

***СБОРНИК
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ***

по разделам:

«Оптика»
«Квантовая и ядерная физика»
(Для студентов всех специальностей)

Составитель

доц. В.И. Чернобай

Санкт-Петербург
2010

Требования к оформлению и общие методические указания по выполнению индивидуальных домашних заданий.

1. Студентам, изучающим курс физики в течение двух семестров, необходимо решить в течение семестра 10-14 задач по четвертой части пособия.
2. Номер варианта совпадает с порядковым номером студента в журнале.
3. Номера задач в зависимости от варианта определяются по формуле: $N_{\text{задачи}} = 30n + N_{\text{варианта}}$, где $n = 0, 1, \dots, 13$.
4. Задания должны выполняться последовательно по пройденным темам. Сроки представления решенных задач объявляются преподавателем.
5. Задачи оформляются в письменном виде на отдельных листах. Решение каждой задачи необходимо начинать с новой страницы.
6. Требуется указать номер варианта и номер задачи по нумерации пособия.
7. Условие задачи переписывается полностью, без сокращений.
8. Решение записывается в стандартном виде:

Дано:	Решение:
Найти:	Ответ:

9. Все физические величины необходимо выразить в системе единиц СИ.
10. Сделать рисунок, схему, если это необходимо.
11. Сформулировать основные законы, записать формулы, на которых базируется решение. Обосновать возможность их применения в условиях данной задачи. Составить полную систему уравнений для решения задачи.
12. Получить окончательное выражение искомой величины в общем виде. Проверить размерность.
13. Подставить числовые данные и рассчитать искомую величину.
14. Проанализировать полученный результат.
15. Записать ответ.
16. Каждую задачу требуется защитить, то есть полностью объяснить решение задачи преподавателю.

1. Геометрическая оптика и фотометрия ¹⁾.

$v = \frac{c}{n}$ – скорость света в среде;

$L = nl$; $L = \int n dl$ – оптическая длина пути;

$i_1 = i_1'$ – закон отражения;

$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$ – закон преломления;

$\sin i_{\text{пред.}} = n_{21}$ – предельный угол полного внутреннего отражения;

$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ – формула тонкой линзы;

$D = (n_{21} - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ – оптическая сила линзы;

$D = D_1 + D_2$ – оптическая сила системы двух линз, расположенных вплотную друг к другу;

$\Delta F = F_{\text{красн.}} - F_{\text{фиолет.}}$ – продольная хроматическая aberrация линзы;

$\Gamma = \frac{|b|}{a}$ – увеличение линзы;

$\Gamma = \frac{l_{\text{наилуч. зрения}}}{F}$ – увеличение, даваемое лупой, $l_{\text{наилучшего зрения}} = 0.25$ м;

$\Gamma = \frac{l_{\text{наилуч. зрения}} d}{F_1 F_2}$ – увеличение, даваемое микроскопом, где d – расстояние между фокусами объектива и окуляра.

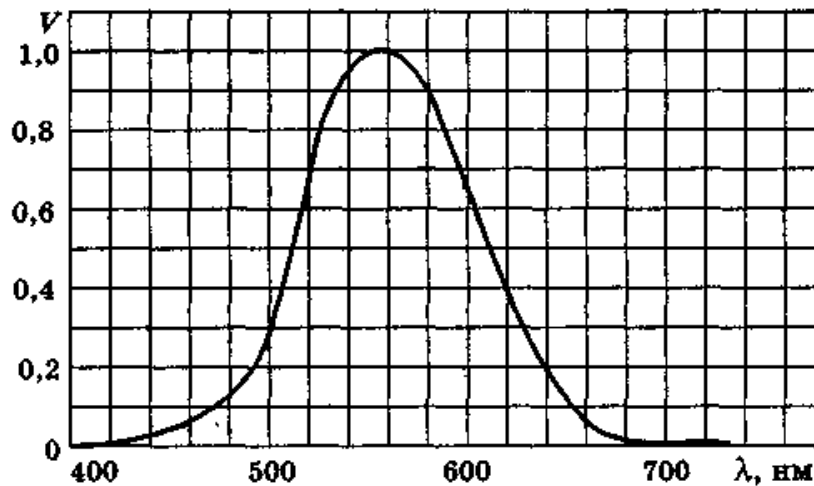


Рис. 1. Кривая относительной спектральной чувствительности глаза (кривая видности).

¹⁾ Решение задач 1-30 этого раздела не является обязательным.

$\Phi = \frac{dW}{dt} \frac{V(\lambda)}{A}$ – световой поток, соответствующий потоку энергии $\frac{dW}{dt}$, для монохроматического света с длиной волны λ , где $A=0.0016$ Вт/лм – коэффициент перевода фотометрических величин в энергетические (механический эквивалент света); $[\Phi] =$ лм (люмен);

$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$ – сила света, где $d\Omega$ – телесный угол, в котором распространяется световой поток $d\Phi$, $[I]=$ лм/ср=кд (кандела);

$E = \frac{d\Phi_{na\delta}}{dS}$ – освещенность, $[E]=$ лм/м²=лк (люкс);

$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$ – освещенность, создаваемая точечным изотропным источником силой света I , на площадке, отстоящей от него на расстоянии r , где α – угол между нормалью к поверхности и направлением на источник;

$R = \frac{d\Phi_{ucn.}}{dS}$ – светимость;

$R = \rho E$ – светимость тела, обусловленная его освещенностью, где ρ – коэффициент рассеяния (отражения);

$B = \frac{dI}{dS \cos \theta}$ – яркость светящейся поверхности, где θ – угол между нормалью к элементу поверхности и направлением наблюдателя, $[B]=$ кд/м²=нт (нит);

$R = \pi B$ – светимость тела, если оно излучает по закону Ламберта, т.е. если яркость не зависит от направления (косинусный излучатель).

1. Два плоских зеркала расположены под углом друг к другу и между ними помещен точечный источник света. Изображение источника в первом зеркале находится на расстоянии 6 см, а во втором зеркале - на расстоянии 8 см от источника. Расстояние между изображениями источника 10 см. Найти угол между зеркалами.
2. Два малых плоских зеркала расположены на одинаковых расстояниях друг от друга и от точечного источника света. Каков должен быть угол между зеркалами, если луч после двух отражений: а) направляется прямо к источнику; б) возвращается обратно к источнику по пройденному пути, т.е. испытывает еще одно отражение?
3. Узкий луч света, проходя через маленькое отверстие в экране перпендикулярно поверхности экрана, попадает на вращающееся шестигранное зеркало, ось вращения которого параллельна поверхности экрана и находится напротив отверстия. Какой длины L будет прочерчивать на экране полоску отраженный от зеркала луч, если расстояние между зеркалом и экраном $l=1$ м? Размерами граней зеркала по сравнению с расстоянием l пренебречь.
4. Два зеркала образуют друг с другом угол $\varphi < \pi$. На одно из зеркал падает луч света, лежащий в плоскости, перпендикулярной к ребру угла.

- Доказать, что угол отклонения θ этого луча от первоначального направления после отражения от обоих зеркал не зависит от угла падения.
5. Луч света, направленный горизонтально, падает на вертикально расположенный экран. Когда на пути луча поместили небольшое зеркало, то светлое пятно сместилось вверх на 3.5 см. Определить угол падения луча на зеркальце, если расстояние от зеркальца до экрана 50 см.
 6. Предельный угол полного внутреннего отражения для бензола $\alpha=42^\circ$. Определить скорость света в бензоле.
 7. Луч света переходит из стекла в воздух. Угол падения луча 30° , преломления – 45° . Чему равен показатель преломления данного сорта стекла?
 8. Определить скорость распространения света в стекле, если при переходе из воздуха в стекло угол падения луча света оказался равным 50° , а угол преломления – 30° .
 9. Луч падает под углом 60° на стеклянную пластинку толщиной 3 см. Определить боковое смещение луча после выхода из пластинки.
 10. Мальчик, глядя с моста, определил, что глубина реки 2 м. Какова истинная глубина реки? Показатель преломления воды 1.33.
 11. Человек рассматривает предметы, находящиеся на дне водоема. Угол между лучом зрения и перпендикуляром к поверхности воды равен 60° . Во сколько раз кажущаяся глубина водоема меньше истинной?
 12. На кварцевую пластинку, имеющую показатель преломления 1.54, падает световой луч. Чему равен угол падения, если отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны?
 13. Пучок параллельных лучей падает на поверхность воды под углом 60° . Ширина пучка в воздухе равна 10 см. Определить ширину пучка в воде.
 14. Луч света падает перпендикулярно к боковой поверхности призмы, преломляющий угол которой 30° . Найти угол отклонения луча от первоначального направления после выхода из призмы. Показатель преломления материала призмы 1.4.
 15. Высота Солнца над горизонтом 20° . Пользуясь зеркалом, пускают "зайчик" в воду озера. Под каким углом к горизонту надо расположить зеркало, чтобы луч света в воде шел под углом 41° к вертикали? Показатель преломления воды 1.33.
 16. * Человек смотрит на вогнутое зеркало, расположив его от лица на расстоянии 20 см. На каком расстоянии от зеркала находится изображение, если радиус кривизны зеркала 1.2 м? Определить увеличение, даваемое зеркалом.
 17. Вогнутое зеркало дает на экране изображение Солнца в виде кружка диаметром 28 мм. Угловой диаметр Солнца на небе 32 минуты. Определить радиус кривизны зеркала.
 18. Прозрачная полость ограничена с одной стороны плоскостью, а с другой - сферической поверхностью с радиусом кривизны 20 см. Определить

- оптическую силу линзы, полученной при опускании заполненной воздухом полости в воду.
19. * Предмет находится на расстоянии $(2/3)F$ от вершины выпуклого зеркала. Где будет изображение и каково оно?
 20. Параллельный пучок лучей, падая на рассеивающую линзу с диаметром 6 см, дает на экране, расположенном на расстоянии 10 см от линзы, светлый кружок диаметром 11 см. Определить фокусное расстояние линзы.
 21. * На какой глубине под водой находится водолаз, если он видит отраженными от поверхности воды те части горизонтального дна, которые расположены от него на расстоянии 15 м и больше? Рост водолаза 1.7 м. Показатель преломления воды 1.33.
 22. Лупа дает увеличение в два раза. Вплотную к ней приложили собирающую линзу с оптической силой 2 Дптр. Какое увеличение будет давать такая составная лупа?
 23. Найти фокусное расстояние двояковыпуклой стеклянной линзы, погруженной в воду, если ее фокусное расстояние в воздухе равно 20 см.
 24. Определить фокусное расстояние плосковыпуклой стеклянной линзы, находящейся в скипидаре. Радиус кривизны выпуклой поверхности равен 25 см, показатель преломления стекла 1.5, а показатель преломления скипидара 1.47.
 25. Собирающая линза дает действительное увеличенное в два раза изображение предмета. Определить фокусное расстояние линзы, если расстояние между линзой и изображением предмета 24 см.
 26. Линза изготовлена из стекла, показатель преломления которого для красных лучей равен 1.5, а для фиолетовых – 1.52. Радиусы кривизны обеих поверхностей одинаковы и равны 1 м. Определить отношение фокусного расстояния линзы для красных лучей к фокусному расстоянию для фиолетовых.
 27. Продольная хроматическая aberrация (расстояние между фокусом линзы для красных лучей и фокусом для фиолетовых лучей) двояковыпуклой линзы равна 0.022 м. Определить радиус кривизны линзы, если показатель преломления данного сорта стекла для красных лучей 1.57, для фиолетовых – 1.60.
 28. Расстояние между фокусом линзы для красных лучей и фокусом для фиолетовых лучей (продольная хроматическая aberrация) равно $2.2 \cdot 10^{-2}$ м. Линза двояковыпуклая, симметричная. Показатель преломления стекла для красных лучей 1.57, для фиолетовых – 1.60. Определить радиус кривизны линзы.
 29. Прозрачная полость ограничена с одной стороны плоскостью, а с другой – сферической поверхностью радиусом 20 см. Определить оптическую силу линзы при опускании заполненной воздухом полости в воду.
 30. Фокусные расстояния объектива микроскопа 1 см, окуляра – 3 см. Расстояние от объектива до окуляра 0.2 м. Какое увеличение дает микроскоп?

