

*Индивидуальное*

*задание N 6*

**«Волновая  
оптика»**

1.1. Экран освещается двумя когерентными источниками света, находящимися на расстоянии 1 мм друг от друга. Расстояние от плоскости источников света до экрана - 3 м, длина волны используемого света 400 нм. Определить расстояние первого и второго интерференционных максимумов от центрального максимума.

2.1. На дифракционную решетку, содержащую  $N=400$  штрихов на  $l=1,0$  мм, падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,60$  мкм). Найти общее число дифракционных максимумов, которые дает эта решетка, и угловое положение последних максимумов.

3.1. На стеклянную пластинку с показателем преломления 1,54 падает естественный луч света. Определить угол между падающим и отраженным лучами, если отраженный луч максимально поляризован.

1.2. Каждый интерференционный максимум, создаваемый на экране двумя когерентными источниками белого света, является многоцветным с красным ( $\lambda=0,7$  мкм) наружным и фиолетовым ( $\lambda=0,4$  мкм) внутренним краями. Найти ширину интерференционного максимума, если расстояние между источниками 4 мм, расстояние до экрана 4 м.

2.2. При каком минимальном числе штрихов дифракционной решетки с периодом  $d=2,9$  мкм можно разрешить компоненты дублета желтой линии натрия ( $\lambda_1=0,589$  мкм и  $\lambda_2=0,5896$  мкм)?

3.2. Угол преломления луча в жидкости равен  $36^\circ$ . Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный от ее поверхности луч при этом угле падения максимально поляризован.

1.3. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света 0,5 мм, расстояние от изображения до экрана 5 м. Найти расстояние между соседними интерференционными максимумами, если длина волны используемого света 0,5 мкм.

2.3. На плоскую отражательную решетку нормально падает свет - линии натрия ( $\lambda=589,0$  нм). Определить число штрихов решетки на 1 мм, если спектр второго порядка наблюдается под углом  $45^\circ$  к нормали.

3.3. Угол полной поляризации при отражении света от поверхности некоторого вещества равен  $56^\circ 20'$ . Определить скорость распространения света в этом веществе. Вещество изотропно.

1.4. Разность хода двух когерентных лучей 2,5 мкм. Определить длины волн видимого света ( $\lambda$  изменяется от 0,4 мкм до 0,76 мкм), которые дадут интерференционные максимумы.

2.4. Могут ли перекрываться спектры первого и второго порядков дифракционной решетки при освещении ее видимым светом (0,7 - 0,4 мкм)?

3.4. Под каким углом надо отразить луч от корунда, чтобы получить полную поляризацию отраженного луча? Показатель преломления корунда принять равным 1,77.

1.5. На мыльную пленку одинаковой толщины ( $n=1,33$ ) падает белый свет под углом  $\varphi=45^\circ$ . При какой наименьшей толщине пленки отраженный от нее свет будет зеленым ( $\lambda=0,55$  мкм)?

2.5. Под углом  $\varphi=30^\circ$  наблюдается 4-й максимум для красной линии кадмия ( $\lambda=644$  нм). Определить период дифракционной решетки и ее ширину, если наименьшая разрешаемая решеткой разница волн составляет  $\Delta\lambda = 0,322 \cdot 10^{-4}$  мкм

3.5. Свет падает на стекло ( $n=1,72$ ) под таким углом, что отражения света не происходит. Определить угол между преломленным лучом и направлением предельного преломления.

1.6. Пучок параллельных лучей, соответствующих длине волны ( $\lambda=0,6$  мкм, падает на мыльную пленку под углом ( $\theta=45^\circ$ ). При какой наименьшей толщине пленки отраженный от нее свет будет максимально ослаблен?

2.6. Две дифракционные решетки имеют одинаковую ширину ( $d=3$  мм, но разные периоды:  $d_1=3 \cdot 10^{-3}$  мм и  $d_2=6 \cdot 10^{-3}$  мм. Определить их наибольшую разрешающую способность для желтой линии натрия с  $\lambda=589,6$  нм.

3.6. Определить угол полной поляризации отраженного света для воды ( $n=1,33$ ), стекла ( $n=1,6$ ) и алмаза ( $n=2,42$ ).

1.7. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны  $0,55$  мкм перпендикулярно падает на тонкую пленку, нанесенную на толстую стеклянную пластинку. Показатели преломления пленки и пластинки соответственно равны  $1,6$  и  $1,5$ . Определить наименьшую толщину пленки, обеспечивающую максимальное отражение света.

