

Кафедра общей и технической физики

**ФИЗИКА**  
**ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКИ,**  
**КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ АТОМОВ,**  
**МОЛЕКУЛ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

*Методические указания к лабораторным работам  
и контрольные задания для самостоятельной работы*

$$[a_2] = \frac{\text{рад}}{\text{град}} = \text{м}.$$

Произведя вычисления по этой формуле, найдем толщину пластинки:

$$d_2 = \frac{90 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{20} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Ответ: толщина кварцевой пластинки  $d_2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

### 5 ЗАДАЧИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВАРИАНТОВ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. 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.
2. 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.

3. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут максимально усилены при оптической разности хода  $\Delta$  интерферирующих волн равной 1,8 мкм.

4. В опыте Юнга сначала на экран падал свет с длиной волны  $\lambda_1 = 660$  нм, а затем с другой длиной волны  $\lambda_2$ . Найти эту длину волны  $\lambda_2$ , если 7-ая светлая полоса в первом случае совпадает с 10-ой темной полосой во втором.

5. 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?

6. На поверхности стекла находится пленка воды. На нее падает свет с длиной волны 680 нм под углом  $30^\circ$ . Найти скорость, с которой уменьшается толщина пленки из-за испарения, если интенсивность отраженного света меняется так, что промежуток времени между последовательными максимумами отражения равен 0,25 часа.

7. Угол падения света на поверхность пленки равен  $30^\circ$ . Найти минимальную толщину пленки воды, при которой свет с длиной волны 640 нм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 400 нм не отражается совсем.

8. Оптическая разность хода  $\Delta$  двух интерферирующих волн монохроматического света равна  $0,3 \lambda$ . Определить разность фаз.

9. Свет прошел путь 20 см в сероуглероде. Какой путь пройдет он за то же время в стекле? Чему равна оптическая длина пути света в сероуглероде и в стекле?

10. На тонкую пленку с показателем преломления  $n = 1,48$  падает под углом  $60^\circ$  белый свет. При этом в отраженном свете она кажется оранжевой ( $\lambda = 0,625$  мкм). Каким будет казаться цвет пленки в отраженном свете, если угол зрения уменьшить в 2 раза?

11. Между стеклянной пластинкой и плосковыпуклой линзой налита жидкость. Найти показатель преломления жидкости, если радиус восьмого темного кольца в отраженном свете равен 6,5 мм. Длина волны света 0,7 мкм, радиус кривизны линзы 10 м.

12. Плоско-выпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить толщину  $d$  слоя воздуха там, где в отраженном свете ( $\lambda=0,6$  мкм) видно первое светлое кольцо Ньютона.
13. Определить радиус кривизны плоско-выпуклой линзы, если при освещении ее монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 600$  нм, радиус второго темного кольца Ньютона в проходящем свете  $r_2=0,4$  мм.
14. Две плоско-выпуклые линзы с радиусом кривизны  $R = 1$  м сложены вплотную выпуклыми поверхностями. Определить радиус второго темного кольца, наблюдаемого в проходящем свете ( $\lambda = 660$  нм). Свет падает на поверхность верхней линзы нормально.
15. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы 15 м. Наблюдение ведется в проходящем свете. Расстояние между пятым и двадцать пятым темными кольцами равно 9 мм. Найти длину волны света.
16. В отраженном свете на установке Ньютона наблюдают третье темное кольцо ( $k=3$ ). Когда пространство между линзой и плоскопараллельной пластиной заполнили жидкостью, то тот же радиус стал иметь кольцо с номером ( $k+1$ ). Определить показатель преломления жидкости.
17. Угловая дисперсия дифракционной решетки для длины волны 668 нм в спектре первого порядка  $2,02 \cdot 10^5$  рад/м. Найти период дифракционной решетки.
18. Ширина дифракционной решетки 2 см. Линии спектра калия 404,4 нм и 404,7 нм разрешены в первом порядке. Определите постоянную дифракционной решетки.
19. Определите период дифракционной решетки, длиной 2 см, если разность длин волн, разрешаемая этой решеткой, для света с длиной волны 600 нм в спектре третьего порядка составляет 40 нм.
20. Две дифракционные решетки имеют одинаковую ширину 2 мм, но разные периоды 2 мкм и 4 мкм. Определить их наибольшую разрешающую способность для длины волны 550 нм.
21. Определить число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу  $\varphi = 30^\circ$  соответствует максимум четвертого

порядка для монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм.