31. Свет от электрической лампочки в 200 кд падает под углом 45° на рабочее место, его освещенность 141 люкс. Найти, на каком расстоянии от рабочего места находится лампочка и на какой высоте от рабочего места она висит.
32. Лампа, подвешенная к потолку, дает в горизонтальном направлении силу света в 60 кд. Какой световой поток падает на картину площадью 0.5 м^2 , висящую вертикально на стене в двух метрах от лампы, если на противоположной стене находится большое зеркало на расстоянии 2 м от лампы?
33. 21 марта, в день весеннего равноденствия, на Северной Земле Солнце стоит в полдень под углом 10° к горизонту. Во сколько раз освещенность площадки, поставленной вертикально, будет больше освещенности горизонтальной площадки?
34. В полдень во время весеннего и осеннего равноденствия Солнце стоит на экваторе в зените. Во сколько раз в это время освещенность поверхности Земли на экваторе больше освещенности поверхности Земли на широте 60° ?
35. # В центре квадратной комнаты площадью 25 м^2 висит лампа. Считая лампу точечным источником света, найти, на какой высоте от пола должна находиться лампа, чтобы освещенность в углах комнаты была наибольшей.
36. Над центром круглого стола диаметром 2 м висит лампа, сила света которой 100 кд. Считая лампу точечным источником света, вычислить изменение освещенность края стола при постепенном подъеме лампы в интервале $0.5 \leq h \leq 0.9$ м через каждые 10 см. Построить график зависимости $E=f(h)$.
37. В центре круглого стола диаметром 1.2 м имеется настольная лампа из одной электрической лампочки на высоте 40 см от поверхности стола. Над центром стола на высоте 2 м от его поверхности висит люстра из четырех таких же лампочек. В каком случае получится большая освещенность на краю стола (и во сколько раз): когда горит настольная лампа или когда горит люстра?
38. Предмет при фотографировании освещается электрической лампой, расположенной от него на расстоянии 2 м. Во сколько раз надо увеличить экспозицию, если эту же лампу отодвинуть на расстояние 3 м от предмета?
39. # Найти освещенность на поверхности Земли, вызываемую нормально падающими солнечными лучами. Яркость Солнца равна $1.2 \cdot 10^9$ нт.
40. # Спираль электрической лампочки с силой света 100 кд заключена в матовую сферическую колбу диаметром а) 5 см: б) 10 см. Найти светимость и яркость лампы в обоих случаях. Потерей света в оболочке колбы пренебречь.
41. # Лампа, в которой светящим телом служит накаленный шарик диаметром 3 мм, дает силу света 85 кд. Найти яркость этой лампы, если сферическая

- колба этой лампы сделана а) из прозрачного стекла; б) из матового стекла. Диаметр колбы равен 6 см.
42. Лампа, в которой светящим телом служит накаливаемый шарик диаметром 3 мм, дает силу света 85 кд. Сферическая колба этой лампы сделана а) из прозрачного стекла; б) из матового стекла. Диаметр колбы равен 6 см. Какую освещенность дает эта лампа на расстоянии 5 м при нормальном падении света?
 43. # Электрическая лампа в 100 кд посылает во все стороны ежеминутно 122 Дж световой энергии. Найти механический эквивалент света и КПД световой отдачи, если лампа потребляет мощность 100 Вт. Считать длину волны света равной 555 нм.
 44. * На лист белой бумаги размером $20 \times 30 \text{ см}^2$ нормально к поверхности падает световой поток 120 лм. Найти освещенность, светимость и яркость бумажного листа, если коэффициент рассеяния 0.75.
 45. * Лист бумаги размером $10 \times 30 \text{ см}^2$ освещается светом от лампы силой света 100 кд, причем на него падает 0.5% всего посылаемого лампой света. Найти освещенность этого листа бумаги.
 46. # Найти с помощью кривой видности поток энергии, соответствующий световому потоку 1 лм, если свет монохроматический и длина волны равна: а) 610 нм; б) 520 нм.
 47. Какой поток энергии соответствует световому потоку в 100 лм, образованному излучением, для которого относительная спектральная чувствительность глаза равна 0.762?
 48. Определить освещенность на расстоянии 4 м от источника света, если сила света равна 180 кд и лучи падают под углом 37° к освещаемой поверхности.
 49. Точечный источник света освещает горизонтальную поверхность. Как изменится освещенность в точке А, в которой лучи падают на поверхность нормально, если сбоку от источника на одной высоте с ним на таком же расстоянии от источника, как и освещаемая поверхность, поместить зеркало, отражающее свет в точку А?
 50. Над горизонтальной поверхностью помещены на высоте 2 м на расстоянии 1 м друг от друга два источника света, дающие световые потоки по 300 лм каждый. Определить освещенность поверхности: а) в точках под источниками света; б) на середине расстояния между ними.
 51. Лампа накаливания, потребляющая мощность 40 Вт, дает световой поток 380 лм. 40% этого потока направлены на поверхность площадью 5 м^2 . Определить среднюю освещенность этой поверхности.
 52. Какова светимость волоска электрической лампы, если излучаемый ею световой поток равен 400 лм, длина волоска 60 см, а его диаметр 0.05 мм?
 53. # На экран площадью 3 м^2 , рассеивающий свет с коэффициентом отражения 0.8, падает световой поток 150 лм. Определить светимость и яркость экрана.

54. Светящаяся часть люминесцентной лампы мощностью 15 Вт имеет форму цилиндра длиной 42 см и диаметром 2.24 см. Яркость лампы равна $5 \cdot 10^3$ кд/м². Определить ее КПД. Длину волны считать равной 555 нм.
55. На плоскую поверхность падает по нормали к ней монохроматическая световая волна с длиной волны 510 нм. Интенсивность волны 0.32 Вт/м². Воспользовавшись кривой видности, определить освещенность поверхности.
56. Точечный изотропный источник света испускает световой поток 1257 лм. Чему равна сила света этого источника?
57. Параллельный пучок лучей, несущий однородный световой поток плотности 200 лм/м², падает на плоскую поверхность, внешняя нормаль к которой образует с направлением лучей угол 120° . Какова освещенность этой поверхности?
58. Найти с помощью кривой видности поток энергии, соответствующий световому потоку в 1 лм с длиной волны 0.51 и 0.64 мкм.
59. Найти с помощью кривой видности световой поток, приходящийся на интервал длин волн от 0.58 до 0.63 мкм, если соответствующий поток энергии равен 4.5 мВт, причем поток энергии распределен равномерно по всем длинам волн этого интервала. Считать, что в данном спектральном интервале функция $V(\lambda)$ зависит линейно от длины волны.
60. Над центром площадки на расстоянии 5 м от нее висит лампа. Рассчитать, на каком расстоянии от центра площадки освещенность в 2 раза меньше, чем в центре.

2. Интерференция

$\Delta = L_1 - L_2$ – оптическая разность хода;

$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda}$ – зависимость разности фаз от оптической разности хода;

$\Delta = \pm m\lambda$, $m = 0, 1, 2, \dots$ – условие максимума при интерференции;

$\Delta = \pm(m - \frac{1}{2})\lambda$, $m = 1, 2, 3, \dots$ – условие минимума при интерференции;

$x_m = \frac{m\lambda l}{d}$, $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ – расстояние от $m^{\text{ой}}$ светлой полосы до нулевой в опыте

Юнга;

$x_m = \frac{(m - \frac{1}{2})\lambda l}{d}$, $m = 1, 2, 3, \dots$ – расстояние от $m^{\text{ой}}$ темной полосы до нулевой в опыте

Юнга;

$\Delta x = \frac{\lambda l}{d}$ – расстояние между центрами соседних максимумов в опыте Юнга;

$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} + \frac{\lambda}{2}$ – оптическая разность хода при отражении от тонкой пленки;

$r_m = \sqrt{mR \frac{\lambda}{n}}$ – радиус темных колец Ньютона в отраженном свете.

61. Расстояние между щелями в опыте Юнга равно $5 \cdot 10^{-4}$ м, длина волны света $5.5 \cdot 10^{-7}$ м. Определить расстояние от щелей до экрана, если расстояние между соседними темными полосами на нем 10^{-3} м. Как и во сколько раз изменится ответ в случае нахождения рассмотренных устройств на дне озера ($n=1.33$)?
62. # Для наблюдения интерференции от зеркал Френеля два плоских зеркала расположили под углом 0.005 рад на расстоянии 4.9 м от экрана и на расстоянии 10 см от узкой щели, параллельной обоим зеркалам. Расстояние между соседними темными полосами на экране 2.5 мм. Определить длину волны света.
63. Зеркала Френеля расположены так, что ребро между ними находится на расстоянии 20 см от параллельной ему щели и на расстоянии 1.8 м от экрана. Какой угол должны образовывать зеркала, чтобы на экране расстояние от первой темной до пятой темной полосы равнялось 1.4 см при освещении красным светом с длиной волны 700 нм?
64. Расстояние между щелями в опыте Юнга 0.5 мм, длина волны 550 нм. Каково расстояние от щелей до экрана, если расстояние между второй темной и пятой светлой полосами на нем равно 3 мм?
65. # В прозрачной жидкости с показателем преломления n производится опыт Юнга. Вывести выражение для расстояний от светлой и от темной полосы до нулевой.
66. В опыте Юнга вначале берется свет с длиной волны $\lambda_1=660$ нм, а затем с другой длиной волны λ_2 . Найти эту длину волны λ_2 , если 7-ая светлая полоса в первом случае совпадает с 10-ой темной полосой во втором.
67. Два когерентных монохроматических источника света S_1 и S_2 ($\lambda=500$ нм) находятся на расстоянии 2 мм друг от друга. На расстоянии 2 м от линии S_1S_2 , соединяющей источники, находится экран. Точка А расположена на экране так, что линия S_1A перпендикулярна экрану. Определить: а) что наблюдается в точке А: усиление или ослабление света? б) что будет наблюдаться, если на пути S_2A поставить перпендикулярно к нему стеклянную плоскопараллельную пластинку толщиной $10.5 \cdot 10^{-6}$ м с $n=1.5$?
68. Во сколько раз в опыте Юнга нужно изменить расстояние до экрана, чтобы 5-ая светлая полоса новой интерференционной картины оказалась на том же расстоянии от нулевой, что и 3-я в прежней картине?
69. Во сколько раз в опыте Юнга нужно изменить расстояние до экрана, чтобы 4-ая светлая полоса новой интерференционной картины оказалась на том же расстоянии от нулевой, что и 6-я в прежней картине?
70. Расстояния от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана равны 25 см и 100 см соответственно. Бипризма стеклянная с преломляющим углом 20 минут. Найти длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране 0.55 мм.

71. Плоская световая волна падает на бизеркала Френеля, угол между которыми равен 2 минуты. Определить длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране равна 0.55 мм.
72. * В свете фар мокрое после дождя лобовое стекло кажется зеленым (длина волны 512 нм). Определить массу воды на лобовом стекле, полагая, что его площадь 0.6 м², показатель преломления воды 1.33, наибольший порядок наблюдаемого интерференционного максимума равен 5, угол падения лучей на стекло равен 30°.
73. На мыльную пленку падает под углом 45° параллельный пучок белого света. Определить минимальную толщину пленки, если в отраженном свете она кажется зеленой (длина волны 500 нм).
74. # Определить толщину пленки, которая просветляла бы поверхность стекла ($n_{\text{стекла}}=1.67$), находящегося в воздухе, если показатель преломления пленки $n_{\text{пленки}}=\sqrt{n_{\text{стекла}}}$ для длины волны 550 нм.
75. Пучок белого света падает нормально на стеклянную пластинку толщиной 0.4 мкм. Показатель преломления стекла 1.5. Какие длины волн, лежащие в пределах видимого спектра (от 380 до 760 нм), усиливаются в отраженном свете?
76. В каких пределах может изменяться толщина пластины, чтобы наблюдать максимум двенадцатого порядка для длины волны 600 нм? Показатель преломления пленки 1.6.
77. В каких пределах может изменяться толщина пластинки с $n=1.5$, чтобы в отраженном свете наблюдалось совпадение линий равного наклона для $\lambda_1=5.5 \cdot 10^{-7}$ м и $\lambda_2=5.25 \cdot 10^{-7}$ м, если порядок линий отличается на единицу?
78. # На поверхности стекла находится пленка воды. На нее падает свет с длиной волны 680 нм под углом 30°. Найти скорость, с которой уменьшается толщина пленки из-за испарения, если интенсивность отраженного света меняется так, что промежуток времени между последовательными максимумами отражения равен 15 мин.
79. На тонкую пленку (показатель преломления 1.33) падает параллельный пучок белого света. Угол падения 52°. При какой толщине пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый цвет (длина волны 600 нм)?
80. Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления 1.33, при которой свет с длиной волны 640 нм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 400 нм не отражается совсем. Угол падения света равен 30°.
81. # На тонкий стеклянный клин падает нормально монохроматический свет. Двугранный угол между поверхностями клина 2 минуты. Показатель преломления стекла 1.55. Определить длину световой волны, если расстояние между темными интерференционными полосами в отраженном свете 0.4 мм.
82. На тонкий стеклянный клин (показатель преломления 1.6) падает нормально параллельный пучок света с длиной волны 500 нм. Расстояние

- между соседними темными интерференционными полосами в отраженном свете равно 0.5 мм. Определить угол между поверхностями клина.
83. На тонкий стеклянный клин падает нормально монохроматический свет. Двугранный угол между поверхностями клина равен 2 минуты. Показатель преломления стекла 1.55. Определить длину волны света, если расстояние между соседними интерференционными максимумами в отраженном свете равно 0.3 мм.
 84. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками положили тонкую проволочку на расстоянии 75 мм от линии соприкосновения пластинок и ей параллельно. В отраженном свете (длина волны 500 нм) видны интерференционные полосы. Определить толщину проволочки, если на протяжении 30 мм насчитывается 16 светлых полос.
 85. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. Интерференция наблюдается в отраженном свете через красное стекло (длина волны 631 нм). Расстояние между соседними красными полосами при этом 3 мм. Затем эта же пленка наблюдается через синее стекло (длина волны 400 нм). Найти расстояние между соседними синими полосами. Свет падает перпендикулярно к поверхности пленки.
 86. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. При наблюдении интерференционных полос в отраженном свете ртутной дуги (длина волны 546.1 нм) оказалось, что расстояние между пятью полосами 2 см. Найти угол клина. Свет падает перпендикулярно к поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды 1.33.
 87. Установка для получения колец Ньютона освещается светом от ртутной дуги, падающим нормально. Наблюдение производится в проходящем свете. Какое по порядку светлое кольцо, соответствующее линии 579.1 нм, совпадает со следующим светлым кольцом, соответствующем линии 577.0 нм?
 88. Для наблюдения колец Ньютона в отраженном свете (длина волны 550 нм) плосковыпуклую линзу с радиусом кривизны 3 м в одном случае положили на плоскопараллельную пластинку, а в другом - на вогнутую линзу с радиусом кривизны 6 м. Определить разность радиусов десятых темных колец для этих случаев.
 89. # Кольца равной толщины наблюдаются следующим образом: на вогнутую линзу радиусом кривизны R_1 положили плосковыпуклую с меньшим радиусом кривизны R_2 . Вывести формулу для радиусов светлых и темных интерференционных колец, наблюдаемых в отраженном свете с длиной волны λ .
 90. Установка для наблюдения колец Ньютона в отраженном свете освещается монохроматическим светом с длиной волны 500 нм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено водой. Найти толщину слоя воды между линзой и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается третье светлое кольцо.

91. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластине. Радиус десятого темного кольца Ньютона в отраженном свете (длина волны 589 нм) равен 1.25 мм. Свет падает нормально. Определить фокусное расстояние линзы, если она изготовлена из стекла с показателем преломления 1.6.
92. Определить радиус 4-ого темного кольца Ньютона, если между линзой с радиусом $R=5$ м и плоской поверхностью, к которой она прижата, находится вода. Длина волны света $\lambda=5.89 \cdot 10^{-7}$ м.
93. * Плосковыпуклая линза положена на стеклянную пластинку, причем между линзой и пластинкой нет контакта. Диаметры K -того и $(K+1)$ -ого темных колец Ньютона, наблюдаемых в отраженном свете, равны 0.7 и 1.7 мм соответственно. Определить радиус кривизны линзы, если система освещается светом с длиной волны 581 нм.
94. * Две соприкасающиеся тонкие симметричные стеклянные линзы – двояковыпуклая и двояковогнутая - образуют систему с оптической силой 0.5 Дптр. В свете с длиной волны 610 нм, отраженном от этой системы, наблюдают кольца Ньютона. Определить: радиус десятого темного кольца; как изменится радиус этого кольца, если пространство между линзами заполнить водой?
95. * Две одинаковые плоско-выпуклые тонкие стеклянные линзы соприкасаются своими сферическими поверхностями. Найдите оптическую силу такой системы, если в отраженном свете с длиной волны 600 нм диаметр пятого светлого кольца равен 1.5 мм.
96. * Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны 40 см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца равен 2.5 мм. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на 5 мкм. Каким стал радиус этого кольца?
97. * В интерферометре Майкельсона использовалась желтая линия натрия, состоящая из двух компонент с длинами волн 589.0 нм и 589.6 нм. При поступательном перемещении одного из зеркал интерференционная картина периодически исчезала (почему?). Найти перемещение зеркала между двумя последовательными появлениями наиболее четкой картины.
98. * В двухлучевом интерферометре используется оранжевая линия ртути, состоящая из двух компонент с длинами волн 576.97 нм и 579.03 нм. При каком наименьшем порядке интерференции четкость интерференционной картины будет наихудшей?
99. * На вершине сферической поверхности плоско-выпуклой стеклянной линзы имеется сошлифованный плоский участок радиусом 3 мм, которым она соприкасается со стеклянной пластинкой. Радиус кривизны выпуклой поверхности линзы 1.5 м. Найти радиус шестого светлого кольца при наблюдении в отраженном свете с длиной волны 655 нм.
100. * Свет с длиной волны 550 нм от удаленного точечного источника падает нормально на поверхность стеклянного клина. В отраженном свете

- наблюдают систему интерференционных полос, расстояние между соседними максимумами которых на поверхности клина равно 0.21 мм. Найти: угол между гранями клина; степень монохроматичности света ($\Delta\lambda/\lambda$), если исчезновение интерференционных полос наблюдается на расстоянии 1.5 см от вершины клина.
101. * Определить допустимые размеры точечных источников света, дающих интерференционную картину. Указание: каждый из источников света протяженностью d разбить на две половины и уже половины следует считать точечными источниками. Сдвиг между интерференционными картинами на $d/2$ не должен превышать половины расстояния между соседними светлой и темной полосами.
 102. Определить радиус кривизны плосковыпуклой линзы, которая вместе с пластинкой позволяет наблюдать кольца Ньютона при освещении желтой линией натрия (длина волны 589 нм), причем в отраженном свете расстояние между первым и вторым светлыми кольцами равно 0.5 мм.
 103. Расстояние между вторым и первым темными кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние между десятым и девятым кольцами.
 104. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. После того как пространство между линзой и пластинкой заполнили жидкостью, радиусы колец в отраженном свете уменьшились в 1.25 раза. Найти показатель преломления жидкости.
 105. Установка для получения колец Ньютона освещается светом с длиной волны 589 нм, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы 10 м. Пространство между линзой и пластинкой заполнено жидкостью. Радиус третьего светлого кольца в проходящем свете 3.65 мм. Найти показатель преломления жидкости.
 106. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы 15 м. Наблюдение ведется в отраженном свете. Расстояние между пятым и двадцать пятым светлыми кольцами равно 9 мм. Найти длину волны света.
 107. От двух когерентных источников (длина волны 800 нм) лучи попадают на экран. На экране наблюдается интерференционная картина. Когда на пути одного из лучей перпендикулярно ему поместили мыльную пленку (показатель преломления 1.33), интерференционная картина изменилась на противоположную. При какой наименьшей толщине пленки это возможно?
 108. На пути одного из интерферирующих лучей помещается стеклянная пластина толщиной 12 мкм. Определить, на сколько полос сместится интерференционная картина, если показатель преломления стекла равен 1.5, длина волны света 750 нм и свет падает на пластинку нормально.

109. # В опыте с интерферометром Майкельсона для смещения интерференционной картины на 500 полос потребовалось переместить зеркало на расстояние 0.161 мм. Найти длину волны падающего света.
110. # Для измерения показателя преломления аммиака в одно из плеч интерферометра Майкельсона поместили откачанную трубку длиной 14 см. Концы трубки закрыли плоскопараллельными стеклами. При заполнении трубки аммиаком интерференционная картина для длины волны 590 нм сместилась на 180 полос. Найти показатель преломления аммиака.
111. На пути одного из лучей интерферометра Жамена поместили трубку длиной 10 см. При заполнении трубки хлором интерференционная картина сместилась на 131 полосу для длины волны 590 нм. Найти показатель преломления хлора.
112. # В интерферометре Жамена на пути интерферирующих лучей помещены две одинаковые трубки, закрытые прозрачными пластинами. Одна заполнена воздухом при нормальных условиях, а из другой он выкачан. Чему равен показатель преломления воздуха, если длина трубок 5 см и при выкачивании воздуха интерференционная картина сместилась на 20 полос ($\lambda=0.73 \cdot 10^{-6}$ м)?
113. В интерферометре Жамена помещены две одинаковые трубки с воздухом. При замене одной из них такой же трубкой с кислородом интерференционная картина сместилась на четыре полосы. Длина волны света 500 нм, показатель преломления воздуха 1.000292, кислорода - 1.000272. Найти длину трубок.
114. При заполнении находящейся на пути одного из интерферирующих лучей пустой трубки длиной 5 см кислородом происходит смещение интерференционных полос. Какую толщину должен иметь компенсирующий стеклянный клин с $n=1.5$ на пути второго луча, чтобы восстановилась первоначальная картина?
115. На пути одного из интерференционных лучей помещается стеклянная пластина толщиной $12 \cdot 10^{-6}$ м. Найти, на сколько полос сместится интерференционная картина, если $n_{\text{стекла}}=1.5$; свет с длиной волны $\lambda=750$ нм падает на пластинку нормально.
116. Какой должна быть толщина пластинки при $n=1.6$ и длине волны 550 нм, если с введением пластинки на пути одного из интерферирующих лучей картина смещается на 4 полосы?
117. Плоская монохроматическая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на расстояние 2.5 мм. На экране, расположенном за диафрагмой на расстоянии 1 м от нее, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние сместятся эти полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщиной 10 мкм?
118. Сферическая поверхность плоско-выпуклой линзы соприкасается со стеклянной пластинкой. Пространство между линзой и пластинкой

заполнено сероуглеродом. Показатели преломления линзы, сероуглерода и пластинки 1.5, 1.63 и 1.7 соответственно. Радиус кривизны линзы 1 м. Определить радиус пятого темного кольца Ньютона в отраженном свете с длиной волны 610 нм.

3. Дифракция

$r_m = \sqrt{\frac{ab\lambda m}{a+b}}$ – радиус $m^{\text{ой}}$ зоны Френеля при дифракции на круглом отверстии;

$a \sin \varphi = m\lambda$; $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ – условие минимума при дифракции на щели;

$a \sin \varphi = m\lambda$; $m = \pm 1.43, \pm 2.46, \pm 3.47, \pm 3.48 \dots$ – условие максимума при дифракции на щели;

$a \sin \varphi = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$; $m = 1, 2, 3 \dots$ – приблизительное условие максимума при дифракции на щели;

$d \sin \varphi = m\lambda$; $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ – условие главных максимумов при дифракции на дифракционной решетке;

$a \sin \varphi = m\lambda$; $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ – условие главных минимумов при дифракции на дифракционной решетке;

$d \sin \varphi = \frac{m}{N}\lambda$; $m \neq 0, \pm N, \pm 2N, \pm 3N, \dots$ – условие дополнительных минимумов при дифракции на дифракционной решетке;

$D_\varphi = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \varphi}$ – угловая дисперсия дифракционной решетки;

$D_l = \frac{dl}{d\lambda}$ – линейная дисперсия дифракционной решетки;

$R = \frac{1}{\delta\psi}$ – разрешающая способность оптического прибора, где $\delta\psi$ – минимальное угловое расстояние между точечными источниками, изображения которых разрешаются;

$\sin \varphi = 1.22 \frac{\lambda}{D}$ – угловой радиус первого темного кольца при дифракции на круглом отверстии;

$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$ – разрешающая способность спектрального прибора;

$R = mN$ – разрешающая способность дифракционной решетки;

$2d \sin \theta = m\lambda$; $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ – формула Брэггов-Вульфа.

а. Дифракция на круглом отверстии.

119. # Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого можно менять. Расстояния от диафрагмы до источника света и до экрана равны 1 м и 1.25 м соответственно. Определить длину волны света, если максимум

- освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при радиусе отверстия 1 мм и следующий максимум при радиусе 1.29 мм.
120. # Плоская монохроматическая световая волна с интенсивностью I_0 падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Какова интенсивность света за экраном в точке, для которой отверстие: а) равно первой зоне Френеля; б) внутренней половине первой зоны; в) отверстие сделали равным первой зоне Френеля и затем закрыли его половину по диаметру? Применить метод графической интерпретации зон Френеля.
 121. Свет от монохроматического источника с $\lambda=5 \cdot 10^{-7}$ м падает нормально на диафрагму с круглым отверстием диаметром 6 мм. На расстоянии 3 м от диафрагмы находится экран. Темным или светлым будет центр дифракционной картины на экране?
 122. * На непрозрачную преграду с отверстием радиуса 1.00 мм падает монохроматическая плоская волна. Когда расстояние от преграды до установленного за ней экрана равно 0.575 м, в центре дифракционной картины наблюдается максимум интенсивности. При увеличении расстояния до 0.862 м максимум интенсивности сменяется минимумом. Определить длину волны света.
 123. Монохроматический свет с длиной волны 540 нм падает параллельным пучком на круглое отверстие нормально к плоскости отверстия. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалась одна зона Френеля? Диаметр отверстия 1 см.
 124. Плоская монохроматическая волна с интенсивностью I_0 падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Какова интенсивность света в точке за экраном, для которой в отверстии укладывается 1) первая зона Френеля, 2) три первые зоны Френеля? Применить метод графической интерпретации зон Френеля.
 125. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии l от точечного источника монохроматического света с длиной волны 600 нм. На расстоянии $a=0.5l$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см. Найти расстояние l , если преграда закрывает только центральную зону Френеля.
 126. Интенсивность, создаваемая на экране некоторой монохроматической световой волной в отсутствие преград, равна I_0 . Какова будет интенсивность в центре дифракционной картины, если на пути волны поставить преграду с круглым отверстием, открывающим: а) первую зону Френеля; б) половину первой зоны Френеля; в) полторы зоны Френеля; г) треть первой зоны Френеля?

б. Дифракция на одной щели.

127. Интенсивность нулевого максимума дифракционной картины от одной щели шириной a равна I_0 . Определить интенсивность четырех последующих максимумов, если известно, что максимумы наблюдаются при условии $\sin\varphi=m\lambda/a$ ($m=1.43, 2.46, 3.47, 4.48, \dots$).

128. # На щель шириной 0.1 мм нормально падает параллельный пучок света с длиной волны 600 нм. Определить ширину центрального максимума в дифракционной картине, проектируемой при помощи линзы с фокусным расстоянием 1 м.
129. На щель шириной $a=6\lambda$ падает нормально параллельный пучок монохроматического света. Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум?

в. Дифракционная решетка.

130. При нормальном падении света на дифракционную решетку шириной 10 мм обнаружено, что компоненты желтой линии натрия с длинами волн 589.0 и 589.6 нм оказываются разрешенными, начиная с пятого порядка спектра. Найти период этой решетки. При какой ширине решетки с таким же периодом можно разрешить в третьем порядке дублет спектральной линии с длиной волны 460 нм, компоненты которого отличаются на 0.13 нм?
131. На дифракционную решетку шириной 0.01 м падает нормально пучок белого света с длинами волн в интервале 400–761 нм. Начало спектра первого порядка наблюдается под углом 2° к нормали решетки. Найти: а) угол между концом спектра первого порядка и началом спектра третьего порядка. б) может ли эта решетка разрешить во втором порядке линии 588.0 нм и 588.6 нм?
132. Ширина прозрачного участка равна ширине непрозрачного участка дифракционной решетки и в 5 раз больше длины волны падающего света. Определить углы, соответствующие первым трем наблюдаемым максимумам.
133. Дифракционная решетка состоит из непрозрачных штрихов шириной $2.5 \cdot 10^{-6}$ м, разделенных прозрачными участками такой же ширины. Какую толщину должна иметь плоскопараллельная стеклянная пластинка с показателем преломления 1.5, чтобы при интерференции на ней в отраженном свете максимум третьего порядка для длины волны $6 \cdot 10^{-7}$ м наблюдался под тем же углом, что и у дифракционной решетки?
134. # Период дифракционной решетки 10^{-5} м, а ширина прозрачной части $2.5 \cdot 10^{-6}$ м. Сколько максимумов не будет наблюдаться в спектре по одну сторону от нулевого максимума до угла 30° из-за влияния главных минимумов? Длина волны света $5 \cdot 10^{-7}$ м.
135. Дифракционная решетка шириной 12 мм содержит 4800 штрихов. Определить: а) число максимумов, наблюдаемых в спектре дифракционной решетки для $\lambda=5.6 \cdot 10^{-7}$ м, б) угол, соответствующий последнему максимуму.
136. Период дифракционной решетки $d=5 \cdot 10^{-6}$ м. Определить число наблюдаемых главных максимумов в спектре дифракционной решетки для а) $\lambda=7.6 \cdot 10^{-7}$ м, б) $\lambda=4.4 \cdot 10^{-7}$ м.