2.7. Период дифракционной решетки  $d=6 \cdot 10^{-3}$  мм. Для спектральной линии водорода  $\lambda=0,486$  мкм подобрать такое наибольшее  $\Delta\lambda$ , чтобы нигде не было перекрытия спектра при освещении светом в интервале  $\lambda \pm \Delta\lambda$ .

3.7. На пути естественного света поставлены поляризатор и анализатор (призмы Николя). Угол между главными плоскостями николей равен  $60^\circ$ . Определить, как изменится интенсивность света после прохождения сквозь николи, если потери на поглощение и отражение в каждом николе составляют  $10\%$ .

1.8. Плоская световая волна падает на бисеркала Френеля, угол между которыми  $2^\circ$ . Определить длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране  $\Delta y = 0,55$  мм.

2.8. Период дифракционной решетки  $5 \cdot 10^{-3}$  мм. Какой элемент дифракционной картины будет наблюдаться под углом  $\varphi = \pi/6$ , если решетку освещать монохроматическим светом с  $\lambda=0,6$  мкм.

3.8. На стеклянную пластинку с показателем преломления  $1,70$  падает луч под углом полной поляризации. На сколько надо изменить угол падения, чтобы получить полную поляризацию отраженного луча, если пластинку поместить в сосуд с водой ( $n=1,33$ ).

1.9. Расстояние от бипризмы Френеля до узкой щели  $a=25$  см, до экрана  $b=100$  см. Бипризма стеклянная с преломляющим углом  $\varphi=20'$ . Найти длину света, если ширина интерференционных полос на экране  $\Delta\lambda=0,55$  мм.

2.9. Сколько штрихов на  $1$  мм должна иметь дифракционная решетка, чтобы углу между плоскостью щели и направлением распространения волны, равному  $90^\circ$ , соответствовал максимум 5-го порядка для света с длиной волны  $\lambda=0,5$  мкм.

3.9. Луч света падает на поверхность воды, показатель преломления которой равен 1,33. На какой угловой высоте над горизонтом должно находиться солнце, чтобы поляризация солнечного света, отраженного от поверхности воды, была максимальной?

1.10. Плоская монохроматическая световая волна падает перпендикулярно на диафрагму с двумя узкими щелями, расположенными друг от друга на расстоянии  $d=2,5$  мм. На экране, отстоящем от диафрагмы на расстоянии  $D=100$  см, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в какую сторону сместятся полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщиной  $h=10$  мкм?

2.10. Период дифракционной решетки  $d=5$  мкм. Определить число наблюдаемых главных максимумов в спектре дифракционной решетки для  $\lambda=0,76$  мкм.

3.10. На систему, состоящую из двух поляризаторов, у которых угол между оптическими осями составляет  $45^\circ$ , падает нормально естественный свет. Во сколько раз уменьшится интенсивность светового пучка на выходе из системы, если потери света на отражение и поглощение в каждом из поляризаторов составляют 10%?

1.11. На тонкую пластинку ( $n=1,33$ ) падает параллельный пучок белого света. Угол падения  $i=52^\circ$ . При какой толщине пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый цвет ( $\lambda=0,60$  мкм)?

2.11 Дифракционная решетка шириной 12 мм содержит 4800 штрихов. Определить число максимумов, наблюдаемых в спектре дифракционной решетки для длины волны  $\lambda=0,55$  мкм.

3.11. В результате прохождения естественного света через поляризатор и анализатор интенсивность света уменьшилась на 80%. Определить угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если известно, что каждый из них поглощает и отражает 10% падающего на него светового потока.

1.12. Для уменьшения потерь света из-за отражения от поверхности стекла его покрывают тонким слоем вещества с показателем преломления  $n = \sqrt{n_c}$ , где  $n_c$  - показатель преломления стекла. В этом случае амплитуды световых колебаний, отраженных от обеих поверхностей такого слоя, будут одинаковыми. При какой толщине этого слоя отраженная способность стекла в направлении нормали будет равна нулю для света с длиной волны 0,6 мкм?

2.12. Ширина прозрачного и непрозрачного участков дифракционной решетки в пять раз больше длины волны падающего света. Определить углы, соответствующие первым трем наблюдаемым максимумам.

3.12. Каков угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если световой поток, выходящий из анализатора, составляет 50% от светового потока, прошедшего через поляризатор? Путь лучей ограничен только сечением поляризатора.