22. . На дифракционную решетку длиной  $l = 15$  мм, содержащую  $N = 3000$  штрихов, падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 550$  нм. Определить число наблюдаемых максимумов и угол, соответствующий последнему максимуму.

23. На щель шириной  $b = 0,1$  мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Дифракционная картина наблюдается на удаленном экране, расположенном параллельно щели. Определить расстояние от щели до экрана, если ширина центрального максимума 1 см.

24. На щель шириной  $b = 0,1$  мм падает нормально параллельный пучок света от монохроматического источника ( $\lambda = 600$  нм). Определить ширину центрального максимума в дифракционной картине на экране, отстоящем от щели на расстоянии  $L = 1$  м.

25. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. В спектре, полученном с помощью этой дифракционной решетки, некоторая спектральная линия наблюдается в третьем порядке под углом  $30^\circ$ . Определить наивысший порядок спектра, в котором может наблюдаться эта линия.

26. Плоская световая волна ( $\lambda = 500$  нм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием диаметром  $d = 0,4$  см. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы отверстие открывало только одну зону Френеля?

27. Плоская световая волна ( $\lambda = 550$  нм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом  $r = 0,70$  мм. Найдите расстояние между двумя наиболее удаленными от диафрагмы точками на оси отверстия, в которых наблюдаются минимумы интенсивности.

28. Монохроматический свет с длиной волны 400 нм падает параллельным пучком на круглое отверстие нормально к плоскости отверстия. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалась четыре зоны Френеля? Диаметр отверстия 2 см.

29. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на круглое отверстие в диафрагме. На расстоянии  $b = 9,0$  м от диафрагмы находится экран, на котором наблюдается дифракционная картина. Диаметр отверстия уменьшили в 3 раза. Найдите новое расстояние от экрана до диафрагмы, при котором число открытых зон Френеля останется прежним.

30. На дифракционную решетку нормально к ее поверхности падает параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Дифракционная картина наблюдается на экране, удаленном от решетки на расстояние  $L = 1$  м. Расстояние между двумя максимумами интенсивности первого порядка равно 20 см. Определите максимальный угол отклонения лучей, соответствующих последнему главному дифракционному максимуму.

31. Естественный свет падает на систему из четырех николей. Плоскость пропускания каждого из них повернута на угол  $30^\circ$  относительно плоскости пропускания предыдущего. Во сколько раз отличается интенсивность света на входе в систему от интенсивности на выходе?

32. Естественный свет интенсивностью  $I_0$  проходит через поляризатор и анализатор, угол между главными плоскостями которых составляет  $\alpha$ . После прохождения света через эту систему он падает на зеркало и, отразившись, проходит вновь через нее. Пренебрегая поглощением света, определить интенсивность  $I$  света после его обратного прохождения.

33. Свет представляет собой смесь естественного света с плоскополяризованным светом. Определите степень поляризации  $P$  света, если интенсивность поляризованного света равна интенсивности естественного.

34. Определите степень поляризации частично поляризованного света, если амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в 3 раза больше амплитуды, соответствующей его минимальной интенсивности.

35. Между скрещенными николями поляриметра поместили трубку с сахарным раствором. Поле зрения при этом стало максимально светлым. Определить длину трубки, если

концентрация сахара  $300 \text{ кг/м}^3$ , а его удельное вращение  $0,5 \text{ град}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$ .

36. Интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, уменьшилась в 8 раз. Пренебрегая поглощением света, определить угол между главными плоскостями николей.