137. # Дифракционная решетка содержит 1000 щелей. Какова ее ширина, если под углом 90° наблюдается 4999-й добавочный минимум дифракционной картины для длины волны $5.9 \cdot 10^{-7}$ м?
138. * Период дифракционной решетки 6 мкм. Для спектральной линии водорода 486 нм подобрать такое наибольшее $\Delta\lambda$, чтобы нигде не было перекрытия спектров при освещении светом в интервале $\lambda \pm \Delta\lambda$.
139. # Определить угловую дисперсию и разрешающую способность дифракционной решетки в спектре K -ого порядка, если ее период d и число щелей N .
140. Показать, что разрешающая способность дифракционной решетки не может превысить значение l/λ , где l – длина решетки, т.е. $R=l/\lambda$ при любом периоде решетки.
141. Две дифракционные решетки имеют одинаковую ширину 3 мм, но разные периоды 3 мкм и 6 мкм. Определить их наибольшую разрешающую способность для длины волны 589.6 нм.
142. Под углом 30° наблюдается четвертый максимум для красной линии с длиной волны 644 нм. Определить период дифракционной решетки и ее ширину, если в этом порядке спектра наименьший разрешаемый решеткой интервал длин волн составляет 0.322 нм.
143. # Вывести условие главных максимумов для случая, когда на решетку свет падает под углом α .
144. На дифракционную решетку с периодом 5 мкм под углом 30° падает свет с длиной волны 600 нм. Определить углы, под которыми наблюдаются максимумы второго порядка.
145. Сколько штрихов на 1 мм должна иметь дифракционная решетка, чтобы углу 90° соответствовал максимум пятого порядка для света с длиной волны $5 \cdot 10^{-7}$ м?
146. # Ширина прозрачного a и непрозрачного b участков дифракционной решетки связаны с длиной волны так: $a=0.5b=4\lambda$. Определить углы, соответствующие первым трем наблюдаемым максимумам.
147. Какую постоянную должна иметь дифракционная решетка шириной 2.5 см для того, чтобы ее разрешающая способность в области зеленых лучей с длиной волны 0.55 мкм в спектре первого порядка составляла 55 пм?
148. Период дифракционной решетки $4 \cdot 10^{-6}$ м. Дифракционная картина наблюдается с помощью линзы с фокусным расстоянием 0.4 м. Определить длину волны падающего нормально на решетку света, если первый максимум получается на расстоянии 0.05 м от центрального.
149. Постоянная дифракционной решетки в 4.6 раза больше длины световой волны. На поверхность дифракционной решетки нормально к поверхности падает монохроматический свет. Найти общее число K дифракционных максимумов, которые теоретически возможно наблюдать в данном случае.
150. # Границы видимого спектра: 360-700 нм. На дифракционную решетку, содержащую 1200 штрихов на мм, падает нормально белый свет. Спектр проецируется на экран, расположенный недалеко от решетки, линзой с

- фокусным расстоянием 4 м. Определить длину спектра первого порядка на экране.
151. * Определить дисперсию и разрешающую способность дифракционной решетки длиной 6 мм с периодом 3 мкм в спектре третьего порядка для линии водорода с длиной волны 656.3 нм и угол, соответствующий интервалу длин волн $\Delta\lambda=10^{-8}$ м. Найти минимальный интервал $\delta\lambda$ между разрешаемыми спектральными линиями.
 152. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Какова должна быть постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении 41° совпадали максимумы линий 556.3 и 410.2 нм?
 153. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. При повороте трубы гониометра на угол φ в поле зрения видна линия 440 нм в спектре третьего порядка. Будут ли видны под этим же углом другие спектральные линии, соответствующие длинам волн в пределах видимого спектра (от 400 до 700 нм)?
 154. Дифракционная решетка с 5500 штрих/см имеет ширину 3.6 см. На решетку падает свет с длиной волны 624 нм. На сколько могут различаться две длины волны, если их надо разрешить в любом порядке? В каком порядке достигается наилучшее разрешение?
 155. # Какова должна быть постоянная дифракционной решетки, чтобы в первом порядке были разрешены линии спектра калия 404.4 нм и 404.7 нм? Ширина решетки 3 см.
 156. Угловая дисперсия дифракционной решетки для длины волны 668 нм в спектре первого порядка $d\varphi/d\lambda=2.02\cdot 10^5$ рад/м. Найти период дифракционной решетки.
 157. Какое фокусное расстояние должна иметь линза, проецирующая на экран спектр, полученный при помощи дифракционной решетки, чтобы расстояние между двумя линиями калия 404.4 и 404.7 нм в спектре первого порядка было равно 0.1 мм? Постоянная решетки 2 мкм.
 158. Что произойдет с дифракционной картиной, если щели дифракционной решетки перекрыть через одну?
 159. Половина дифракционной решетки перекрывается с одного края непрозрачной преградой, в результате чего число штрихов уменьшается в два раза. Как изменятся при этом: а) положения главных максимумов; б) интенсивность центрального максимума; в) ширина максимумов?

г. Разрешающая способность объектива.

160. Имеется зрительная труба с диаметром объектива 5 см. Определить разрешающую способность объектива трубы и минимальное расстояние между двумя точками, находящимися на расстоянии 3 км от трубы, которое она может разрешить. Длина волны 550 нм.
161. Вычислить наименьшее расстояние между двумя точками на Луне, которое можно разрешить рефлектором с диаметром зеркала 5 м. Длина волны 550 нм. Расстояние от Земли до Луны равно $3.84\cdot 10^8$ м.

162. В зрительную трубу рассматривается лунная поверхность. Диаметр объектива трубы 4 см. При каком минимальном расстоянии между двумя кратерами их можно увидеть раздельно? Длину волны принять равной 600 нм. Расстояние от Земли до Луны равно $3.84 \cdot 10^8$ м.
163. * В растровом рисунке изображение образовано точками различной насыщенности (т.е. разной «жирности»). Начиная с какого расстояния глаз перестает различать отдельные точки, и рисунок будет выглядеть как непрерывный переход от более светлых мест к более темным, если число точек на 1 см^2 равно 2500? Сравнить результат с расстоянием наилучшего зрения. Диаметр зрачка принять равным 4 мм, а длину волны равной 600 нм.
164. # Можно ли различить невооруженным глазом два находящиеся на расстоянии 2 км столба, отстоящих друг от друга на 1 м? Диаметр зрачка принять равным 4 мм.

д. Дифракция на пространственной решетке.

165. # Английские физики У.Г. и У.Л. Брэгги (отец и сын Брэгги) впервые измерили в 1913 г. длину волны рентгеновских лучей. Измерив углы, под которыми возникают дифракционные максимумы при отражении от монокристалла каменной соли, Брэгги нашли длину волны. Вычислить длину волны использованного в данном опыте рентгеновского излучения, если максимумы интенсивности были получены при углах скольжения, равных $5^{\circ}59'$, $12^{\circ}3'$ и $18^{\circ}14'$. Каменная соль NaCl принадлежит к кубическому типу симметрии; ее плотность 2160 кг/м^3 .
166. * На поликристаллический образец меди падает узкий пучок рентгеновского излучения с длиной волны 21.4 пм. За образцом на расстоянии 10 см от него установлена фотопластинка. Найти радиусы колец, образующихся на фотопластинке за счет дифракционных максимумов первого и второго порядков, возникающих при отражении от атомных плоскостей, параллельных граням кристаллической ячейки. Ячейка меди является кубической гранецентрированной. Плотность меди 8600 кг/м^3 .
167. Узкий пучок рентгеновских лучей падает под углом скольжения 60° на грань монокристалла NaCl, плотность которого 2160 кг/м^3 . При зеркальном отражении от этой грани образуется максимум второго порядка. Определить длину волны излучения.
168. При прохождении пучка рентгеновских лучей с длиной волны 17.8 пм через поликристаллический образец на экране, расположенном на расстоянии 15 см от образца, образуется система дифракционных колец. Определить радиус светлого кольца, соответствующего второму порядку отражения от системы плоскостей с межплоскостным расстоянием 155 пм.

4. Поляризация, поглощение

$\operatorname{tg} i_B = n_{21}$ – закон Брюстера;

$I = I_0 \cos^2 \varphi$ – закон Малюса;

$\varphi = [\alpha]Cd$ – угол поворота плоскости поляризации оптически активными веществами;

$I = I_0 \exp(-\kappa l)$ – закон Бугера; $I = I_0 \exp(-\chi Cl)$ – закон Бугера-Ламберта-Бэра.

а. Закон Брюстера

169. Свет падает на стекло с показателем преломления 1.72 под таким углом, что отражения света не происходит. Определить угол между преломленным лучом и направлением предельного преломления.
170. Определить угол полной поляризации, если свет падает из воды (показатель преломления 1.33) в стекло (1.6). Как поляризован падающий луч, если в этом случае отраженные лучи отсутствуют?
171. Определить скорость света в алмазе, если угол полной поляризации света при отражении от поверхности алмаза равен $67^{\circ}30'$.
172. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторой жидкости равен 49° . Определить угол полной поляризации.
173. Естественный луч света падает на поверхность стеклянной пластинки, погруженной в жидкость. Показатель преломления стекла равен 1.5. Отраженный от пластинки луч образует угол 97° с падающим лучом. Определить показатель преломления жидкости, если отраженный луч поляризован.

б. Закон Малюса

174. Один поляризатор пропускает 30% света, если на него падает естественный свет. После прохождения света через 2 поляризатора интенсивность падает до 9%. Найти угол между осями поляризаторов.
175. Луч света последовательно проходит через 2 николя, плоскости пропускания которых образуют угол 40° . Принимая, что коэффициент поглощения каждого николя равен 0.2, найти, во сколько раз луч, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с лучом, падающим на первый николю. Свет естественный.
176. Угол α между плоскостями пропускания поляризаторов равен 60° . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в 16 раз. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения света в поляризаторах.
177. Два николя расположены так, что угол между плоскостями их главных сечений равен 30° . Во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света при прохождении через оба николя? Коэффициент отражения на грани призмы 5%, коэффициент поглощения 2 м^{-1} , толщина каждого николя 5 см.

178. Плоскополяризованный свет падает на николю так, что угол между плоскостями поляризации света и главного сечения николя равен 60° . Определить толщину николя, если интенсивность света уменьшилась в 6 раз. Коэффициент отражения на грани призм $\rho=0.1$, коэффициент поглощения $K=2 \text{ м}^{-1}$.
179. Пучок естественного света падает на систему из 4-х николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол 30° относительно плоскости пропускания каждого предыдущего николя. Какая часть энергии падающего пучка проходит через такую систему?
180. Естественный свет проходит через два николя. Каков угол между главными сечениями николей, если после удаления одного из них яркость выходящего пучка увеличилась вдвое? Потери энергии в каждом николе составляют 10%.
181. Для сравнения яркости освещения двух поверхностей одну из них рассматривают непосредственно, а вторую – через два николя. Каково отношение яркостей поверхностей, если освещение обеих поверхностей кажется одинаковым при угле между николями 70° ? Каждый николю поглощает 10% проходящей через него энергии.
182. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ?
183. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшилась в 4 раза? Поглощением пренебречь.
184. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшится в 6 раз? Поглощение света в поляризаторе и анализаторе по 15%.
185. Если между двумя скрещенными поляроидами поместить третий, оптическая ось которого составляет угол α с оптической осью поляризатора, то поле зрения просветлеет. При каком угле α просветление максимальное? Найти максимальную интенсивность прошедшего света, если на поляроиды падал естественный свет с интенсивностью $I_{\text{ест.}}$.
186. Угол между плоскостями поляризации двух поляроидов 35° . Как изменится интенсивность прошедшего через них света, если этот угол увеличить вдвое?
187. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, поставленные так, что угол между их главными плоскостями равен α . Как поляризатор, так и анализатор поглощают и отражают 8% падающего на них света. Оказалось, что интенсивность луча, вышедшего из анализатора, равна 9% интенсивности естественного света, падающего на поляризатор. Найти угол α .

188. При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит 30% светового потока, а через два таких поляризатора – 13.5%. Найти угол между плоскостями пропускания этих поляризаторов.
189. Плоскополяризованный свет интенсивностью 100 лм/м^2 проходит последовательно через два поляризатора, плоскости которых образуют с плоскостью колебаний в исходном луче углы 20° и 50° (углы отсчитываются от плоскости колебаний по часовой стрелке, если смотреть вдоль луча). Определить интенсивность света по выходе из второго поляризатора.

в. Вращение плоскости поляризации

190. Интенсивность плоскополяризованного света, прошедшего через поляроид, уменьшилась в два раза. После того, как перед поляроидом установили пластинку оптически активного кристалла толщиной $5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, интенсивность света, вышедшего из поляроида, уменьшилась в 4 раза по сравнению с начальной. Определить постоянную вращения кристалла.
191. На систему из двух скрещенных поляроидов падает естественный свет. После того, как между поляроидами установили кювету с раствором сахара длиной 20 см, интенсивность света, вышедшего из второго поляроида, оказалась в 4 раза меньше интенсивности естественного света. Определить концентрацию раствора, если удельное вращение сахара $0.665 \text{ град} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$. Потерями на поглощение пренебречь.
192. Пластинка из кварца толщиной $d=2 \text{ мм}$ поворачивает плоскость поляризации монохроматического света на угол 53° . Какой наименьшей толщины d_{\min} следует поместить пластинку между параллельными николями, чтобы поле зрения поляризатора стало совершенно темным?
193. Кварцевую пластинку поместили между скрещенными николями. При какой наименьшей толщине d_{\min} кварцевой пластинки поле зрения между николями будет максимально осветлено? Постоянная вращения α кварца равна 27 град/мм .
194. При прохождении света через трубку длиной 0.2 м, содержащую раствор сахара с концентрацией 10%, плоскость поляризации света повернулась на угол 13.3° . Определить концентрация другого раствора, налитого в трубку длиной 0.15 м, если угол поворота плоскости поляризации для второго раствора 5.2° .
195. Концентрация раствора сахара, налитого в стеклянную трубку, равна 300 кг/м^3 . Раствор вращает плоскость поляризации на 25° . Определить концентрацию раствора в другой такой же трубке, если он вращает плоскость поляризации на 20° .
196. Определить постоянную вращения кварца, если кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно оптической оси и помещенная между николями с параллельными главными плоскостями, полностью затемняет поле зрения. Толщина пластинки $4.02 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

197. При прохождении света через слой десятипроцентного сахарного раствора толщиной 15 см плоскость поляризации света повернулась на угол 12.9° . В другом растворе в слое толщиной 12 см плоскость поляризации повернулась на угол 7.2° . Найти концентрацию второго раствора.
198. Между скрещенными николями поляриметра поместили трубку с сахарным раствором. Поле зрения при этом стало максимально светлым. Определить длину трубки, если концентрация сахара 270 кг/м^3 , а его удельное вращение $0.665 \text{ град}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$.
199. Плоскополяризованный монохроматический луч света падает на поляроид и полностью им гасится. Когда на пути луча поместили кварцевую пластинку, интенсивность луча света после поляроида стала равна половине интенсивности луча, падающего на поляроид. Определить толщину кварцевой пластины. Постоянная вращения кварца 48.9 град/мм .

