

11. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ НА ПЛЕНКАХ

Оптическая разность хода световых лучей, отраженных от тонкой пластины толщиной d : $\Delta L = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}$, где n -показатель преломления пленки, i -угол падения, λ -длина волны света.

Условия максимума и минимума интерференции:

$$\Delta L = k\lambda, \Delta L = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, \text{ где } k - \text{целое число.}$$

Справочные данные:

$$1^0 = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ рад,}$$

$$1' = 2,91 \cdot 10^{-4} \text{ рад,}$$

$$1'' = 4,85 \cdot 10^{-6} \text{ рад.}$$

11.1. Плоскопараллельная стеклянная пластинка толщиной $d=1,2$ мкм и с показателем преломления $n_{\text{ст}}=1,5$ помещена между двумя средами с показателями преломления n_1 и n_2 . Свет с длиной волны $\lambda=0,6$ мкм падает нормально на пластинку. Определите оптическую разность хода волн, отраженных от верхней и нижней поверхностей пластинки и определите, усиление или ослабление интенсивности происходит при интерференции в следующих случаях: а) $n_1 < n < n_2$; б) $n_1 < n > n_2$. Ответ: а) 3,6 мкм, максимум, б) 3,3 мкм, минимум.

11.2. Свет с длиной волны $\lambda=0,4$ мкм падает нормально на плоскопараллельную пластинку с показателем преломления 1,5 и толщиной 1,0 мм, которая находится между двумя средами с показателями преломления n_1 и n_2 . Определите оптическую разность хода волн, отраженных от верхней и нижней поверхностей пластинки, и результат их интерференции в следующих случаях: а) $n_1 > n > n_2$; б) $n_1 > n < n_2$. Ответ: а) 3,0 мкм, минимум, б) 3,2 мкм, максимум.

11.3. На мыльную пленку с показателем преломления $n=1,3$, находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. В результате интерференции отраженные лучи с длиной волны $\lambda=0,55$ мкм оказываются максимально усиленными. Определите: а) оптическую разность хода интерферирующих лучей (в общем виде), б) наименьшую толщину пленки, при которой произойдет это усиление. Ответ: 0,11 мкм.

11.4. Белый свет падает нормально на мыльную пленку с показателем преломления 1,3, находящуюся в воздухе. В результате интерференции проходящие лучи с длиной волны $\lambda=0,70$ мкм оказываются максимально ослабленными. Определите: а) оптическую разность хода интерферирующих лучей (в общем виде), б) наименьшую толщину пленки, при которой произойдет это ослабление. Ответ: 0,135 мкм

11.5. Пучок белого света падает нормально к поверхности стеклянной пластинки толщиной $d=0,5$ мкм, находящейся в воздухе. Показатель преломления стекла $n=1,5$. В результате интерференции интенсивность некоторых волн, длины которых лежат в пределах видимого спектра (от 400 до 700 нм), усиливается при отражении. Определите длины этих волн. Ответ: 0,6 мкм; 0,43 мкм.

11.6. Белый свет падает нормально на поверхность стеклянной пластинки толщиной $d=0,4$ мкм, находящейся в воздухе. Показатель преломления стекла $n_{\text{ст}}=1,5$. Определите: а) геометрическую и оптическую разность хода интерферирующих лучей в проходящем свете, б) длины волн, интенсивность которых ослабляется после прохождения пластинки. Считать, что видимая часть спектра лежит в интервале длин волн от 0,4 до 0,7 мкм. Ответ: 0,8 мкм; 1,2 мкм; 0,48 мкм.

11.7. Пучок белого света падает нормально к поверхности стеклянной пластинки толщиной $4 \cdot 10^{-7}$ м, лежащей на грани алмаза с показателем преломления $n=2,42$. Показатель преломления стекла $n_{\text{ст}}=1,5$. В результате интерференции интенсивность некоторых волн, длины которых лежат в пределах видимого спектра (от 400 до 700 нм), усиливается при отражении. Определите: а) геометрическую разность хода интерферирующих лучей; б) оптическую разность хода интерферирующих лучей; в) длины волн, интенсивность которых усиливается при отражении. Ответ: 0,8 мкм; 1,2 мкм; 0,6 мкм; 0,4 мкм.