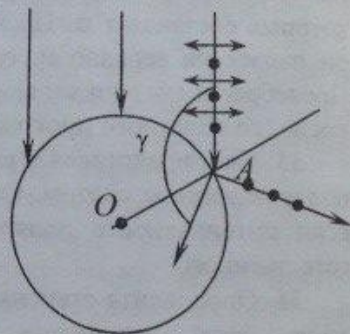
37. Определить постоянную вращения кварца, если кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно оптической оси и помещенная между николями с параллельными главными плоскостями, полностью затемняет поле зрения. Толщина пластинки  $4,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

38. Определить, под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы лучи, отраженные от поверхности озера, были максимально поляризованы.

39. Пучок естественного света падает на систему, состоящую из двух поляризационных призм, в каждой из которых на поглощение и отражение теряется 20% падающего на них света. Определить угол между главными плоскостями призм, если при прохождении через них света интенсивность уменьшилась в 4 раза.

40. Кварцевую пластинку поместили между скрещенными николями. При какой наименьшей толщине  $d_{\min}$  кварцевой пластины поле зрения между николями будет максимально просветлено? Постоянная вращения  $\alpha$  кварца равна  $27 \text{ град/мм}$ .

41. Естественный свет падает на стеклянный шар (см. рис.). Найти угол  $\gamma$  между преломленным лучом и падающим лучом в точке А.



42. Предельный угол полного отражения для пучка света на границе кристалла каменной соли с воздухом равен  $40,5^\circ$ . Определить угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого кристалла.

43. Определить показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч полностью

поляр  
44  
отраж  
отраж  
45  
естес  
сфери  
ф ме  
пучка  
46  
пове  
этом  
макс  
Опре  
4  
во ск  
шири  
4  
полу  
сопр  
4  
В р  
прих  
свет  
охла  
5  
отве  
Опр  
тела  
свет  
:  
мо  
счит  
двиг  
коте

поляризован при угле преломления  $35^\circ$ .

44. Луч света, идущий в сосуде с серной кислотой, отражается от стеклянного дна. При каком угле падения отраженный луч полностью поляризован?

45. Параллельный пучок естественного света падает на сферическую каплю спирта. Найти угол  $\varphi$  между отраженным и падающим пучками в точке  $A$  (см. рис.).

46. Угол падения  $\alpha_1$  луча на поверхность стекла равен  $60^\circ$ , при этом отраженный луч оказался максимально поляризованным. Определить угол  $\alpha_2$  преломления луча.

47. Германиевый образец нагревают от  $0$  до  $17^\circ\text{C}$ . Определить, во сколько раз возрастает при этом его удельная проводимость, если ширина запрещенной зоны германия  $\Delta E = 0,75$  эВ.

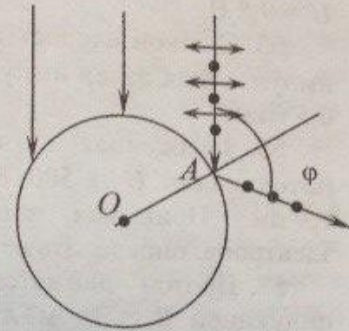
48. Определить ширину запрещенной зоны собственного полупроводника, если при температуре  $T_1$  и  $T_2$  ( $T_1 < T_2$ ) его сопротивление соответственно равно  $R_1$  и  $R_2$ .

49. 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?

50. В результате охлаждения чёрного тела длина волны, отвечающая максимуму, сместилась с  $0,8$  мкм до  $2,4$  мкм. Определить, во сколько раз изменилась энергетическая светимость тела и максимальная спектральная плотность энергетической светимости.

51. Найти энергию фотона, импульс которого равен импульсу молекулы водорода при температуре  $40^\circ\text{C}$ . Скорость молекулы считать равной средней квадратичной скорости её теплового движения.

52. Определить энергию и импульс фотона, длина волны которого соответствует длине волны видимого излучения  $550$  нм.