г. Двойное лучепреломление

200. Определить наименьшую толщину пластинки в четверть длины волны из исландского шпата. Как должна быть направлена оптическая ось кристалла относительно граней такой пластинки (длина волны 589 нм , показатели преломления обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно 1.66 и 1.49)?
201. Плоско поляризованный свет падает нормально на пластинку в четверть длины волны. Поверхность пластинки параллельна оптической оси. Какой угол с оптической осью должна образовывать плоскость поляризации падающего света, чтобы после прохождения пластинки получился поляризованный по кругу свет?

д. Поглощение света

202. Коэффициент поглощения красного света с длиной волны $\lambda=0.7\cdot 10^{-6} \text{ м}$ в воде равен 2.4 м^{-1} . Какой толщины слой воды должен пройти параллельный пучок лучей, чтобы световой поток уменьшился в два раза?
203. При прохождении в некотором веществе пути l интенсивность света уменьшается в 2 раза. Во сколько раз уменьшится интенсивность при прохождении пути $3l$?
204. В некоторой среде распространяется плоская монохроматическая световая волна. Коэффициент поглощения среды для данной длины волны 1 м^{-1} (коэффициентом поглощения такого порядка обладает стекло). На сколько процентов уменьшается интенсивность света при прохождении волной пути, равного: а) 5 мм (оконное стекло); б) 10 мм (зеркальное стекло); в) 1 м; г) 4.6 м?

205. *На пути частично поляризованного света поместили поляризатор. При повороте поляризатора на угол 60° из положения, соответствующего максимуму пропускания, интенсивность прошедшего света уменьшилась в 3 раза. Найти степень поляризации падающего света. (Степень

- поляризации равна $\alpha=(I_{\max}-I_{\min})/(I_{\max}+I_{\min})$, где I_{\max} и I_{\min} – интенсивности, соответствующие максимальному и минимальному пропусканию.)
206. *Плоскополяризованный свет падает нормально на пластинку толщиной в четверть волны. Какой угол с направлением оптической оси должна образовать плоскость поляризации падающего света, чтобы после прохождения пластинки получился эллиптически поляризованный свет? При повороте анализатора отношение максимальной освещенности к минимальной равно 2. Потерями на отражение и поглощение в пластинке пренебречь.
207. *Определить, во сколько раз изменится интенсивность частично поляризованного света, рассматриваемого через николю, при повороте николя на 60° по отношению к положению, соответствующему максимальной интенсивности. Степень поляризации света, равная $\alpha=(I_{\max}-I_{\min})/(I_{\max}+I_{\min})=0.5$.
208. *Имеются два одинаковых несовершенных поляризатора, каждый из которых в отдельности дает степень поляризации 0.8. Какова будет степень поляризации света, прошедшего последовательно через оба поляризатора, если плоскости поляризаторов: а) параллельны; б) перпендикулярны друг другу? (Степень поляризации равна $\alpha=(I_{\max}-I_{\min})/(I_{\max}+I_{\min})$, где I_{\max} и I_{\min} – интенсивности, соответствующие максимальному и минимальному пропусканию.)
209. *Заполненный нитробензолом сосуд, в котором расположены пластины плоского конденсатора (ячейка Керра), при подаче на конденсатор напряжения приобретает свойства двоякопреломляющего кристалла с оптической осью, параллельной напряженности электрического поля в конденсаторе. Разность показателей преломления необыкновенного и обыкновенного лучей пропорциональна квадрату напряженности поля. При прохождении света через ячейку между составляющей светового вектора, параллельной полю, и составляющей, перпендикулярной полю, возникает разность фаз δ , пропорциональная длине конденсатора l , что принято записывать в виде: $\delta=2\pi V/E^2$, где V – характеристика вещества, называемая постоянной Керра. Эта постоянная зависит от длины волны света и температуры. У нитробензола при комнатной температуре для длины волны 600 нм постоянная Керра $V=2.2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{В}^2$. Поместим ячейку Керра между скрещенными поляризаторами так, оптическая ось ячейки, то есть направление электрического поля, образует с плоскостями поляризаторов угол 45° . Длина ячейки $l=10$ см. Определить минимальное значение напряженности поля, при котором система будет пропускать максимальную долю падающего на нее света. Сколько просветлений и затемнений ячейки произойдет за время, в течение которого напряженность поля возрастет от нуля до $3.38 \cdot 10^6 \text{ В/м}$?
210. *На описанную в предыдущей задаче систему, состоящую из ячейки Керра и двух скрещенных поляризаторов, подается переменное напряжение частоты 50 Гц. Амплитудное значение напряженности

электрического поля равно $3.38 \cdot 10^6$ В/м. Сколько раз будет прерывать свет такой световой затвор в течение 1 секунды?

Квантовая физика

5. Тепловое излучение

$r_{\nu,T} = \frac{dW_{\text{излуч.}}}{dt \Delta S d\nu}$ – спектральная плотность энергетической светимости (монокроматическая излучательная способность);

$R_T = \frac{dW_{\text{излуч.}}}{dt \Delta S}$ – полная (интегральная) энергетическая светимость;

$R_T = \int_0^{\infty} r_{\nu,T} d\nu$ – связь полной и монокроматической излучательной способности;

$a_{\nu,T} = \frac{dW_{\text{поглощ.}}}{dW_{\text{падающ.}}}$ – спектральная поглощательная способность, для абсолютно черного тела $a_{\nu,T}^{\text{а.ч.м.}} = 1$;

$\frac{r_{\nu,T}}{a_{\nu,T}} = \varepsilon_{\nu,T}^{\text{а.ч.м.}}$ – закон Кирхгофа, где $\varepsilon_{\nu,T}^{\text{а.ч.м.}}$ – универсальная функция Кирхгофа, одинаковая для всех тел;

$\lambda_m = \frac{b}{T}$ – закон смещения Вина, где $b = 2.90 \cdot 10^{-3}$ м·К;

$r_{\lambda,T \text{ max}} = b' T^5$ – второй закон Вина, где $b' = 1.29 \cdot 10^{-5}$ Вт·м⁻³·К⁻⁵;

$R_T = \sigma T^4$ – закон Стефана-Больцмана (для абсолютно черного тела), где $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.67 \cdot 10^{-8}$ Вт·м⁻²·К⁻⁴;

$R_T = a \sigma T^4 = \sigma T_{\text{рад}}^4$ – для серого тела, где a – коэффициент серости (черноты);

$\varepsilon_{\nu,T} = 2\pi \frac{\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$ – формула Планка.

211. Приняв температуру Солнца равной 6000 К, определить: а) мощность, излучаемую с 1 м² его поверхности, б) длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности энергетической светимости, в) максимальную спектральную плотность энергетической светимости. Принять Солнце за абсолютно черное тело.
212. Температура «голубой» звезды 30000 К. Определить: а) интегральную интенсивность излучения, б) длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности энергетической светимости, в) максимальную спектральную плотность энергетической светимости.
213. # Температура абсолютно черного тела увеличилась в 2 раза, в результате чего длина волны, на которую приходится максимум спектральной

- плотности энергетической светимости, уменьшилась на $6 \cdot 10^{-7}$ м. Определить начальную и конечную температуру тела.
214. # Какую температуру должно иметь тело, чтобы оно при температуре окружающей среды 290 К излучало в 100 раз больше энергии, чем поглощало?
215. # По пластинке длиной $3 \cdot 10^{-2}$ м и шириной $1 \cdot 10^{-2}$ м проходит ток напряжением 2 В. После установления теплового равновесия температура пластинки составила 1050 К. Определить силу тока, если поглощательная способность пластинки 0.8. Температуру пластинки считать постоянной по всей ее площади.
216. # Теплопроводящий шар по размеру равен объему Земли ($R=6.4 \cdot 10^6$ м). Удельная теплоемкость 200 Дж/кг·К, плотность шара 5500 кг/м³, начальная температура 300 К. Определить время остывания шара на 0.001 К. Шар считать абсолютно черным.
217. Какую долю энергии, ежесекундно получаемой от Солнца, излучал бы земной шар, если бы температура его поверхности везде равнялась бы 273 К и коэффициент поглощения равнялся бы 1? Солнечная постоянная (мощность излучения, падающего на единицу площади, помещенной перпендикулярно солнечным лучам за пределами земной атмосферы на расстоянии от Солнца, равном среднему расстоянию между Землей и Солнцем) равна 2 кал/см²·мин (перевести в единицы СИ).
218. # При какой температуре давление теплового излучения равно нормальному атмосферному (иметь в виду, что давление теплового излучения $p=w/3$, где w – объемная плотность энергии излучения, а полная энергетическая светимость $R_T=wc/4$, где c – скорость света)?
219. При какой концентрации n молекул газа его давление равно давлению теплового излучения при той же температуре (иметь в виду, что давление теплового излучения $p=w/3$, где w – объемная плотность энергии излучения, а полная энергетическая светимость $R_T=wc/4$, где c – скорость света)? Температура равна 300 К.
220. Солнечная постоянная E_c (мощность излучения, падающего на единицу площади, помещенной перпендикулярно солнечным лучам за пределами земной атмосферы на расстоянии от Солнца, равном среднему расстоянию между Землей и Солнцем $1.5 \cdot 10^8$ км) равна 1400 Вт/м². Определить радиационную температуру поверхности Солнца, если его радиус $R_c=6.9 \cdot 10^5$ км.
221. Объектив диаметром 5 см фокусирует солнечный свет на абсолютно черный шар диаметром 1 мм, находящийся в высоком вакууме. Определить температуру шара. Плотность потока солнечной энергии (солнечная постоянная) $E_c=1400$ Вт/м², температура стенок вакуумированного сосуда 300 К. Потерями энергии в объективе пренебречь.
222. # Определить температуру абсолютно черной теплопроводящей пластинки, расположенной за пределами земной атмосферы

- перпендикулярно лучам Солнца, если при этом на каждый $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ за 60 с падает 8.2 Дж энергии. Излучение считать равновесным.
223. Определить температуру абсолютно черной не теплопроводящей пластинки, расположенной за пределами земной атмосферы перпендикулярно лучам Солнца, если при этом на каждый $1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ за 60 с падает 8.2 Дж энергии. Излучение считать равновесным.
224. Определить температуру теплопроводящей сферы, помещенной за пределами земной атмосферы. Сферу считать абсолютно черной, а излучение равновесным. Солнечная постоянная равна 1400 Вт/м^2 .
225. Определить лучистые теплотери человека в мороз при температуре воздуха 250 К за 1 минуту. Площадь поверхности человека 2 м^2 , поглощательная способность 0.2.
226. Вычислить энергию, теряемую человеком каждую секунду при теплообмене лучеиспусканием (и поглощением) с окружающей средой. Рассмотреть два случая: а) раздетый человек; б) человек, одетый в костюм из шерстяной ткани. Принять коэффициент поглощения кожи человека 0.9, шерстяной ткани 0.76. Температуры поверхности кожи 30° , поверхности ткани 20° и окружающего воздуха 18° . Площадь поверхности 1.2 м^2 .
227. Температура «голубой» звезды и ее диаметр в 5 раз больше температуры и диаметра Солнца. Определить расстояние планеты, идентичной Земле, от «голубой» звезды, если температурный режим на этой планете одинаков с земным. Среднее расстояние между Землей и Солнцем равно $1.5 \cdot 10^8 \text{ км}$.
228. Определить поглощательную способность a серого тела, температура которого равна 1400 К , если тело нагревается током силой 1 А , падение напряжения на клеммах, соединенных с телом, 200 В , а площадь поверхности тела $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.
229. Поток излучения абсолютно черного тела 10^4 Вт , максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны 10^{-6} м . Определить площадь излучающей поверхности.
230. # Температура абсолютно черного тела 1000 К . Определить амплитуду вектора напряженности электрической составляющей электромагнитной волны, излучаемой этим телом. (Иметь в виду, что полная энергетическая светимость $R_T = wc/4$, где c – скорость света, а w – объемная плотность энергии излучения.) Излучение распространяется в вакууме.
231. Определить радиус сферического зеркала, используемого в качестве конденсора гелиопечи, в фокусе которой помещен цилиндрический теплопроводящий образец высотой $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ и радиусом $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, плавящийся при температуре 1300 К . Излучение сфокусировано на дно цилиндра. Гелиопечь находится в вакуумированном сосуде.
232. # Какова предельная температура нагревания электроутюга мощностью 600 Вт в вакууме, если площадь излучающей поверхности $3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, а поглощательная способность $a=0.2$? Температура поля излучения окружающей среды $T_0=300 \text{ К}$.

