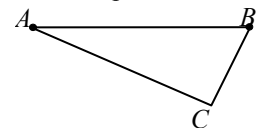
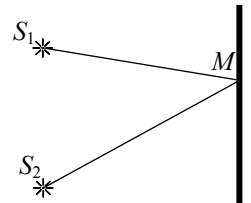


C4, B4. Оптика, квантовая физика

- Атом мюония состоит из неподвижного протона и отрицательно заряженного мюона массой $m = 206m_e$, где m_e — масса электрона, и зарядом, равным заряду электрона e . Для ближайшей к протону орбиты мюона выполняется условие квантования $2\pi rp = h$, где r — радиус орбиты, p — импульс мюона, h — постоянная Планка. Найдите кинетическую энергию мюона на этой орбите. Ответ: $E_{\text{кин}} = 2\pi^2 k^2 m e^4 / h^2 = 4,5 \cdot 10^{-16}$ Дж = 2,8 кэВ.
- Атом мюония состоит из неподвижного протона и отрицательно заряженного мюона массой $m = 206m_e$, где m_e — масса электрона, и зарядом, равным заряду электрона e . Для ближайшей к протону орбиты мюона выполняется условие квантования $2\pi rp = h$, где r — радиус орбиты, p — импульс мюона, h — постоянная Планка. Найдите импульс мюона на этой орбите. Ответ: $p = 2\pi k m e^2 / h = 4,1 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с.
- Атом мюония состоит из неподвижного протона и отрицательно заряженного мюона массой $m = 206m_e$, где m_e — масса электрона, и зарядом, равным заряду электрона e . Для ближайшей к протону орбиты мюона выполняется условие квантования $2\pi rp = h$, где r — радиус орбиты, p — импульс мюона, h — постоянная Планка. Найдите скорость мюона на этой орбите. Ответ: $v = 2\pi k e^2 / h = 2,19 \cdot 10^6$ м/с.
- Атом мюония состоит из неподвижного протона и отрицательно заряженного мюона массой $m = 206m_e$, где m_e — масса электрона, и зарядом, равным заряду электрона e . Для ближайшей к протону орбиты мюона выполняется условие квантования $2\pi rp = h$, где r — радиус орбиты, p — импульс мюона, h — постоянная Планка. Найдите радиус этой орбиты. Ответ: $r = h^2 / (4\pi^2 k m e^2) = 2,5 \cdot 10^{-13}$ м.
- Атом позитрония состоит из электрона и позитрона, обращающихся вокруг их общего неподвижного центра масс. Позитрон имеет массу, равную массе электрона, и заряд, противоположный заряду электрона. Для орбиты движения частиц с минимальным радиусом выполняется условие квантования $\pi r p = h$, где r — радиус орбиты, p — импульс электрона или позитрона, h — постоянная Планка. Найдите радиус этой орбиты. Ответ: $r = 4h^2 / (\pi^2 k m e^2) \approx 8,42 \cdot 10^{-10}$ м.
- 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.
- 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?

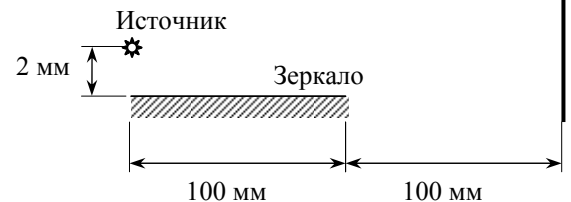


Длина волны равна λ . Ответ: $r = \frac{\sqrt{2}}{4} \lambda$

- На плоскости распространяются волны от двух когерентных источников A и B , расположенных на концах гипотенузы прямоугольного треугольника (см. рисунок к предыдущей задаче). В точке C наблюдается максимум амплитуды колебаний. Стороны треугольника значительно больше длины волны. Известно, что ближайшая точка плоскости, в которой наблюдается минимум амплитуды колебаний, расположена на расстоянии r от точки C . Найдите длину волны.

Ответ: $\lambda = 2r \cdot \sqrt{2}$

- 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
- Какова максимальная ширина интерференционной картины,



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



- 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

- 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.

- 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.
- Вы светите лазерной указкой на стену противоположного дома. Оцените расстояние до дома, если диаметр пятна на стене $D = 20$ см (границы пятна оцениваются из условия, что в области пятна лучи, идущие от различных участков источника, не «гасят» друг друга), диаметр выходного пучка лазера $d = 3$ мм, а длина волны $\lambda = 600$ нм. Ответ: $L = dD/\lambda = 1000$ м.
- Вы светите лазерной указкой на стену противоположного дома. Оцените длину волны лазера, если диаметр пятна на стене $D = 2$ см, диаметр выходного пучка лазера $d = 3$ мм, а расстояние до дома $L = 100$ м (границы пятна оцениваются из условия, что в области пятна лучи, идущие от различных участков источника, не «гасят» друг друга). Ответ: $\lambda = dD/L = 600$ нм.

