Дифракция света

Дифр.

Явлением дифракции называется отклонение света от первоначального направления. Захождение света в область геометрической тени.

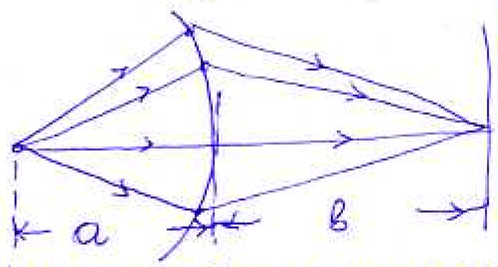
Наблюдение явления интерференции света привели к изменению существовавших представлений о природе света от корпускулярной теории к волновой природе света.

Гюйгенс предположил, что свет имеет волновую природу

Принцип Гюйгенса

1) Каждая точка волнового фронта является вторичным источником.
2) Волновой фронт волны в данный момент может быть найден как огибающая всех фронтов вторичных источников.

По Гюйгенсу получалось: свет в однородной среде может распространяться по ломаным линиям (лучи от вторичных источников могут попадать в одну точку экрана)



Таким образом принцип Гюйгенса вступил в противоречие с первым законом геометрической оптики о прямолинейном распространении света в однородной среде.

Для объяснения этого противоречия Френель предположил, что, поскольку все вторичные источники являются точками одного волнового фронта, они когерентны, а результат освещенности на экране, естественно, является результатом их интерференции.

Для расчета результата интерференции на полностью открытом волновом фронте (для точечного источника – сфера) Френель выделил зоны (так называемые „зоны Френеля“).

Зоны Френеля – основания конусов с вершиной в точке наблюдения (на перпендикуляре от источника к экрану), образующие которых отличаются друг от друга на разность хода $\rightarrow \Delta = \frac{\lambda}{2}$.

Оказалось, что площади выделенных таким образом зон одинаковы, т.е. количество точечных источников в них одинаково и от этих точечных источников (находящихся в соседних зонах) в точку наблюдения приходят колебания с разностью фаз π.

Дифр.

Таким образом, результатом сложения всех амплитуд колебаний приходящих в точку наблюдения от соседних зон является амплитуда:

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - A_4 + A_5 - \ldots\ldots$$ ⊛ (см. раздел интерф. света).

Учитывая правила сложения векторов для значения результирующей амплитуды, это равенство можно записать:

$$A = \frac{A_1}{2} + \underbrace{\left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2}\right)}_{\approx 0} + \underbrace{\left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2}\right)}_{\approx 0} \ldots = \frac{A_1}{2}$$

это выражение означает, что

интенсивность (освещенность) в точке наблюдения создает только половина центральной зоны Френеля (это при полностью открытом волновом фронте)

При параметрах $a = 1м$ и $b = 1м$ (см. рисунок) половина центральной зоны имеет размер меньше $0{,}5\ мм^2$, а телесный угол, в пределах которого идут лучи, создающие в точке наблюдения интенсивность составляет $\sim 5 \cdot 10^{-4}$ рад, что и говорит о прямолинейном распространении света.

Если нарушить открытый волновой фронт, то мы будем наблюдать явление захождения света в область геометрической тени - явление дифракции света.

Явления дифракции света принято классифицировать в зависимости от расстояния источника и точки наблюдения от препятствия с отверстием, поставленного на пути распространения света. Если расстояния бесконечно велики, то говорят о дифракции в параллельных лучах - дифракции Фраунгофера, в противном случае - дифракция в расходящихся лучах, или дифракция Френеля.

Если расстояния не бесконечны, то разграничение в наблюдении явлений дифракции выглядят так: если при данных параметрах установки в отверстии из точки наблюдения кажутся укладывающимися одна и более зон Френеля, наблюдается дифракция Френеля, если меньше одной зоны - то дифракция Фраунгофера.

Расстояние b, при котором в отверстии укладывается 1 зона Френеля называется дистанцией Френеля.

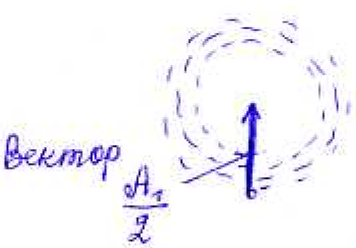
Тема 2. Дифракция Френеля

(дифракция в расходящихся лучах.)