233. # Найти с помощью формулы Планка мощность излучения единицы поверхности абсолютно черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн 1 нм вблизи максимума спектральной плотности излучения при температуре тела 3000 К.
234. Полагая, что Солнце обладает свойствами абсолютно черного тела, определить интенсивность солнечного излучения вблизи Земли за пределами ее атмосферы (солнечную постоянную). Температура солнечной поверхности равна 5785 К.
235. Определить температуру и полную испускательную способность абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны 400 нм.
236. Как и во сколько раз изменится полная испускательная способность абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместился с красной границы видимого спектра (780 нм) на фиолетовую (390 нм)?
237. Температура вольфрамовой спирали электрической лампочки равна 2450 К, мощность излучения равна 25 Вт. Отношение интенсивности ее излучения к интенсивности абсолютно черного тела при данной температуре равно 0.3. Найти площадь излучающей поверхности спирали.
238. Абсолютно черное тело находится при температуре 3000 К. В результате остывания этого тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на 12 мкм. До какой температуры охладилось тело?
239. Из смотрового окошечка печи излучается поток 4 кДж/мин. Определить температуру печи, если площадь окошечка 8 см², и длину волны, на которую приходится максимум энергии излучения.
240. Определить количество теплоты, теряемое поверхностью расплавленной платины площадью 50 см² за 1 минуту, если поглощательная способность платины равна 0.8. Температура плавления платины 1770⁰С.
241. Полная энергетическая светимость черного тела 10 кВт/м². Определить длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности энергетической светимости этого тела.
242. # Металлическая поверхность площадью 15 см², нагретая до 3000 К, излучает за 1 минуту энергию 100000 Дж. Найти коэффициент серости поверхности и радиационную температуру. Чему равна энергия, которую излучала бы эта поверхность, если бы была абсолютно черной?
243. * Металлический шар радиусом 1 см и теплоемкостью 14 Дж/К при температуре 1200 К выброшен в межпланетное пространство. Найти закон убывания температуры со временем, если коэффициент поглощения 0.4. Через сколько времени температура шара уменьшится вдвое?
244. * Радиусы двух шаров, сделанных из одинакового металла и выброшенных в межпланетное пространство, отличаются в N раз. Их начальная температура одинакова. Во сколько раз отличается время их остывания?
245. * Определить относительную погрешность в определении постоянной

- Планка по результатам пирометрического исследования теплового излучения серого тела, проведенным без учета его интегральной степени черноты. Радиационная температура, измеренная экспериментально, 1400 К. Температура, определяемая одновременно термопарой, равна 1700 К.
246. Медный шарик диаметром 1.2 см поместили в откачанный сосуд, температура стенок которого поддерживается близкой к абсолютному нулю. Начальная температура шарика 300 К. Считая поверхность шарика абсолютно черной, найти, через какое время его температура уменьшится в 2 раза. Плотность меди равна 8600 кг/м^3 , удельная теплоемкость – 395 Дж/(кг·К) .
247. * Нагретый шар диаметром 4 мм помещен внутрь полого тонкостенного шара диаметром 1 м. Температура стенок внешнего шара 300 К. Во внешнем шаре сделано смотровое окошко диаметром 1 см, из которого каждую секунду выходит лучистый поток, несущий энергию 10^{-3} Дж . Определить температуру нагретого шара.
248. # По пластинке идет электрический ток, в результате чего она достигает равновесной температуры 1400 К. После этого мощность электрического тока уменьшается в два раза. Определить новую равновесную температуру.
249. # Равновесная температура тела равняется T_1 . Площадь излучения S , поглощательная способность a . Выделяемая в теле мощность увеличивается на ΔP . Определить новую равновесную температуру.
250. * Металлический шар радиусом 1 см с теплоемкостью 14 Дж/К при температуре 1200 К помещен в печь с температурой 300 К. Поглощательная способность шара равна 0.4. Найти зависимость между временем остывания шара и температурой. Через сколько времени температура шара станет равной 600 К?

6. Квантовые свойства света.

а) Энергия, импульс фотона. Давление света

$$E_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ — энергия фотона;}$$

$$p_\gamma = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \text{ — импульс фотона;}$$

$$p = \frac{E_e}{c}(1 + \rho) = w(1 + \rho) \text{ — давление света;}$$

$$I = \frac{dW}{\Delta S dt} \text{ — интенсивность света.}$$

251. # Лампочка карманного фонаря потребляет мощность 1 Вт. Приняв, что эта мощность рассеивается во всех направлениях в виде излучения и что средняя длина волны излучения лампочки равна 1 мкм, определить число фотонов, падающих на 1 см^2 площадки, поставленной перпендикулярно лучам на расстоянии 1 км, в течение 1 с.

252. # Найти показатель преломления среды, в которой свет с энергией кванта $4.4 \cdot 10^{-19}$ Дж имеет длину волны 330 нм.
253. В параллельном пучке $7.6 \cdot 10^3$ фотонов имеют суммарный импульс, равный среднему импульсу атома гелия при температуре 300 К. Определить длину волны света.
254. При какой температуре средняя энергия молекул трехатомного газа равна энергии фотонов, соответствующих частоте $6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$?
255. Определить энергию и импульс фотона, длина волны которого соответствует длине волны максимальной чувствительности глаза человека 550 нм.
256. На расстоянии 5 м от точечного монохроматического изотропного источника света с длиной волны $5 \cdot 10^{-7}$ м расположена площадка площадью 10^{-6} м^2 перпендикулярно падающим лучам. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на площадку. Мощность излучения 100 Вт.
257. # Энергия, излучаемая в безвоздушном пространстве абсолютно черным шаром диаметром 10 см за 1 с, равна $7 \cdot 10^8$ Дж. Определить энергию и импульс фотона, длина волны которого равна длине волны, соответствующей максимуму излучательной способности этого шара.
258. Найти энергию фотона, импульс которого равен импульсу молекулы водорода при температуре 40°C . Скорость молекулы считать равной средней квадратичной скорости.
259. Определить длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, прошедшего разность потенциалов 9.8 В.
260. Импульс, переносимый плоским монохроматическим потоком за 5 с через площадку 10^{-3} м^2 , перпендикулярную световому потоку, равен $10^{-11} \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$. Определить интенсивность света и давление, оказываемое им на площадку. Коэффициент отражения 0.5.
261. Монохроматический параллельный пучок света с длиной волны $6.6 \cdot 10^{-7}$ м нормально падает на зачерненную поверхность. Определить число фотонов, ежесекундно поглощаемых 1 см^2 поверхности, если давление света на поверхность равно 0.1 Па.
262. Коэффициент трения покоя колес автомобиля о поверхность дороги 0.1, масса автомобиля 10^3 кг. Автомобиль находится в незаторможенном состоянии на горизонтальной дороге. Определить мощность монохроматического светового потока, необходимую для того, чтобы привести автомобиль в движение. Считать столкновение фотонов с лобовой поверхностью автомобиля центральным и неупругим. Известны ли вам подобные источники света?
263. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, равно 4 мПа. Определить концентрацию фотонов вблизи поверхности, если длина волны света 500 нм.
264. На зеркальную поверхность площадью 10^{-4} м^2 падает нормально поток излучения 1 Вт. Определить давление и силу давления света на эту поверхность.

265. Поток энергии, излучаемой электрической лампочкой, равен 600 Вт. На расстоянии 1 м от лампочки перпендикулярно к падающим лучам расположено круглое плоское зеркало диаметром 2 см. Определить силу светового давления на зеркало. Лампочку рассматривать как точечный изотропный излучатель.
266. # Монохроматический пучок света интенсивностью 0.1 Вт/см^2 падает под углом 30° на плоскую отражающую поверхность с коэффициентом отражения 0.7. Определить нормальное давление, оказываемое светом на эту поверхность.
267. # Определить давление на стенки электрической 150-ваттной лампочки, принимая, что вся потребляемая мощность идет на излучение и стенки лампочки отражают 15% падающего на них света. Считать лампочку сферическим сосудом радиусом 4 см.
268. Свет падает на плоскую пластинку под углом $\alpha \neq 0$. В каком направлении будет отталкиваться пластинка, если: а) поверхность поглощает весь свет; б) поверхность зеркально отражает свет?

б) Внешний фотоэлектрический эффект

$$h\nu = A_{\text{вых.}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = h\nu_0 + eU_s - \text{уравнение Эйнштейна для фотоэффекта;}$$

$$\nu_0 = \frac{A_{\text{вых.}}}{h}; \lambda_0 = \frac{ch}{A_{\text{вых.}}} - \text{красная граница фотоэффекта;}$$

269. Найти длину волны света, которым освещается поверхность металла, если фотоэффект исчезает при задерживающей разности потенциалов 0.3 В, а работа выхода электрона из металла $7.5 \cdot 10^{-19}$ Дж.
270. Определить работу выхода электрона из рубидия и цинка, если для этих металлов красная граница фотоэффекта соответствует частотам $3.7 \cdot 10^{14}$ Гц и $8.1 \cdot 10^{14}$ Гц.
271. Рубидий освещают светом с длиной волны 600 нм, а натрий - светом с частотой $7.5 \cdot 10^{15}$ Гц. Работа выхода для этих металлов $2.5 \cdot 10^{-19}$ Дж и $8 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найти отношение максимальных скоростей фотоэлектронов.
272. Калий с работой выхода $3.2 \cdot 10^{-19}$ Дж освещается монохроматическим светом с длиной волны $5.09 \cdot 10^{-7}$ м. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов. Сравнить ее со средней энергией теплового движения электронов при температуре 290 К.
273. # Монохроматическое излучение с длиной волны 600 нм падает на фоточувствительную поверхность, чувствительность которой $9 \cdot 10^{-3}$ А/Вт, освобождая при этом 930 фотоэлектронов. Определить число квантов, попавших на поверхность.
274. # Железный шарик, отдаленный от других тел, облучают монохроматическим светом с длиной волны $2 \cdot 10^{-7}$ м. До какого максимального потенциала зарядится шарик, теряя фотоэлектроны? Работа выхода из железа $6.9 \cdot 10^{-19}$ Дж.

275. Кванты света с энергией $7.8 \cdot 10^{-19}$ Дж вырывают фотоэлектроны из металла с работой выхода $7.2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете электрона.
276. Плоская вольфрамовая пластина освещается светом с длиной волны 0.2 мкм. Найти напряженность однородного задерживающего поля вне пластины, если фотоэлектрон может удалиться от нее на расстояние 4 см. Работа выхода электрона из вольфрама 4.5 эВ.
277. На поверхность никеля падает монохроматический свет с длиной волны 200 нм. Красная граница фотоэффекта для никеля 248 нм. Определить энергию падающих фотонов, работу выхода электронов, кинетическую энергию электронов и их скорость.
278. # На поверхность металла падает монохроматическое излучение с длиной волны 0.1 мкм. Красная граница фотоэффекта 0.3 мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?
279. Фотоэлектроны, вырываемые с поверхности некоторого металла светом с частотой $2.2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, полностью задерживаются потенциалом 6.6 В, а вырываемые светом с частотой $4.6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ – потенциалом 16.5 В. Найти постоянную Планка.
280. Определить скорость фотоэлектрона, вырванного с поверхности металла γ -квантом с энергией 1.53 МэВ.
281. Цинковую пластинку освещают ультрафиолетовым светом с длиной волны 30 нм. Определить, на какое расстояние от пластинки может удалиться электрон, если вне пластинки имеется задерживающее однородное электрическое поле с напряженностью 10 В/см. $A_{\text{вых.}} = 5.4 \cdot 10^{-19}$ Дж.

в) Эффект Комптона

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) - \text{изменение длины волны при эффекте Комптона.}$$

282. Фотон с длиной волны 10 пм в результате эффекта Комптона был рассеян на электроне на угол 120° . Определить длину волны рассеянного фотона и его импульс.
283. Фотон с энергией $2mc^2$ был рассеян на свободном электроне. Определить максимальную длину волны фотона после рассеяния и кинетическую энергию электрона отдачи (m – масса электрона, c – скорость света).
284. # Фотон с энергией mc^2 при эффекте Комптона на свободном электроне был рассеян на угол 90° (m – масса электрона). Определить импульс электрона.
285. # Фотон рассеивается на покоящемся протоне. Энергия рассеянного фотона равна кинетической энергии протона отдачи, угол рассеяния 90° . Найти энергию падающего фотона.
286. Вычислить максимальное изменение длины волны при рассеянии фотонов на протонах.

287. При рассеянии фотона на покоящемся электроне длина волны фотона, рассеянного под углом 90° , изменилась вдвое. Определить импульс и кинетическую энергию электрона отдачи.
288. Определить угол, на который был рассеян γ -квант с энергией 1.02 МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи равна 0.51 МэВ.
289. Угол рассеяния фотона при эффекте Комптона 90° . Угол отдачи электрона 30° . Определить энергию падающего фотона.
290. Фотон с энергией 0.3 МэВ рассеялся под углом 180° на свободном электроне. Определить долю энергии фотона, приходящуюся на рассеянный фотон.
291. Фотон с длиной волны 0.1 нм рассеялся на свободном электроне под углом 90° . Какую долю своей энергии фотон передал электрону?
292. # Пользуясь законами сохранения импульса и энергии, показать невозможность фотоэлектрического поглощения фотона свободным электроном.

7. Строение атома.

а) Постулаты Бора

$m_e v r = n \hbar$, $n = 1, 2, 3, \dots$ – постулат стационарных состояний (первый постулат Бора);

$h\nu = E_m - E_n$ – правило частот (второй постулат Бора);

$E_n = -\frac{z^2 m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2}$ – полная энергия электрона водородоподобного иона, где $n = 1, 2, \dots, \infty$.

293. Чему равен по теории Бора орбитальный момент электрона, движущегося по второй орбите атома водорода? Чему равен радиус этой орбиты, если известен орбитальный момент электрона?
294. Пользуясь теорией Бора, определить для электрона, находящегося на первой и второй орбитах в атоме водорода, отношение: а) радиусов орбит (r_2/r_1); б) отношение магнитного момента к механическому (p_m/L) для каждой орбиты. На какой орбите и во сколько раз полная энергия электрона больше?
295. Вычислить для атома водорода радиус первой боровской орбиты; скорость и ускорение электрона на ней.
296. Вычислить угловую скорость электрона на третьей стационарной орбите атома водорода.
297. Вычислить период обращения электрона на второй стационарной орбите атома водорода.
298. Исходя из теории Бора, найти орбитальную скорость электрона на произвольном энергетическом уровне. Во сколько раз орбитальная скорость на наименьшем энергетическом уровне меньше скорости света?

