

10. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Условие интерференционного максимума:

$$\Delta\varphi = 2k\pi, \Delta l = \pm k\lambda$$

Условие интерференционного минимума:

$$\Delta\varphi = (2k+1)\pi, \Delta l = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2},$$

где $k=0,1,2,\dots$, λ - длина световой волны в вакууме

Формулы приближенного вычисления: если $a \ll 1$, то

$$\sqrt{1 \pm a} = 1 \pm \frac{1}{2}a, \frac{1}{\sqrt{1 \pm a}} = 1 \mp \frac{1}{2}a,$$

$$(1 \pm a)^2 = 1 \pm 2a, \frac{1}{(1 \pm a)^2} = 1 \mp 2a$$

10.1. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение первоначально занятое пятой светлой полосой(не считая центральной). Луч падает на пластинку перпендикулярно. Показатель преломления пластинки $n=1,5$. Длина волны $\lambda=6 \cdot 10^{-7}$ м. Какова толщина пластинки? Ответ: 6 мкм.

10.2. В опыте Юнга стеклянная пластинка толщиной в 2 см помещается на пути одного из интерферирующих лучей перпендикулярно лучу. На сколько могут отличаться друг от друга значения показателя преломления в различных местах пластинки, чтобы изменение разности хода от этой неоднородности не превышало 1 мкм? Ответ: $\Delta n \leq 5 \cdot 10^{-5}$.

10.3. На рисунке показана схема интерферометра, служащего для измерения показателя преломления прозрачных веществ. Здесь S-узкая щель, освещаемая монохроматическим светом длиной волны $\lambda=589$ нм, 1 и 2-две одинаковые трубки с воздухом, длина каждой из которых $L=10$ см, Д-диафрагма с двумя щелями. Когда воздух в трубке 1 заменили аммиаком, то интерференционная картина на экране Э сместилась вверх на $N=17$ полос. Показатель преломления воздуха $n=1,000277$. определить показатель преломления аммиака. Ответ: $n=1,000377$.

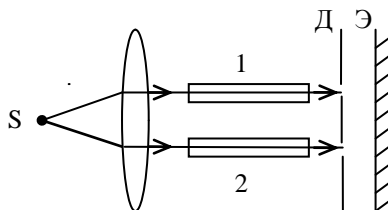


рис.10.3

10.4. Пучок лазерного излучения с длиной волны $\lambda=633$ нм падает по нормали на преграду с двумя узкими щелями. На экране, установленном за

преградой, наблюдается система интерференционных полос. В какую сторону и на какое число полос сместится интерференционная картина, если одну из щелей перекрыть прозрачной пластинкой толщины $a=10$ мкм, изготовленной из материала с показателем преломления $n=1,633$? Ответ: $N=10$ полос, в сторону перекрытой щели.

10.5. Пучок лазерного излучения с длиной волны $\lambda=500$ нм падает по нормали на преграду с двумя узкими щелями. На экране, установленном за преградой, наблюдается система интерференционных полос. После того, как щели перекрыли прозрачной пластинкой толщины $a=10$ мкм, интерференционная картина сдвинулась на $N=3$ полосы. На сколько отличаются показатели преломления пластинки в точках расположения щелей? Ответ: 0,15.

10.6. Монохроматическое излучение с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм нормально падает на диафрагму с двумя узкими щелями. За диафрагмой установлен экран, на котором наблюдается интерференционная картина. Если щели закрыть стеклянной пластиной с показателем преломления $n=1,633$, то вся интерференционная картина сдвинулась на три полосы. На сколько отличается толщина пластинки в точках расположения щелей? Ответ: 3 мкм.

10.7. Расстояние между двумя когерентными источниками света ($\lambda=0,5$ мкм) равно $d=0,1$ мм. Расстояние между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно $\Delta x=1,0$ см. Определить расстояние от источников до экрана. Ответ: $L=2$ м.

10.8. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр ($\lambda_{\text{зел}}=5,0 \cdot 10^{-5}$ см) заменить красным ($\lambda_{\text{кр}}=6,5 \cdot 10^{-5}$ см)? Ответ: в 1,3 раза.

10.9. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны $\lambda=6,0 \cdot 10^{-5}$ см, расстояние между отверстиями равно $d=1,0$ мм и расстояние от отверстий до экрана $L=3$ м. Найти положение трех первых светлых полос. Ответ: 1,8 мм, 3,6 мм, 5,4 мм.

10.10. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга равно $d=1,0$ мм, расстояние от щелей до экрана $L=3$ м. Определить длину волны, испускаемой источником монохроматического света, если ширина полос интерференции на экране равна $\Delta x=1,5$ мм. Ответ: $\lambda=500$ нм.

10.11. В опыте Юнга расстояние между двумя щелями равно $d=0,8$ мм, длина волны $\lambda=640$ нм. На каком расстоянии от щелей следует расположить экран, чтобы ширина интерференционной полосы на экране оказалась равной $\Delta x=2,0$ мм. Ответ: $L=2,5$ м.