53. Определить длину волны фотона, масса которого равна массе покоя электрона.
54. Определить длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, прошедшего разность потенциалов  $U = 9,8$  В.
55. С какой скоростью должен двигаться протон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона, длина волны которого  $\lambda = 0,5$  мкм?
56. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $U = 500$  В, имеет длину волны де Бройля  $\lambda = 1,4$  пм. Принимая заряд этой частицы, равным заряду электрона, определить ее массу.
57. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 15$  мТл по окружности радиусом  $R = 1,4$  м. Определить длину волны де Бройля для протона.
58. Определить длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со среднеквадратичной скоростью при  $T = 290$  К.
59. Кинетическая энергия электрона равна 1 кэВ. Определить длину волны де Бройля.
60. Электрон движется по окружности радиусом  $r = 0,5$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 8$  мТл. Определить длину волны де Бройля электрона.
61. Найти длину волны света, которым освещается поверхность серебра, если фотоэффект исчезает при задерживающей разности потенциалов 0,3 В.
62. Кванты света с энергией  $7,8 \cdot 10^{-19}$  Дж вырывают фотоэлектроны из никеля. Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете электрона.
63. На поверхность лития падает монохроматический свет с длиной волны 400 нм. Определить энергию падающих фотонов, работу выхода электронов, красную границу фотоэффекта, кинетическую энергию электронов и их скорость.
64. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла, если фототок прекращается при приложении задерживающего напряжения  $U_0 = 3,7$  В.

65. Определить работу выхода электронов из вольфрама и красную границу фотоэффекта для него.

66. Калий освещается монохроматическим светом с длиной волны 400 нм. Определите наименьшее задерживающее напряжение, при котором фототок прекратится.

67. Серебряную 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.

68. Плоский алюминиевый электрод освещается ультрафиолетовым светом с длиной волны  $\lambda = 83$  нм. На какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотозлектрон, если вне электрода имеется задерживающее электрическое поле напряженностью  $E = 7,5$  В/см?

69. Используя условие нормировки вероятностей, определить нормировочный коэффициент волновой функции

$\psi(r) = \frac{A}{r} e^{-r^2/(2a^2)}$ , описывающей поведение некоторой частицы ( $r$  – расстояние частицы от силового центра,  $a$  – некоторая постоянная).

70. Волновая функция некоторой частицы имеет вид  $\psi = \frac{A}{r} e^{-r/a}$ , нормировочный коэффициент  $A = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}}$ . Определить

среднее расстояние  $\langle r \rangle$  частицы до силового центра.

71. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид  $\psi(r) = \frac{A}{r} e^{-r^2/(2a^2)}$ , нормировочный коэффициент  $A = \frac{1}{\sqrt{\pi^{3/2} a^3}}$ .

Определить среднее расстояние  $\langle r \rangle$  частицы до силового центра.

72. Волновая функция  $\psi = A \sin(2\pi x/l)$  определена только в области  $0 \leq x \leq l$ . Используя условие нормировки, определить нормировочный множитель  $A$ .

73. 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.

74. Определить максимальную и минимальную энергии фотона в видимой части спектра водорода (серии Бальмера).

75. Максимальная длина волны спектральной водородной линии серии Лаймана равна 0,12 мкм. Считая постоянную Ридберга неизвестной, определить максимальную длину волны линии серии Брэкета.

76. Определить длины волн, соответствующие границе серии Пашена.

77. В инфракрасной области спектра излучения водорода определить самую длинноволновую линию серии Хэмфри.

78. Длина волны излучаемого атомом фотона составляет 0,6 мкм. Принимая время жизни возбуждённого состояния  $10^{-8}$  с, определить отношение естественной ширины энергетического уровня, на который был возбуждён электрон, к энергии, излучённой атомом.

79. Принимая время жизни возбуждённого состояния атома водорода  $10^{-8}$ , оценить размытость его энергетического уровня.

80. Координата электрона и координата пылинки массой  $10^{-9}$  г установлены с точностью до  $10^{-5}$  м. Определить соотношение неопределённостей их скоростей.