Итак, если есть точечный источник и экран (открытый волновой фронт), экран будет освещаться по законам фотометрии. Большая освещенность на перпендикуляре от источника на экран и постепенное спадание интенсивности по радиусам от этой точки.

Мы выяснили, что освещенность (интенсивность) в центре определяется половиной центральной зоны Френеля.

Результирующую амплитуду в центральной точке принято указывать на векторной диаграмме (так назыв. спирали Архимеда). В этом случае



Интенсивность в центральной точке тогда:

$I = \left(\frac{A_1}{2}\right)^2$, она и равна интенсивности падающего от источника света по перпендикуляру на экран.

Обозначим $\frac{A_1}{2} \equiv A_0$, а интенсивность I_0, тогда

$$\underline{I_0 = A_0^2}$$

Теперь поставим между источником и экраном диафрагму с отверстием.

1) Если параметры системы (a, b, r - радиус отверстия, λ) таковы, что из центральной точки экрана нам будет казаться, что в отверстии укладывается одна зона Френеля, то: (если $\lambda = 500$ нм (зеленый цвет))

а) векторная диаграмма

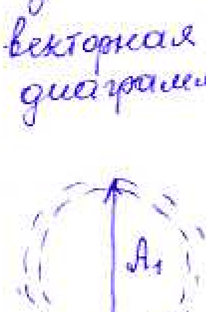
б) интенсивность в центре

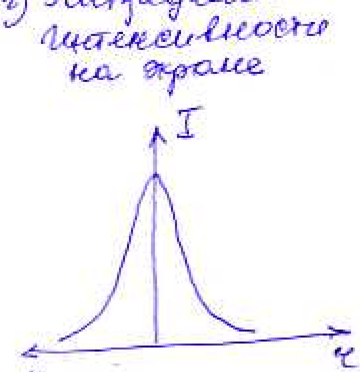
$I = A_1^2 = (2A_0)^2 = 4I_0$

в) Вид картины

светлое пятно

г) Распределение интенсивности на экране





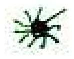
Дифр-

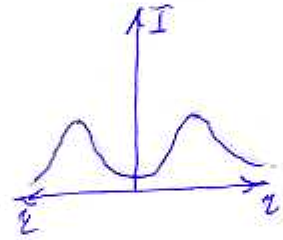
2) Если кажется, что в отверстии укладываются 2 зоны:

а) 

б) самая $\underline{min}$ освещенность

в) темный центр и ореол



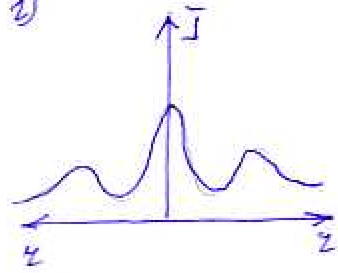
г) 

3) Если кажется, что в отверстии укладываются 3 зоны:

а) 

б) Можно считать, что $A_3 \cong A_1$ тогда $I \cong 4I_0$

в) Светлый центр, потом темное кольцо и ореол.

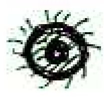
г) 

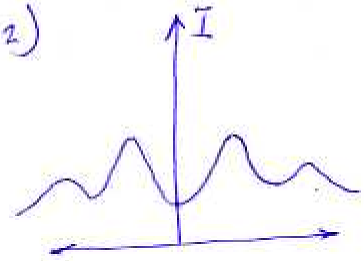
4) Если кажется, что в отверстии укладываются 4 зоны:

а) 

б) min

в) темный центр, светлое кольцо, темное кольцо, ореол



г) 

и так далее.

Если на пути света от источника до экрана поставить диск, закрывающий, например 5 зон Френеля, в центре картины за диском появится светлое пятно (по законам геометрической оптики диск должен давать тень) – результат дифракции. По выражению (*) амплитуда в центре картины будет определяться: $A = A_6 - A_7 + A_8 - A_9 + \dots$ учтя сложение векторов $A = \frac{A_6}{2}$, а интенсивность $\underline{I = \left(\frac{A_6}{2}\right)^2}$.

Это пятно носит название <u>пятно Пуассона</u>.