10.12. В опыте, подобном тому, с помощью которого Юнг впервые определил длину волны света, пучок солнечных лучей, пройдя через светофильтр и узкую щель в непрозрачной преграде, падал на вторую преграду с двумя узкими щелями, находящимися на расстоянии $d=1,0$ мм друг от

друга. За преградой на расстоянии $L=1,0$ м располагается экран, на котором наблюдались интерференционные полосы. Ширина полосы оказалась равной: а) $\Delta x=0,65$ мм для красного света и б) $\Delta x=0,45$ мм для синего света. Определить длину световой волны. Ответ: а) $\lambda=0,65$ мкм, б) $\lambda=0,45$ мкм.

10.13. В опыте Юнга источник испускает свет с длинами волн $\lambda_1=0,5$ мкм и $\lambda_2=0,6$ мкм. На экране, расположенном параллельно щелям, наблюдаются две перекрывающиеся интерференционные картины. Какой наименьший по счету (не считая центрального) максимум интерференционной картины от волны λ_1 строго наложится на максимум интерференционной картины от волны с λ_2 ? Ответ: пятый.

10.14. В опыте Юнга источник испускает свет с длинами волн $\lambda_1=0,5$ мкм и $\lambda_2=0,55$ мкм. На экране, расположенном параллельно щелям, наблюдаются две перекрывающиеся интерференционные картины. Какой наименьший по счету (не считая центрального) максимум интерференционной картины от волны λ_1 строго наложится на минимум интерференционной картины от волны с λ_2 ? Ответ: пятый.

10.15. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света было равно 0,5 мм, расстояние до экрана 5 м. В зеленом свете получились интерференционные полосы на расстоянии 5 мм друг от друга. Найти длину волны зеленого света. Ответ: $\lambda=0,5$ мкм.

10.16. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света ($\lambda=0,6$ мкм) было равно 0,5 мм, расстояние до экрана 3 м. Определить ширину полос интерференции на экране. Ответ: 3,6 мм.

10.17. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте с зеркалами Френеля, если фиолетовый светофильтр ($\lambda_{\text{ф}}=0,4$ мкм), закрывающий источник света от зеркал, заменить желтым ($\lambda_{\text{ж}}=0,6$ мкм)? Ответ: в 1,5 раза.

10.18. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света ($\lambda=0,5$ мкм) было равно 0,5 мм, расстояние от них до экрана 2 м. Определить на сколько сместится положение 5-го максимума после того, как всю систему поместят в воду с показателем преломления $n=1,33$. Ответ: удалится от центра картины на 2,5 мм.

10.19. Источник света S ($\lambda=0,6$ мкм) и плоское зеркало M расположены так, как показано на рисунке 10.19 (зеркало Ллойда). Что будет наблюдаться в точке P экрана, где сходятся лучи SP и SMP , - свет или темнота, если $|SP|=2$ м, $a=0,55$ мм а $|SM|=|MP|$? Ответ: свет.

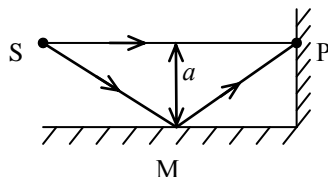


Рис. 10.19

10.20. В опыте Ллойда (рис. 10.19.) свет, падающий на экран напрямую от источника, загородили плоской прозрачной пластинкой ширины $d=9$ мкм, изготовленной из материала с показателем преломления $n=1,5$. В какую сторону и на какое число полос сместится интерференционная картина на экране, если длина волны света $\lambda=0,45$ мкм? Ответ: 10, в сторону от зеркала.

10.21. Два точечных источника света расположены на расстоянии $d=2$ мм друг от друга и равноудалены от экрана на $L=3$ м. Длина волны света, излучаемого источниками, $\lambda=0,6$ мкм. Определить результат интерференции света в точке, находящейся на расстоянии $x=3,6$ мм от центра экрана. Ответ: 4-й максимум.

10.22. По условию предыдущей задачи найти ширину интерференционной полосы на экране (расстояние между соседними минимумами). Ответ: $\Delta x=0,9$ мм.

10.23. От когерентных источников S_1 и S_2 выделены лучи 1 и 2, которые падают на экран в точку А (рис.10.24). Причем луч 1 распространяется перпендикулярно экрану. На рисунке $L=4$ м, $d=3$ мм. Какова длина волны света источников, если в точке А образуется второй минимум? Ответ: $\lambda=0,45$ мкм.

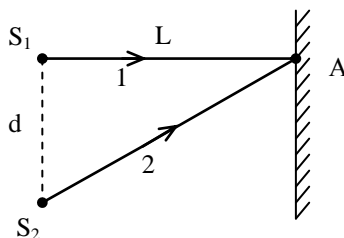


Рис. 10.24

10.24. Определить результат интерференции лучей 1 и 2 в точке А на рисунке предыдущей задачи, если $d=3$ мм, $L=3$ м и длина волны света источников S_1 и S_2 равна $\lambda=0,5$ мкм. Ответ: максимум.

10.25. Решить задачу 10.23 с учетом того, что на пути луча 2 перпендикулярно ему установлена стеклянная пластинка толщиной $d=1,1$ мкм с показателем преломления $n=1,5$. Ответ: $0,65$ мкм.

10.26. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на расстояние $2,5$ мм. На экране, расположенном за диафрагмой на 100 см, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в какую сторону сместятся эти полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщины 10 мкм? Ответ: сместятся в сторону перекрытой щели на 2 мм.