11.8. На мыльную пленку, находящуюся в воздухе, падает белый свет под углом $i=45^\circ$ к поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды $n=1,33$. В результате интерференции отраженные лучи оказываются окрашенными в желтый цвет (длина волны $\lambda=600$ нм). Найти наименьшую толщину пленки, при которой произойдет это усиление. Ответ: 0,133 мкм.

11.9. На поверхность стеклянной пластинки с показателем преломления $n_{\text{ст}}=1,5$ нанесена тонкая прозрачная пленка с показателем преломления 1,2. Белый свет падает под углом $i=45^\circ$ к поверхности пленки. В результате интерференции отраженные лучи оказываются окрашенными в желтый цвет, длина волны которого 0,58 мкм. Определите, при каких толщинах пленки наблюдается такое явление. Ответ: 0,3 мкм; 0,6 мкм.

11.10. Пленка с показателем $n=1,33$ находится в воздухе. В результате интерференции свет с длиной волны $\lambda_1=0,64$ мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны $\lambda_2=0,4$ мкм не отражается совсем. Угол падения света $i=30^\circ$. Определите наименьшую толщину пленки, при которой произойдет это усиление и ослабление. Ответ: 0,65 мкм.

11.11. Мыльная пленка, расположенная в воздухе вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. При наблюдении интерференционных полос в отраженном свете с длиной волны $\lambda = 533$ нм оказа-

лось, что расстояние между первой и пятой интерференционными полосами $\ell = 2$ см. Свет падает перпендикулярно к поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды $n = 1,33$. Найдите угол клина. Ответ: $4 \cdot 10^{-5}$ рад.

11.12. Мыльная пленка, расположенная в воздухе вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. Интерференция на пленке наблюдается в отраженном свете через красное стекло (длина волны $\lambda_1 = 631$ нм). Расстояние между соседними красными полосами при этом $\ell_1 = 3$ мм. Затем эта же пленка наблюдается через фиолетовое стекло ($\lambda_2 = 400$ нм). Найдите расстояние ℓ_2 между соседними синими интерференционными полосами. Считать, что за время измерений форма пленки не изменится и свет падает перпендикулярно к поверхности пленки. Ответ: 1,9 мм.

11.13. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 582$ нм падает нормально к поверхности стеклянного клина с показателем преломления $n = 1,5$, помещенного между средами с показателями преломления n_1 и n_2 (рис.11.1). Угол клина $i = 20^\circ$. В отраженном излучении на поверхности клина наблюдается интерференционная картина. Определите, какое количество темных интерференционных полос приходится на единицу длины клина в следующих случаях: а) $n_1 > n > n_2$; б) $n_1 > n < n_2$. Ответ: 5 см⁻¹.

11.14. Тонкая клинообразная стеклянная пластина ($n = 1,5$) с углом $i = 1/3$ угл. мин. находится между двумя средами с показателями преломления n_1 и n_2 , как показано на рис.11.1. Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 485$ нм падает нормально к поверхности пластины. В результате интерференции в отраженном излучении на поверхности пластины наблюдается интерференционная картина, представляющая собой совокупность темных и светлых полос. Определите, какое количество светлых интерференционных полос приходится на единицу длины клина в следующих случаях: а) $n_1 < n < n_2$; б) $n_1 < n > n_2$. Ответ: 6 см⁻¹.

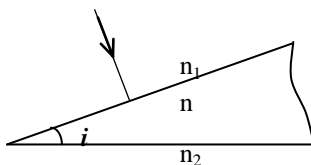


Рис. 11.1

11.15. На тонкий стеклянный клин с показателем преломления $n = 1,5$ падает нормально монохроматический свет. Клин помещен между средами с показателями преломления n_1 и n_2 (рис.11.1). Двугранный угол между поверхностями клина $i = 2'$. В результате интерференции образуется система светлых и темных полос. Расстояние между смежными интерференционными максимумами в отраженном свете равно $b = 0,3$ мм. Определите длину световой волны в следующих случаях: а) $n_1 > n > n_2$; б) $n_1 > n < n_2$. Ответ: 0,52 мкм.