299. Вычислить радиус первой борховской орбиты однократно ионизированного атома гелия. Сравнить его с радиусом первой борховской орбиты в атоме водорода.
300. # Вычислить, пользуясь теорией Бора, скорость и ускорение электрона, находящегося на первой стационарной орбите однократно ионизированного атома гелия.
301. Вычислить, пользуясь теорией Бора, угловую скорость электрона, находящегося на первой стационарной орбите однократно ионизированного атома гелия.
302. Вычислить период обращения электрона на первой стационарной орбите однократно ионизированного атома гелия.
303. На сколько полная энергия электрона на второй стационарной орбите атома водорода больше (по абсолютному значению), чем на первой?
304. # Найти числовые значения кинетической, потенциальной и полной энергии электрона на первой борховской орбите атома ${}^1\text{H}^1$.
305. Вычислить кинетические энергии электрона для первых трех борховских орбит у атома ${}^1\text{H}^1$.
306. Вычислить частоты обращения электрона в атоме водорода на второй и третьей орбитах. Найти, во сколько раз эти частоты больше частоты излучения при переходе электрона с 3 на 2-ю орбиту.
307. # Вычислить для иона He^+ кинетическую энергию и энергию связи электрона в основном состоянии, потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения.
308. Во сколько раз отличаются кинетические энергии, линейные скорости и ускорения у электронов в основном состоянии у ионов лития Li^{++} и бериллия Be^{+++} ?
309. # Разница между головными линиями серий Лаймана и Бальмера в длинах волн в спектре атомарного водорода равна 534 нм. Определить по этим данным постоянную Планка.
310. Определить, во сколько раз изменится орбитальный момент импульса электрона в атоме водорода при переходе электрона из возбужденного состояния в основное с испусканием одного кванта с длиной волны 97 нм.
311. Радиус орбиты электрона в атоме водорода 0.212 нм. Фотоны какой длины волны могут вызвать ионизацию этого атома?

б) Спектры атомов. Закон Мозли

$\frac{1}{\lambda} = z^2 R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$, здесь λ – длина волны в спектре водородоподобного иона, где

$R = 1.1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ – постоянная Ридберга; $m = n + 1$;

$n = 1$ – серия Лаймана;

$n = 2$ – серия Бальмера;

$n = 3$ – серия Пашена;

$n = 4$ – серия Брэккета;

$n = 5$ – серия Пфунда;

$\frac{1}{\lambda} = (z - \sigma)^2 R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$ – закон Мозли для характеристического рентгеновского излучения, где σ – постоянная экранирования ($\sigma=1$ для K -серии).

312. Один из возбужденных атомов водорода при переходе в основное состояние испустил последовательно два кванта с длинами волн 486 нм и 121.5 нм. Какое число спектральных линий можно наблюдать, если все атомы водорода при возбуждении получили одинаковую энергию?
313. Определить длину волны головных линий серий Лаймана, Пашена, Бреккета и Пфунда.
314. Определить (в длинах волн) спектральные диапазоны для серий Лаймана и Бальмера.
315. Атомарный водород, возбужденный монохроматическим светом, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий и указать, каким сериям они принадлежат.
316. При переходе электрона с некоторой орбиты на вторую атом водорода испускает свет с длиной волны $4.34 \cdot 10^{-7}$ м. Найти номер неизвестной орбиты.
317. Определить длину волны кванта, соответствующего переходу в ионе лития Li^{++} с третьей орбиты на вторую.
318. Вычислить квантовое число, соответствующее возбужденному состоянию иона He^+ , если известно, что при переходе в основное состояние этот ион испустил два фотона с длинами волн 108.5 нм и 30.4 нм.
319. В спектре атомарного водорода интервал между первыми двумя линиями, принадлежащими серия Бальмера, составляет $1.71 \cdot 10^{-7}$ м. Определить постоянную Ридберга.
320. Наибольшая длина волны спектральной водородной линии серии Бальмера равна 656 нм. Определить по этой длине волны наибольшую длину волны в серии Лаймана. Постоянную Ридберга считать неизвестной.
321. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121.5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.
322. Ион бериллия Be^{+++} излучает квант энергии в результате перехода электрона с четвертой орбиты на вторую. Определить длину волны излучения. Попадает ли соответствующая линия в видимую часть спектра?
323. Возбужденный ион гелия He^+ испускает световой квант при переходе электрона с четвертой орбита на вторую. Какому переходу электрона в атоме водорода соответствует эта длина волны?
324. При наблюдении спектра атомарного водорода, полученного с помощью дифракционной решетки с периодом 2 мкм, обнаружено, что одна из спектральных линий серии Бальмера в спектре второго порядка соответствует углу дифракция $29^\circ 05'$. Определить главное квантовое число энергетического уровня атома, переходу с которого отвечает данная линия.

325. Определить частоту света, излучаемого однократно ионизированным возбужденным атомом гелия при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом 2, если известно, что радиус орбиты изменился в 4 раза.
326. Возбужденный атом водорода при переходе в основное состояние испускает последовательно два кванта с длинами волн 4051 нм и 97.23 нм. Определить энергию первоначального состояния данного атома и соответствующее ему квантовое число.
327. Электрон в невозбужденном атоме водорода получил энергию 12.1 эВ. На какой энергетический уровень он перешел? Сколько и каких линий спектра могут излучаться при переходе электрона на более низкие энергетические уровни?
328. Какую энергию получил невозбужденный ион бериллия Be^{+++} , если его электрон перешел с первого энергетического уровня на третий? Какова частота поглощенного кванта?
329. Определить частоту и энергию, соответствующие коротковолновой границе серии линий в спектре ионизированного гелия He^+ , образованных переходами электронов на первую стационарную орбиту.
330. Определить энергию и импульс фотона, излучаемого при переходе электрона в ионе гелия He^+ с шестой орбиты на первую.
331. Определить импульс фотона, излучаемого при переходе электрона в ионе гелия He^+ с шестой орбиты на первую.
332. Определить энергию и импульс фотона, соответствующего переходу электрона в ионе лития Li^{++} с третьей орбиты на вторую.
333. Определить импульс фотона, соответствующего переходу в ионе лития Li^{++} с третьей орбиты на вторую.
334. # Определить, во сколько раз изменится орбитальный момент импульса электрона в атоме водорода при переходе электрона из возбужденного состояния в основное с испусканием одного кванта с длиной волны 97.25 нм. Использовать постулаты Бора.
335. # Длина волны линии L_α равна у вольфрама ($Z=74$) 0.147635 нм, а у свинца ($Z=82$) 0.117504 нм. Исходя из этих данных, определить атомный номер элемента, у которого длина волны линии L_α равна 0.131298. Что это за элемент?
336. Какие спектральные линии появляются при возбуждении атомарного водорода электронами с энергией 12.5 эВ?
337. Определить потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения атома водорода.
338. Определить потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения для иона гелия He^+ .
339. # Найти наибольшую длину волны в ультрафиолетовой серии водорода. Какую наименьшую скорость должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами электронов появилась эта линия?
340. # Определить длину волны K_α -линий характеристического рентгеновского спектра, получаемого в рентгеновской трубке с молибденовым ($_{42}\text{Mo}$)

- антикатодом. Можно ли получить эту линию спектра, подав на рентгеновскую трубку напряжение 4 кВ?
341. Определить энергию фотона, соответствующего L_{β} -линии в спектре характеристических рентгеновских лучей. Антикатоде изготовлен из марганца ($_{25}\text{Mn}$). Постоянную экранирования считать равной 1.
 342. Коротковолновая граница сплошного рентгеновского спектра 0.5 нм. Будут ли при этом наблюдаться в спектре K-линии характеристического излучения алюминия ($_{13}\text{Al}$)?
 343. К рентгеновской трубке с серебряным антикатодом приложено напряжение, достаточное для возбуждения всей K-серии. Определить энергию квантов, соответствующих α - и β -линиям этой серии. Постоянная экранирования равна 1.
 344. Антикатоде рентгеновской трубки покрыт молибденом ($_{42}\text{Mo}$). Найти минимальную разность потенциалов, которую надо приложить к трубке, чтобы в спектре рентгеновского излучения появились линии K-серии молибдена.
 345. Разность длин волн между K_{α} -линией никеля ($_{28}\text{Ni}$) и коротковолновой границей сплошного рентгеновского спектра равна 0.084 нм. Определить напряжение на рентгеновской трубке с никелевым антикатодом. Постоянная экранирования равна 1.
 346. В рентгеновской трубке антикатоде сделан из серебра ($_{47}\text{Ag}$). Определить длину волны и энергию кванта для линии K_{α} , а также наименьшее напряжение, необходимое для возбуждения K-серии серебра. Постоянная экранирования равна 1.
 347. При переходе электрона в атоме с L на K-слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны 78.8 пм. Какой это атом? Для K-линии постоянная экранирования равна 1.
 348. Найти постоянную экранирования для L-серии рентгеновских лучей, если при переходе электрона в атоме вольфрама ($_{74}\text{W}$) с M на L-слой испускаются лучи с длиной волны 143 пм.

8. Волновые свойства частиц

а) Длина волны де Бройля

$\lambda = \frac{h}{p}$ – длина волны де Бройля.

349. # Вычислить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.
350. Определить длину волны де Бройля для электрона, находящегося на второй орбите в атоме водорода.
351. Определить длину волны де Бройля для электрона, находящегося в атоме водорода на орбите, радиус которой равен 2.12 ангстрем.
352. Сколько длин волн де Бройля уложится на третьей орбите однократно ионизированного атома гелия?

353. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 100 до 50 пм?
354. При каком значении кинетической энергии дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны?
355. Частица массой m находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы l . Найти возможные значения энергии частицы, имея в виду, что реализуются лишь такие состояния движения частицы, для которых в пределах данной ямы укладывается целое число дебройлевских полуволен.
356. Интерпретировать квантовые условия Бора на основе волновых представлений: показать, что электрон в атоме водорода может двигаться только по тем круговым орбитам, на которых укладывается целое число дебройлевских волн.
357. На сколько по отношению к комнатной (20°C) должна измениться температура идеального газа, чтобы дебройлевская длина волны его молекул уменьшилась на 20%?
358. # Параллельный пучок моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму в виде узкой щели, ширина которой 0.06 мм. Определить скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстояние 40 мм, ширина центрального дифракционного максимума равна 10 мкм.
359. Определить длины волн де Бройля α -частицы и протона, прошедших одинаковую ускоряющую разность потенциалов 1 кВ.
360. Найти длину волны де Бройля для электрона, имеющего кинетическую энергию: а) 10 кэВ; б) 1 МэВ.
361. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200 В, имеет длину волны де Бройля 2.02 пм. Найти массу частицы, если ее заряд равен заряду электрона.
362. α -частица движется по окружности радиусом 8.3 мм в однородном магнитном поле, напряженность которого 18.9 кА/м. Найти длину волны де Бройля для α -частицы.

б) Принцип неопределенностей

$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar$ – соотношение неопределенностей для координаты и проекции импульса;

$\Delta E \Delta t \geq \hbar$ – соотношение неопределенностей для энергии и момента времени измерения энергии.

363. Время жизни возбужденного состояния атома водорода примерно 10^{-8} с. Чему равна неопределенность энергии энергетического уровня при этом?
364. Метастабильными состояниями квантовых систем называются такие возбужденные состояния атомов или молекул, которые могут существовать длительное время, так как переход в основное состояние запрещен правилами отбора. Чему равна неопределенность энергии в

- метастабильном состоянии, если время жизни для атома в этом состоянии равно 0.5 с?
365. Оценить наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массой 1 мг, если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм.
366. Оценить с помощью соотношения неопределенностей неопределенность скорости электрона в атоме водорода, полагая размер атома 0.1 нм. Сравнить полученную величину со скоростью электрона на первой боровской орбите.
367. # След пучка электронов на экране электронно-лучевой трубки имеет диаметр 0.5 мм. Расстояние от электронной пушки до экрана 20 см, ускоряющее напряжение 10 кВ. Оценить неопределенность координаты электрона на экране.
368. # Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии составляет 10^{-8} с. При переходе в основное состояние испускается фотон, средняя длина волны которого равна 600 нм. Оценить естественную ширину $\Delta\lambda$ излучаемой спектральной линии, если не происходит ее уширения за счет других процессов.
369. # Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии составляет 10^{-8} с. При переходе в основное состояние испускается фотон, средняя длина волны которого равна 400 нм. Оценить относительную ширину $\Delta\lambda/\lambda$ излучаемой спектральной линии, если не происходит ее уширения за счет других процессов.
370. Время жизни атома в возбужденном состоянии составляет 10^{-8} с, а частота излучаемого фотона равна $5 \cdot 10^{15}$ Гц. Чему равна относительная ширина $\frac{\Delta\nu}{\nu}$ спектральной линии на частоте ν ?
371. Показать, что для частицы, неопределенность местоположения которой $\Delta x = \lambda/(2\pi)$, где λ – ее дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна по порядку величины самой скорости частицы.
372. Свободный электрон в момент $t=0$ локализован в области $\Delta x = 0.1$ нм (порядок размера атома). Оценить ширину области локализации этого электрона спустя 1 секунду.
373. Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером 0.2 нм.
374. Электрон с кинетической энергией 4 эВ локализован в области размером 1 мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.
375. # Электрон находится в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы l . Оценить с помощью соотношения неопределенностей силу давления электрона на стенки этой ямы при минимально возможной его энергии.

9. Уравнение Шредингера. Волновая функция

$\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\psi = 0$ – стационарное уравнение Шредингера;

$dp = |\psi|^2 dV$ – вероятность обнаружить частицу в объеме dV ;

$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dV = 1$ – условие нормировки волновой функции;

$\psi = A \sin(kx)$ – решение уравнения Шредингера для частицы в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками, где:

$k = \frac{\pi n}{l}$; $k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$ – модуль волнового вектора;

$A = \sqrt{\frac{2}{l}}$ – амплитуда волновой функции;

$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2ml^2} n^2$ – энергия частицы в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками, где n – квантовое число, принимающее значения: $n=1, 2, 3, \dots, \infty$.