1.13. Рассеянный монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 0,60$  мкм падает на тонкую пленку вещества с показателем преломления  $n=1,5$ . Определить толщину пленки, если угловое расстояние между соседними максимумами, наблюдаемыми в отраженном свете под углом с нормалью, близкими к  $i = 45^\circ$ , равно  $\Delta i = 3^\circ$ .

2.13. Какой должна быть ширина щели  $a$ , чтобы первый дифракционный минимум наблюдался под углом  $90^\circ$  при освещении красным светом ( $\lambda = 0,760$  мкм)?

3.13. На систему, состоящую из трех поляризаторов, у которых угол между оптическими осями и осью координат составляет  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  соответственно, падает естественный свет. Во сколько раз уменьшится интенсивность светового пучка на выходе из системы? Потерями света на отражение и поглощение пренебречь.

1.14. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности  $R=12,5$  см прижата к стеклянной пластинке. Диаметры десятого и пятнадцатого темных колец Ньютона в отраженном свете равны  $d=1,00$  мм и  $d=1,50$  мм. Определить длину волны света.

2.14. Свет падает нормально на прозрачную дифракционную решетку шириной  $a=6,5$  см, имеющую период 200 штрихов на миллиметр. Исследуемый спектр содержит спектральную линию с  $\lambda=670,8$  нм, которая состоит из двух компонент, отличающихся по длинам волн на  $\Delta\lambda=0,015$  нм. Найти, в каком порядке спектра эти компоненты будут разрешены. Найти наименьшую разность длин волн  $\Delta\lambda$ , которую может разрешить эта решетка в области  $\lambda=670,0$  нм.

3.14. На систему, состоящую из двух одинаковых поляризаторов, у которых угол между оптическими осями составляет  $45^\circ$ , нормально падает естественный свет. Найти потери света на отражение и поглощение в каждом поляризаторе, если через всю систему прошло 20% падающего света.

1.15. Во сколько раз изменится радиус колец Ньютона, если пространство между плосковыпуклой линзой и плоскопараллельной пластинкой заполнить сероуглеродом с показателем преломления 1,6?

2.15. Монохроматический свет с  $\lambda=589,0$  нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом  $d=2,5$  мкм, содержащую  $N=10000$  штрихов. Определить угловую ширину дифракционного максимума второго порядка.

3.15. Свет падает на плоскопараллельную пластинку ( $n=1,72$ ) из стекла под таким углом, что отражения от передней поверхности пластинки не происходит. Будет ли свет вообще отражаться от пластинки?

1.16. Расстояние между десятым и пятнадцатым темными кольцами Ньютона при наблюдении в отраженном свете равно 2,34 мм. Вычислить радиус кривизны линзы, лежащей на плоской пластинке, если длина волны падающего света 546,0 нм.

2.16. Прозрачная дифракционная решетка имеет период  $d=1,50$  мкм. Найти угловую дисперсию (в угл мин/нм), соответствующую максимуму наибольшего порядка спектральной линии с  $\lambda=0,530$  мкм, если свет падает на решетку нормально.

3.16. Определить, на сколько процентов уменьшится интенсивность светового пучка после прохождения через призму Николя, если на призму падает естественный свет. Потери энергии, связанные с поглощением и отражением света в николе, составляют 12%.

1.17. Линза из кронгласа (показатель преломления 1,51) лежит на плоскопараллельной пластинке из флинтгласа (показатель преломления 1,80). Пространство между ними заполнено бензолом (показатель преломления 1,60). При

наблюдении в отраженном монохроматическом свете ( $\lambda=590,0$  нм) радиус шестого светлого кольца оказался равным 5 мм. Определить радиус кривизны линзы.

2.17. Определить длину волны монохроматического света, падающего нормально на решетку с периодом  $d=2,2$  мкм, если угол между направлениями на максимумы первого и второго порядков  $\varphi=15^\circ$ .

3.17. Анализатор в 2 раза уменьшает интенсивность света, проходящего к нему от поляризатора. Определить угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора. Потерями света в анализаторе пренебречь.

1.18. Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления  $n=1,33$ , при которой свет с длиной волны 0,64 мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 0,40 мкм не отражается совсем. Угол падения света равен  $30^\circ$ .

2.18. При нормальном падении света на дифракционную решетку обнаружено, что под углом дифракции  $35^\circ$  совпадают максимумы с длинами волн 0,63 мкм и 0,42 мкм, причем максимальный порядок для второй линии в спектре ( $\lambda=0,42$  мкм) равен пяти. Определить период решетки.