16. 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.
17. 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.
18. На оси OX в точке $x_1 = 10$ см находится тонкая рассеивающая линза, а в точке $x_2 = 30$ см — тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f_2 = 25$ 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 фокусное расстояние рассеивающей линзы f_1 . Ответ: $f_1 = -10$ см.
19. На оси OX в точке $x_1 = 10$ см находится тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $f_1 = -10$ см, а в точке $x_2 > x_1$ — 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 расстояние между линзами. Ответ: $x_2 - x_1 = 25$ см.
20. На оси OX в точке $x_1 = 10$ см находится тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $f_1 = -10$ см, а в точке $x_2 = 25$ см — тонкая собирающая линза. Главные оптические оси обеих линз совпадают с осью OX . Свет от точечного источника S , расположенного в точке $x = 0$, пройдя данную оптическую систему, распространяется параллельным пучком. Найдите фокусное расстояние собирающей линзы f_2 . Ответ: $f_2 = 20$ см.
21. 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.
22. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж), освещается светом с длиной волны $\lambda = 300$ нм. Вылетевшие с катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией $B = 8,3 \cdot 10^{-4}$ Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности R , по которой движутся электроны?
- Ответ: $R = \frac{\sqrt{2m\left(h\frac{c}{\lambda} - A\right)}}{eB} = 4,7 \cdot 10^{-3}$ м
23. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж), освещается светом с частотой $\nu = 2 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетевшие с катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и движутся по окружности максимального радиуса $R = 5$ мм. Каков модуль индукции магнитного поля?
- Ответ: $B = \frac{\sqrt{2m(h\nu - A)}}{eR} = 1,6 \cdot 10^{-3}$ Тл
24. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж), освещается светом с длиной волны $\lambda = 225$ нм. Вылетевшие с катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и движутся по окружностям с максимальным радиусом $R = 5$ мм. Каков модуль индукции магнитного поля?
- Ответ: $B = \frac{\sqrt{2m\left(h\frac{c}{\lambda} - A\right)}}{eR} = 1,1 \cdot 10^{-3}$ Тл
25. В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью $C = 8000$ пФ. При длительном освещении катода светом фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд $q = 11 \cdot 10^{-9}$ Кл. Работа выхода электронов из кальция $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите длину волны света, освещающего катод. Ответ: $\lambda = hc/(A + (eq/C)) = 300$ нм.
26. До какого максимального заряда можно зарядить покрытый селеном шар радиусом $R = 10$ см, облучая его светом с длиной волны $\lambda = 110$ нм, если работа выхода из селена $A = 9 \cdot 10^{-19}$ Дж? Ответ: $Q = R(hc - A\lambda)/(ke\lambda) = 6 \cdot 10^{-11}$ Кл.
27. Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус — скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Каково добавочное изменение скорости космического аппарата массой 500 кг (включая массу паруса) за 24 часа за счет паруса размерами $100 \text{ м} \times 100 \text{ м}$? Мощность W солнечного излучения, падающего 1 м^2 на поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт/м^2 . Ответ: $v = 2WS/(cm) = 16 \text{ м/с}$.
28. Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус — скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Найдите массу космического аппарата, снабженного парусом в форме квадрата размерами $100 \text{ м} \times 100 \text{ м}$, которому давление солнечных лучей сообщает ускорение $a = 10^{-4}g$. Мощность W солнечного излучения, падающего 1 м^2 на поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт/м^2 . Ответ: $m = 2WS/(ca) = 91 \text{ кг}$.
29. Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус — скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Какой должна быть площадь паруса S , чтобы аппарат массой 500 кг (включая массу паруса) имел ускорение $a = 10^{-4}g$? Мощность W солнечного излучения, падающего 1 м^2 на поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт/м^2 . Ответ: $S = cma/(2W) = 5,5 \cdot 10^4 \text{ м}^2$.
30. Для разгона космических аппаратов и коррекции их орбит предложено использовать солнечный парус — скрепленный с аппаратом легкий экран большой площади из тонкой пленки, которая зеркально отражает солнечный свет. Найдите ускорение, сообщаемое аппарату массой 500 кг (включая массу паруса), если парус имеет форму квадрата $100 \text{ м} \times 100 \text{ м}$? Мощность W солнечного излучения, падающего 1 м^2 на поверхности, перпендикулярной солнечным лучам, составляет 1370 Вт/м^2 . Ответ: $a = 2WS/(cm) = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$.