$E_n = -\frac{z^2 m e^4}{8 \epsilon_0^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2}$ – полная энергия электрона в атоме водорода, где n – главное

квантовое число, принимающее значения $n=1, 2, \dots, \infty$;

$L_s = \hbar \sqrt{s(s+1)}$ – спиновый (собственный) момент импульса (механический момент) электрона в атоме водорода, где s – спиновое квантовое число, $s=1/2$;

$(L_s)_z = m_s \hbar$ – проекция механического спинового момента электрона в атоме водорода на выделенное направление, где m_s – магнитное квантовое число, принимающее значения: $m_s = \pm 1/2$;

$L_l = \hbar \sqrt{l(l+1)}$ – орбитальный момент импульса (механический момент) электрона в атоме водорода, где l – орбитальное квантовое число, принимающее значения: $l=0$ (s-орбиталь); $l=1$ (p-орбиталь); $l=2$ (d-орбиталь); ... $l=n-1$;

$(L_l)_z = m_l \hbar$ – проекция механического орбитального момента электрона в атоме водорода на выделенное направление, где m_l – магнитное квантовое число, принимающее значения: $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$;

$L = \hbar \sqrt{J(J+1)}$ – полный момент импульса (механический момент) электрона в атоме, где J – квантовое число полного момента, $J = |l-s|, |l-s|+1, \dots, l+s$.

376. # Поток электронов падает на экран с двумя щелями. В точке P за экраном находится входное отверстие счетчика. Пусть A_1 – амплитуда волны, прошедшей через первую щель и достигшей точки P , а A_2 – то же, но в случае открытой щели 2. Отношение амплитуд $A_2/A_1=3$. Если открыта только щель 1, то счетчик регистрирует 100 электронов в секунду. Сколько

- электронов ежесекундно будет регистрировать счетчик, если а) открыта только щель 2; б) открыты обе щели и в точке P наблюдается интерференционный максимум; в) открыты обе щели и в точке P наблюдается интерференционный минимум?
377. # Частица находится в прямоугольном одномерном потенциальном ящике шириной l с бесконечно высокими стенками. Найти нормированные волновые функции стационарных состояний частицы.
378. Электрон находится в прямоугольном одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками. Ширина ящика 0.2 нм, энергия электрона 37.8 эВ. Определить номер n энергетического уровня и модуль волнового вектора k .
379. Частица находится в прямоугольном одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками в основном состоянии. Какова вероятность обнаружения частицы: а) в средней трети ящика; б) в крайней трети ящика?
380. # Частица находится в прямоугольном одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками. Найти отношение разности $\Delta E_{n,n+1}$ соседних энергетических уровней к энергии E_n частицы в трех случаях: а) $n=2$; б) $n=5$; в) $n \rightarrow \infty$.
381. Электрон находится в бесконечно глубоком прямоугольном одномерном потенциальном ящике шириной 0.1 нм. Определить наименьшую разность энергетических уровней электрона. Выразить в эВ.
382. # Частица в бесконечно глубоком прямоугольном одномерном потенциальном ящике шириной l находится в возбужденном состоянии с квантовым числом 3. Определить, в каких точках интервала $0 < x < l$ плотность вероятности нахождения частицы имеет максимальное и минимальное значения.
383. # Волновая функция, описывающая движение электрона в основном состоянии атома водорода, имеет вид $\psi(r) = A \exp(-r/a_0)$, где A – некоторая постоянная, $a_0 = 53$ пм – первый Боровский радиус. Найти для основного состояния атома водорода наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.
384. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти ширину ямы, если разность энергии между уровнями с квантовыми числами 2 и 3 составляет 0.3 эВ.
385. # Волновая функция частицы массой m для основного состояния в одномерном потенциальном поле $U(x) = kx^2/2$ имеет вид $\psi(x) = A \exp(-\alpha x^2)$, где A и α – некоторые постоянные. Найти с помощью уравнения Шредингера постоянную α и энергию частицы в этом состоянии.
386. # Найдите энергию и орбитальный момент импульса электрона в атоме водорода, соответствующие состояниям: а) $1s$; б) $2s$; в) $2p$.
387. # Найдите проекции орбитального момента импульса электрона на направление индукции магнитного поля, соответствующие $l=2$.

388. # Найдите проекции спинового момента импульса электрона на направление индукции магнитного поля.
389. * Чему равен максимальный возможный полный механический момент атома лития, валентный электрон которого находится в состоянии с $n=3$?
390. * Чему равен максимальный возможный полный механический момент атома натрия, валентный электрон которого находится в состоянии с $n=4$?

10. Ядро и элементарные частицы

$\Delta m = zm_p + (A - z)m_n - m_{\text{я}}$ – дефект массы;

$E_{\text{св.}} = \Delta mc^2$ – энергия связи ядра;

$\delta E_{\text{св.}} = \frac{E_{\text{св.}}}{A}$ – удельная энергия связи;

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ – закон радиоактивного распада;

$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ – период полураспада;

$\tau = \frac{1}{\lambda}$ – среднее время жизни радиоактивного ядра;

$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N$ – активность изотопа.

391. Какую энергию нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра ${}_{11}\text{Na}^{24}$?
392. Найти энергию связи, удельную энергию связи и дефект массы ядра изотопа углерода ${}_{6}\text{C}^{12}$.
393. Найти постоянную распада радия, если период полураспада 1550 лет.
394. Период полураспада фосфора P^{32} – 15 дней. Найти активность препарата через 10, 20 и 90 дней после его изготовления, если начальная активность равна 100 мКи.
395. Активность некоторого препарата уменьшается в 2.5 раза за 7 суток. Найти его период полураспада.
396. # Вычислить число атомов радона Rn^{222} , распавшихся в течение первых суток, если первоначальная масса радона равна 1 г. Период полураспада равен 3.82 суток. Найти постоянную распада радона.
397. Первоначальная масса урана ${}_{92}\text{U}^{238}$ равна 1 г. Найти начальную активность и активность через 1 миллион лет. Период полураспада $4.5 \cdot 10^9$ лет.
398. Радиоактивный натрий ${}_{11}\text{Na}^{27}$ распадается, выбрасывая электроны. Период полураспада натрия 14.8 часа. Вычислить количество атомов, распавшихся в 1 мг данного радиоактивного препарата за 10 часов.
399. Определить период полураспада радона, если за сутки из 1 миллиона атомов распадается 175 тысяч атомов.
400. Сколько процентов от начального количества радиоактивного химического элемента распадается за время, равное средней продолжительности жизни ядер этого элемента?

401. Активность изотопа углерода ${}^6\text{C}^{14}$ в древних деревянных предметах составляет 80% активности этого изотопа в свежесрубленных деревьях. Период полураспада равен 5570 годам. Определить возраст древних предметов.
402. # В результате захвата α -частицы ядром изотопа азота ${}^7\text{N}^{14}$ образуются неизвестный элемент и протон. Написать реакцию, определить неизвестный элемент и найти энергетический эффект реакции.
403. В результате захвата нейтрона ядром изотопа азота ${}^7\text{N}^{14}$ образуются неизвестный элемент и α -частица. Написать реакцию и определить неизвестный элемент.
404. При бомбардировке изотопа азота ${}^7\text{N}^{14}$ нейтронами получается изотоп углерода ${}^6\text{C}^{14}$, который оказывается β -радиоактивным. Написать уравнения обеих реакций.
405. Изотоп радия с массовым числом 226 превратился в изотоп свинца с массовым числом 206. Сколько α - и β -распадов произошло при этом?
406. # Точечный источник γ -излучения Co^{60} (период полураспада 5.3 года) находится в центре сферического свинцового контейнера с толщиной стенок 1 см и наружным радиусом 20 см. Определить интенсивность потока на выходе контейнера, если активность препарата 100 мкКи, при каждом распаде выделяется два γ -кванта, а линейный коэффициент поглощения равен 0.64 см^{-1} .
407. Сколько энергии выделится при образовании одного грамма гелия из протонов и нейтронов?
408. # Определить энергию реакции $\text{B}^{10}(\text{n}, \alpha)\text{Li}^7$, протекающей в результате взаимодействия весьма медленных нейтронов с покоящимися ядрами бора. Найти кинетические энергии продуктов реакции.
409. Найти энергию реакции ${}^4\text{Be}^9 + {}^1\text{H}^1 \rightarrow {}^2\text{He}^4 + {}^3\text{Li}^6$, если кинетическая энергия протона равна 5.45 МэВ, ядра гелия – 4 МэВ. Ядро гелия вылетело под углом 90° к направлению движения протона, ядро-мишень неподвижно.
410. Какая энергия выделится, если при реакции ${}^4\text{Be}^9 + {}^1\text{H}^2 \rightarrow {}^5\text{B}^{10} + \text{n}^1$ подвергнуть превращению все ядра, находящиеся в одном грамме бериллия?
411. Какое количество энергии можно получить от деления 1 г урана ${}_{92}\text{U}^{238}$, если при каждом делении выделяется энергия, приблизительно равная 200 МэВ?
412. Определить энергетический эффект реакции ${}^7\text{N}^{14} + {}^2\text{He}^4 \rightarrow {}^8\text{O}^{17} + {}^1\text{H}^1$. Выделяется или поглощается энергия?
413. # Атомный ледокол имеет мощность 32 МВт и потребляет в сутки 200 г урана ${}_{92}\text{U}^{235}$. Определить коэффициент полезного действия реактора ледокола.
414. Какое количество энергии выделяется в результате термоядерной реакции синтеза 1 г гелия из дейтерия и трития?

415. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра Ne^{20} на две α -частицы и ядро C^{12} , если удельная энергия связи в ядрах неона, гелия и углерода равна 8.03, 7.07 и 7.68 МэВ соответственно.
416. Определить энергию реакции ${}^3\text{Li}^7 + \text{p} \rightarrow 2{}^4\text{He}^4$, если удельная энергия связи в ядрах лития и гелия равны 5.6 и 7.06 МэВ соответственно.
417. При бомбардировке изотопа алюминия ${}_{13}\text{Al}^{27}$ α -частицами получается радиоактивный изотоп фосфора ${}_{15}\text{P}^{30}$, который затем распадается с испусканием позитронов. Написать уравнения обеих реакций.
418. При образовании электрона и позитрона из фотона энергия фотона была равна 2.62 МэВ. Чему была равна в момент возникновения полная кинетическая энергия позитрона и электрона?
419. # Электрон и позитрон, образованные квантом с энергией 5.7 МэВ, дают в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, траектории с радиусом кривизны 3 см. Найти индукцию магнитного поля.
420. Определить пороговую энергию γ -кванта для образования электронно-позитронной пары в кулоновском поле ядра.

Таблица. Массы легких атомов.

Z	Атом	Избыток массы атома М-А, а.е.м.	Z	Атом	Избыток массы атома М-А, а.е.м.
0	n	0.00867	6	${}^{11}\text{C}$	0.01143
1	${}^1\text{H}$	0.00783		${}^{12}\text{C}$	0
	${}^2\text{H}$	0.01410		${}^{13}\text{C}$	0.00335
	${}^3\text{H}$	0.01605	7	${}^{13}\text{N}$	0.00574
2	${}^3\text{He}$	0.01603		${}^{14}\text{N}$	0.00307
	${}^4\text{He}$	0.00260		${}^{15}\text{N}$	0.00011
3	${}^6\text{Li}$	0.01513	8	${}^{15}\text{O}$	0.00307
	${}^7\text{Li}$	0.01601		${}^{16}\text{O}$	-0.00509
4	${}^7\text{Be}$	0.01693		${}^{17}\text{O}$	-0.00087
	${}^8\text{Be}$	0.00531	9	${}^{19}\text{F}$	-0.00160
	${}^9\text{Be}$	0.01219	10	${}^{20}\text{Ne}$	-0.00756
	${}^{10}\text{Be}$	0.01354	11	${}^{23}\text{Na}$	-0.01023
5	${}^{10}\text{B}$	0.01294		${}^{24}\text{Na}$	-0.00903
	${}^{11}\text{B}$	0.00930	12	${}^{24}\text{Mg}$	-0.01496

Здесь М – масса атома в а.е.м., А – массовое число.

Библиографический список

1. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С.Волькенштейн. – СПб.: Лань, 1999. – 328 с.
2. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: учебное пособие / И.Е.Иродов. – СПб.: Лань, 2001. – 416 с.
3. Савельев, И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике: учеб. пособие для студентов высш. техн. учеб. заведений / И.В.Савельев. – М.: АСТ, 2001. – 318 с.
4. Сахаров, Д.И. Сборник задач по физике для вузов / Д.И.Сахаров. – М.: Мир и Образование, 2003. – 400 с.
5. Чертов, А.Г. Задачник по физике: учеб. пособие / А.Г.Чертов, А.А. Воробьев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1981. – 496 с.
6. Калашников, Н.П. Основы физики. Упражнения и задачи: учеб. пособие для вузов / Н.П.Калашников, М.А. Смондырев. – М.: Дрофа, 2004. – 464 с.
7. Калашников, Н.П. Основы физики: учеб. для вузов: в 2 т. / Н.П.Калашников, М.А.Смондырев. - 2-е изд., перераб. – М.: Дрофа, 2003.
8. Детлаф, А.А. Курс физики: учеб. пособие для вузов / А.А. Детлаф, В.М. Яворский. - М.: Высш.шк., 1989.- 608 с.
9. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 3 т. Т. 1: Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. - М.: Наука, 1977. - 416 с.
10. Курс физики: учеб. для вузов: в 2 т. Т. 1 / под ред. В.Н.Лозовского. – СПб.: Лань, 2000. – 576 с.
11. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова.-М.: Высш. шк., 1999.- 542 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Требования к оформлению и общие методические указания по выполнению индивидуальных домашних заданий.....	3
1. Геометрическая оптика и фотометрия.....	4
2. Интерференция.....	10
3. Дифракция.....	17
4. Поляризация, поглощение.....	23
5. Тепловое излучение.....	28
6. Квантовые свойства света.....	32
7. Строение атома.....	36
8. Волновые свойства частиц.....	40
9. Уравнение Шрёдингера. Волновая функция.....	43
10. Ядро и элементарные частицы.....	45
Библиографический список.....	48