11.16. Монохроматический свет падает нормально на тонкий стеклянный клин с показателем преломления $n = 1,5$. Клин помещен между

средами с показателями преломления n_1 и n_2 (рис.11.1). Двугранный угол между поверхностями клина $i=1/30$ градуса. В образовавшейся интерференционной картине расстояние между соседними интерференционными минимумами в отраженном свете равно 0,4 мм. Определите длину падающей световой волны в следующих случаях: а) $n_1 < n_2$; б) $n_1 > n_2$. Ответ: 0,7 мкм.

11.17. Поверхности стеклянного клина (показатель преломления 1,5) образуют между собой угол $i = 0,3'$. Клин находится в воздухе. На клин нормально к его поверхности падает пучок лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda=0,524$ мкм. В отраженном свете наблюдается интерференционная картина. Определите ширину интерференционной полосы. Ответ: 2 мм.

11.18. На тонкий стеклянный клин, находящийся в воздухе, нормально к его поверхности падает монохроматический свет с длиной волны 582 нм. В отраженном свете наблюдается интерференционная картина. Определите угол между поверхностями клина, если расстояние между соседними интерференционными минимумами в отраженном свете равно $b = 4$ мм. Считать, что показатель преломления стекла равен 1,5. Ответ: $10''$.

11.19. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками положили очень тонкую проволочку, расположенную параллельно линии соприкосновения пластинок и находящуюся на расстоянии $L=75$ мм от нее. В отраженном свете с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм на верхней пластинке видны интерференционные полосы. Определите диаметр поперечного сечения проволочки, если на протяжении $a = 30$ мм насчитывается $m = 16$ светлых полос. Ответ: 10 мкм.

11.20. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки приложены одна к другой так, что между ними образовался воздушный клин с углом $i=30''$. На одну из пластинок падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм. Определите, на каких расстояниях ℓ_1 и ℓ_2 от линии соприкосновения пластинок будут наблюдаться в отраженном свете первая и вторая светлые интерференционные полосы. Ответ: 1,03; 3,09 мм.

11.21. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки образуют клин с углом $i=30''$. Показатель преломления стекла $n_{ст}=1,5$. Пространство между пластинками заполнено кварцем, показатель преломления которого $n_k = 1,54$. На клин нормально к его поверхности падает пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500$ нм. В отраженном свете наблюдается интерференционная картина. Определите, сколько темных интерференционных полос приходится на 1 см длины клина. Ответ: 9.

11.22. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально к поверхности пластинки.

Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны 4 мм и 4,38 мм. Радиус кривизны линзы 6,4 м. Считая, что $r \ll R$, определите: а) порядковые номера колец; б) длину волны падающего света. Ответ: 5; 6; 500 нм.

11.23. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. В отраженном свете с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм наблюдается интерференционная картина. Считая, что радиусы интерференционных колец r много меньше радиуса кривизны линзы $R=1,2$ м, определите: а) толщину слоя воздуха там, где видно первое светлое кольцо Ньютона, б) радиус первого кольца. Ответ: 0,15 мкм; 0,6 мм.

11.24. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. В отраженном свете с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм наблюдается интерференционная картина. Диаметр второго светлого кольца Ньютона $d = 1,2$ мм. Считая, что радиус кольца r пренебрежимо мал по сравнению с радиусом кривизны линзы R , определите: а) геометрическую и оптическую разность хода интерферирующих лучей в месте образования второго кольца, б) оптическую силу плосковыпуклой линзы, взятой для опыта. Ответ: 0,9 и 1,2 мкм; 1,25 дптр.

11.25. Плосковыпуклая линза с оптической силой $D = 2$ дптр выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Показатель преломления стекла линзы $n_{ст} = 1,5$. В отраженном свете наблюдается интерференционная картина. Радиус четвертого темного кольца Ньютона $r = 0,7$ мм. Считая, что радиус кольца r пренебрежимо мал по сравнению с радиусом кривизны линзы R , определите: а) геометрическую разность хода интерферирующих лучей в месте образования четвертого кольца; б) оптическую разность хода этих интерферирующих лучей; в) длину световой волны. Ответ: 1,96 мкм; 2,2 мкм; 0,49 мкм.