимум в отраженных лучах? В проходящем свете?

Ответ: $l_1 = l_2 = 150$ нм.

7. Вы светите лазерной указкой на стену противоположного дома. Оцените диаметр пятна (границы пятна оцениваются из условия, что в области пятна лучи, идущие от различных участков источника, не «гасят» друг друга), если расстояние до дома $L = 100$ м, диаметр выходного пучка лазера $d = 3$ мм, а длина волны $\lambda = 600$ нм. Ответ: $D = L\lambda/d = 2$ см.

8. На оси OX в точке $x_1 = 0$ находится тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $f_1 = -20$ см, а в точке $x_2 = 20$ см — тонкая собирающая линза 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 $x < 0$. Найдите координату x точки (в см), в которой соберется этот пучок, пройдя данную оптическую систему. Ответ: $x = 60$ см.

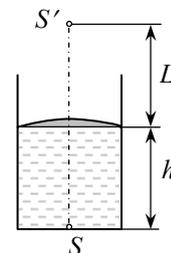
9. На оси OX в точке $x_1 = 0$ находится тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $f_1 = -20$ см, а в точке $x_2 = 20$ см — тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f_2 = 30$ см. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси OX . Свет от точечного источника S , расположенного в точке $x < 0$, пройдя данную оптическую систему, распространяется параллельным пучком. Найдите координату x (в см) точечного источника S . Ответ: $x = -20$ см.

10. На оси OX в точке $x_1 = 0$ находится тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f = 30$ см, а в точке $x_2 > 0$ — плоское зеркало, перпендикулярное оси OX . Главная оптическая ось линзы лежит на оси OX . На собирающую линзу по оси OX падает параллельный пучок света из области $x < 0$. Пройдя оптическую систему, пучок остается параллельным. Найти расстояние l от линзы до зеркала. Ответ: $l = 30$ см.

11. 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.

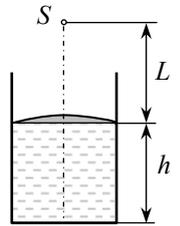
12. Объективы современных фотоаппаратов имеют переменное фокусное расстояние. При изменении фокусного расстояния «наводка на резкость» не сбивается. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром 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.

13. 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 ∞), 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.



14. 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: $h = nLF/(L - F)$.



15. 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

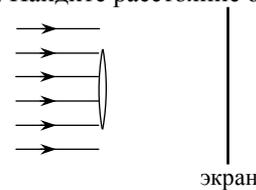
сосуда. Найти показатель преломления воды. Считать, что $L > F$. Ответ: $n = h \cdot \frac{L - F}{LF}$.

16. 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 рассеивающей линзы. Ответ: $F_1 = -20$ см.

17. 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.

18. Линза с фокусным расстоянием 30 см создает на экране изображение предмета, увеличенное в 3 раза. Найдите расстояние от предмета до линзы. Ответ: 40 см.

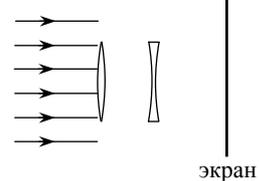
19. Параллельный световой пучок падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 8 см и оптической силой 4 дптр (см. рисунок). Экран расположен на расстоянии 10 см за линзой.



Определите диаметр светлого пятна, созданного линзой на экране. Ответ: 4,8 см.

20. 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.



21. 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 $\text{tg } \varphi \approx \sin \varphi$. Ответ дать в сантиметрах с точностью до целых. Ответ: 24 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 $\text{tg } \alpha \approx \sin \alpha$. 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 $\text{tg } \varphi \approx \sin \varphi$. 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 сдвинули 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 сдвинули 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 19). 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 20). 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.

30. Мыльная пленка представляет собой тонкий слой воды, на поверхности которой находятся молекулы мыла, обеспечивающие механическую устойчивость и не влияющие на оптические свойства пленки. Мыльная пленка натянута на квадратную рамку со стороной $d = 2,5$ см. Две стороны рамки расположены горизонтально, а две другие — вертикально. Под действием силы тяжести пленка приняла форму клина (см. рисунок), утолщенного внизу, с углом при вершине $\alpha = 2 \cdot 10^4$ рад. При освещении квадрата параллельным пучком света лазера, падающим перпендикулярно пленке, часть света отражается от нее, образуя на ее поверхности интерференционную картину,



состоящую из 20 горизонтальных полос. Чему равна длина волны излучения лазера в воздухе, если показатель преломления воды равен $4/3$? Ответ: 666 нм.

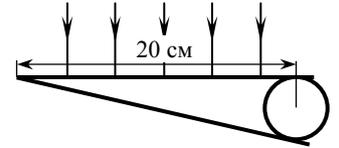
31. На поверхности воды плавает надувной плот шириной 4 м и длиной 6 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. На какой максимальной глубине под плотом должна находиться маленькая рыбка, чтобы ее не увидели плавающие вокруг плота хищники? Глубиной погружения плота, рассеиванием света водой и его отражением от дна водоема пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $4/3$.

Ответ: $2\sqrt{7}/3 \approx 1,76$ м.