3.18. Угол между плоскостями пропускания анализатора и поляризатора равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличится до  $60^\circ$ ?

1.19. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца в отраженном свете равен 3,6 мм?

2.19. На дифракционную решетку падает нормально свет. При этом угол дифракции для линии  $\lambda=0,65$  мкм во втором порядке равен  $\varphi=45^\circ$ . Определить угол дифракции для линии  $\lambda=0,50$  мкм в третьем порядке.

3.19. Естественный свет поляризуют, пропуская через поляризатор. Во сколько раз уменьшится интенсивность поляризованного света, если потери на отражение - 10%, на поглощение - 10%?

1.20. Определить радиус кривизны 4-го темного кольца Ньютона, если между линзой с радиусом кривизны  $R=5$  м и плоской поверхностью, к которой она прижата, находится вода. Длина волны света  $\lambda=0,589$  мкм.

2.20. Вычислить наибольший угол, на который может отклониться пучок монохроматического света дифракционной решетки, имеющей 10000 штрихов при ширине решетки 4 см. Длина волны падающего света 546,0 нм. Лучи падают нормально к плоскости решетки.

3.20. Интенсивность света после прохождения поляризатора и анализатора уменьшилась в 4 раза. Найти угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если на поляризатор падал естественный свет. Поглощением света пренебречь.

1.21. Для наблюдения колец Ньютона в отраженном свете ( $\lambda=0,55$  мкм) плосковыпуклую линзу с радиусом кривизны  $R=3$  м в одном случае положили на плоскопараллельную пластинку, а в другом - на вогнутую линзу с радиусом кривизны  $R=6$  м. Определить разность радиусов 10 темных колец.

2.21. Точечный источник монохроматического света расположен перед зонной пластинкой на расстоянии  $l=1,5$  м. Его изображение образуется на расстоянии  $l_1=1,0$  м от пластинки. Определить фокусное расстояние зонной пластинки.

3.21. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, главные плоскости которых, составляют между собой угол  $60^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность прошедшего света, если поляризатор и анализатор поглощают и отражают по 15% падающего на них света?

1.22. Плоская пластинка и линза применяются для наблюдения колец Ньютона. Определить толщину воздушного промежутка между линзой и пластинкой в том месте, где наблюдается пятое темное кольцо. Картина колец наблюдается в отраженном свете. Длина световой волны  $6560 \text{ \AA}$ .

2.22. Вычислить радиус шестой зоны Френеля для плоской монохроматической волны ( $\lambda=546 \text{ нм}$ ), если точка наблюдения находится на расстоянии  $b=4,4$  м от диафрагмы.

3.22. Луч желтого света ( $\lambda=589 \text{ нм}$ ) падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно его оптической оси. Показатели преломления этого кристалла для обыкновенного и необыкновенного лучей равны соответственно 1,658 и 1,486. Определить скорости света и длины волн в исландском шпате для обыкновенного и необыкновенного лучей.

1.23. В опыте Юнга вначале берется свет с длиной волны  $\lambda=0,66 \text{ мкм}$ , а затем свет с неизвестной длиной волны  $\lambda_x$ . Какова длина волны  $\lambda_x$ , если 7-я светлая полоса для первой длины волны совпадает с 10-й темной полосой для второй длины волны?

2.23. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого  $R$  можно менять в процессе опыта. Расстояние от диафрагмы до источника и экрана равны  $l_1=100 \text{ см}$  и  $l_2=125 \text{ см}$ . Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при  $R_1=1,00 \text{ мм}$ , а следующий максимум при  $R_2=1,29 \text{ мм}$ .

3.23. Главные плоскости двух поляризаторов составляют угол  $30^\circ$ . Как изменится интенсивность света, проходящего через поляризаторы, если поставить главные плоскости под углом  $60^\circ$ ?

1.24. Какой должна быть толщина пластинки при  $n=1,6$  и  $\lambda=0,55 \text{ мкм}$ , если с введением этой пластинки на пути одного из интерферирующих лучей картина смещается на четыре интерференционных полосы?

2.24. Точечный источник света с  $\lambda=0,50 \text{ мкм}$  расположен на расстоянии  $l=1,0$  м перед диафрагмой с круглым отверстием радиусом  $r=1,0 \text{ мм}$ . Найти расстояние от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии  $n=3$ .