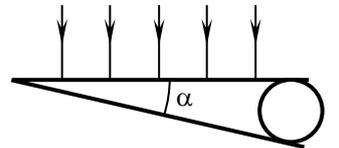
32. Под медленно движущимся кораблем с вертикальными бортами плывет разведчик в легком водолазном костюме. Ширина корабля 4 м, глубина погружения его днища 1,5 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. На каком максимальном расстоянии от днища корабля должен держаться разведчик, чтобы его не могли увидеть находящиеся вокруг другие водолазы? Рассеиванием света водой и размерами разведчика пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $4/3$. Ответ: $2\sqrt{7}/3 \approx 1,76$ м.

33. На поверхности воды плавает надувной плот длиной 6 м. Небо затянуто сплошным облачным покровом, полностью рассеивающим солнечный свет. Под центром плота на глубине 2,3 м плавает маленькая рыбка. При какой минимальной ширине плота рыбку не видят плавающие вокруг хищники? Глубиной погружения плота и рассеиванием света водой пренебречь. Показатель преломления воды относительно воздуха принять равным $4/3$. Ответ: $2 \cdot 2,3 \cdot 3 / \sqrt{7} \approx 5,2$ м.

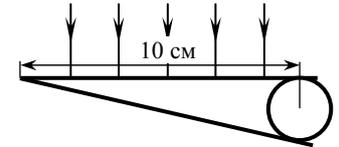
34. Между краями двух хорошо отшлифованных тонких плоских стеклянных пластинок помещена тонкая проволочка диаметром 0,05 мм; противоположные концы пластинок плотно прижаты друг к другу (см. рисунок). Расстояние от проволочки до линии соприкосновения пластинок равно 20 см. На верхнюю пластинку нормально к ее поверхности падает монохроматический пучок света. Определите длину волны света, если на 1 см длины клина наблюдается 10 интерференционных полос. Ответ: 500 нм.



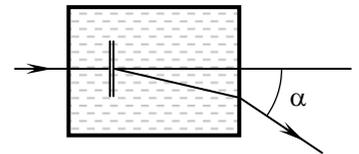
35. Между краями двух хорошо отшлифованных тонких плоских стеклянных пластинок помещена тонкая проволочка, противоположные концы пластинок плотно прижаты друг к другу (см. рисунок). На верхнюю пластинку нормально к ее поверхности падает монохроматический пучок света длиной волны 600 нм. Определите угол α , который образуют пластинки, если расстояние между наблюдаемыми интерференционными полосами равно 0,6 мм. Считать $\text{tg } \alpha \approx \alpha$. Ответ: $5 \cdot 10^{-4}$ рад.



36. Между краями двух хорошо отшлифованных тонких плоских стеклянных пластинок помещена тонкая проволочка диаметром 0,06 мм; противоположные концы пластинок плотно прижаты друг к другу (см. рисунок). На верхнюю пластинку нормально к ее поверхности падает монохроматический пучок света длиной волны 600 нм. Определите расстояние между двумя соседними интерференционными полосами, если длина пластинки 10 см. Ответ: 0,5 мм.



37. Дифракционная решетка имеет расстояние между штрихами 1 мкм. Она находится в прямоугольной кювете, заполненной водой, и располагается параллельно боковой стенке кюветы. Луч света, длина волны которого 0,5 мкм, падает перпендикулярно стенке кюветы, проходит через решетку и выходит из кюветы. Под каким углом α выходит луч, образующий первый дифракционный максимум? Ответ: 30° .

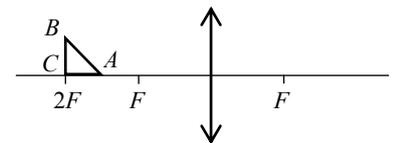


38. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Предмет находится на главной оптической оси, а плоскость экрана перпендикулярна этой оси. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. Определите фокусное расстояние линзы. Ответ: 15 см.

39. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Предмет передвинули вдоль главной оптической оси линзы. Затем экран при неизменном положении линзы передвинули на 30 см, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. На сколько передвинули предмет? Ответ: 2 см.

40. Линза, фокусное расстояние которой 15 см, дает на экране изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. На сколько пришлось сдвинуть предмет относительно его первоначального положения? Ответ: 2 см.

41. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью 50 см^2 расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы 50 см. Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A . Расстояние от центра линзы до точки C равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника ABC и найдите площадь получившейся фигуры. Ответ: $62,5 \text{ см}^2$.



42. В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30° . Свая отбрасывает на дно водоема тень длиной 0,75 м. Определите высоту сваи. Показатель преломления воды $n = 4/3$. Ответ: ≈ 2 м.

43. В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30° . Определите длину тени сваи на дне водоема. Показатель преломления воды $n = 4/3$. Ответ: $\approx 0,8$ м.

44. В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, скрытая под водой. Высота сваи 2 м. Свая отбрасывает на дно водоема тень длиной 0,75 м. Определите угол падения солнечных лучей на поверхность воды. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

Ответ: $\arcsin \frac{4}{\sqrt{73}} \approx 28^\circ$.