3.24. Интенсивность светового пучка уменьшилась в 9 раз в результате пропускания естественного света через две призмы Николя. Определить угол между главными плоскостями николей. Потери энергии, связанные с поглощением и отражением света в каждом николе, составляют 10%.

1.25. Какова наименьшая возможная толщина плоско-параллельной пластинки с показателем преломления  $n=1,5$ , если при освещении белым светом под углами  $\varphi=45^\circ$  и  $\varphi=60^\circ$  она кажется красной ( $\lambda=0,74$  мкм)?

2.25. На щель шириной 10 мкм нормально падает пучок монохроматического света ( $\lambda=577$  нм). Под какими углами к первоначальному направлению наблюдаются максимумы первого, второго и третьего порядков?

3.25. Определить с помощью формул Френеля коэффициент отражения к естественного света при нормальном падении на поверхность стекла ( $n=1,50$ ). Коэффициент отражения  $k = (n-1)^2 / (n+1)^2$ .

1.26 В каких пределах может изменяться толщина пластинки, чтобы можно было наблюдать максимум 12-го порядка для  $\lambda=0,6$  мкм? Показатель преломления пластинки  $n=1,6$ .

2.26. Нормально к плоскости щели падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 0,546 мкм. Вычислить ширину щели, если первая светлая полоса, считая от центральной светлой области дифракционной картины, наблюдается под углом  $2^\circ$  к первоначальному направлению лучей.

3.26. 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.

1.27. Два точечных когерентных источника света находятся в спирте ( $n=1,36$ ) на расстоянии 1 см друг от друга. Определить оптическую разность хода для точки, лежащей на расстоянии 20 см от одного из источников по направлению нормали к прямой, соединяющей источники.

2.27. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 400 нм падает нормально на щель шириной 20 мкм. За щель помещена линза с фокусным расстоянием 50 см, с помощью которой можно наблюдать дифракционные полосы на экране. Определить расстояние между светлыми полосами первого и второго порядков.

3.27. 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.

1.28. На сколько изменится оптическая разность хода, если два точечных когерентных источника света, находящиеся на расстоянии 1,5 см друг от друга в воздухе, поместить с сероуглерод ( $n=1,63$ )? Задачу решить для точки, лежащей на расстоянии 30 см от одного из источников, по направлению нормали к прямой, соединяющей источники.

2.28. На узкую щель нормально падает пучок параллельных лучей ( $\lambda=490$  нм). Дифракционная картина, даваемая щелью, наблюдается на экране с помощью линзы с фокусным расстоянием 40 см. Определить ширину щели, если расстояние между серединами полос спектров первого и второго порядка на экране равно 7 мм.

3.28. Свет, проходя через жидкость, налитую в стеклянный сосуд ( $n=1,5$ ), отражается от дна, причем отраженный свет плоскополяризован при падении его на

дно сосуда под углом  $41^\circ$ . Определить: 1) показатель преломления жидкости; 2) угол падения света на дно сосуда, чтобы наблюдалось полное отражение.

1.29. Два когерентных источника, находящиеся в воздухе на расстоянии 20 мм, испускают световые волны в одинаковой фазе с частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равняется разность фаз колебаний, приходящих в точку, удаленную на 50 см от одного из источников в направлении нормали к прямой, соединяющей источники?

2.29. Определить наибольший порядок дифракционного спектра для спектральной линии с длиной волны 404,7 нм при наблюдении с помощью решетки, имеющей 500 штрихов на 1 мм.

3.29. Параллельный пучок света падает нормально на пластинку из исландского шпата, толщиной 50 мкм, вырезанную параллельно оптической оси. Принимая показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно  $n_o = 1,66$  и  $n_e = 1,49$ , определить разность хода этих лучей, прошедших через пластинку.

1.30. Определить наименьшую толщину мыльной пленки, при которой могут стать заметными интерференционные цвета при рассматривании пленки под углом  $45^\circ$ . Показатель преломления мыльной жидкости принять равным 1,34.

2.30. На плоскую дифракционную решетку с постоянной, равной  $5 \cdot 10^{-3}$  мм, нормально падает пучок монохроматического света. Угол между направлениями лучей, дающих максимум первого порядка справа и слева от центральной полосы дифракционной картины, равен  $13^\circ 48'$ . Определить длину волны падающего света.

3.30. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два поляризатора, главные плоскости которых образуют угол в  $60^\circ$ , если каждый из них как поглощает, так и отражает 5% падающего на них света.