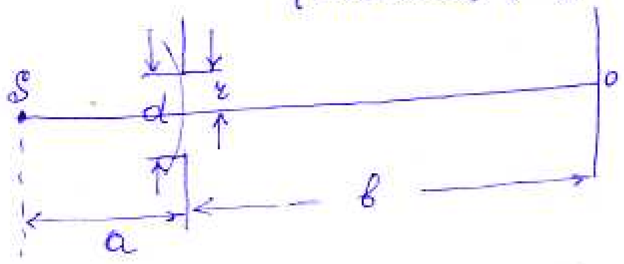
На векторной диаграмме

за пятой зоной открытый волновой фронт!

Дифр. Задача 1 Свет от точечного монохроматического источника (с длиной волны $\lambda_0 = 500$ нм) падает на диафрагму с круглым отверстием диаметром 2 мм. За диафрагмой, на расстоянии 1 м от неё, находится экран. Расстояние между источником и диафрагмой тоже 1 м. Вся система в воздухе ($n=1$).

1) Сколько зон Френеля укладывается в отверстии?
2) Каким будет центр дифракционной картины на экране: темным или светлым?
3) При каком диаметре отверстия диафрагмы центральная точка дифракционной картины на экране будет наиболее темной?
4) При каком диаметре отверстия диафрагмы дифракционная картина на экране будет иметь вид светлого пятна?
5) Изменится ли картина дифракции, если всю систему поместить в среду, показатель преломления которой $n = 1{,}25$?
6) Изменится ли картина дифракции, если на диафрагму будет падать не сферическая, а плоская монохроматическая волна ($\lambda_0 = 500$ нм) (система в воздухе).
7) Как изменится картина дифракции, если поместить систему из предыдущего вопроса в среду с показателем преломления $n = 1{,}25$?
8) Сколько раз будет наблюдаться изменение в интенсивности центра дифракционной картины, если расстояние от диафрагмы до экрана будет изменяться от 1 до 2 м? (Система, заданная в условии задачи).

1)



Радиус k-той открытой зоны Френеля связан с параметрами системы:

$$\boxed{r_k^2 = k\frac{ab}{a+b}\lambda_0}$$ откуда

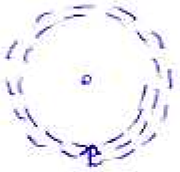
$a = 1$ м
$b = 1$ м
$d_k = 2$ мм
$r_k = 1$ мм
$\lambda_0 = 500$ нм

$$k = \frac{r_k^2(a+b)}{ab\lambda_0} = \frac{d_k^2(a+b)}{4ab\lambda_0} = \frac{4\cdot 2\cdot 10^3}{4\cdot 10^3\cdot 10^3\cdot 5\cdot 10^{-4}} = 4$$
(в мм)

т.е. при данных параметрах из центральной точки дифракционной картины ((·) O на экране) кажется, что в отверстии укладываются 4 зоны Френеля.

Цвет λ_0 – зеленый. Далее описание картин для вопроса 1)

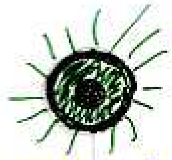
Дифр. а) В этом случае результирующая амплитуда на векторной диаграмме:



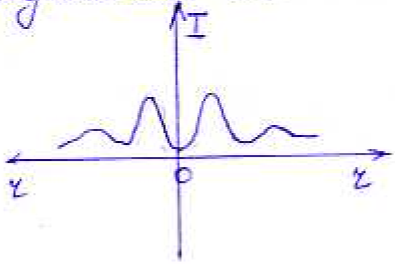
min, центр картины темный

б) Интенсивность в центральной точке картины близка к 0.

в) Вид картины на экране:



г) Распределение интенсивности на экране вокруг точки О.

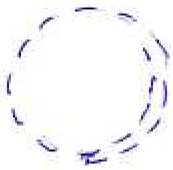


3) Наиболее темный центр (самая min освещенность) при $\underline{k=2}$

$$r_2^2 = 2\cdot\frac{10^6\cdot 0{,}5\cdot 10^{-3}}{2\cdot 10^3} = 0{,}5 \Rightarrow \underline{r_k=\sqrt{0{,}5}\simeq 0{,}7\text{ мм}}$$

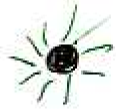
(в мм)

а)

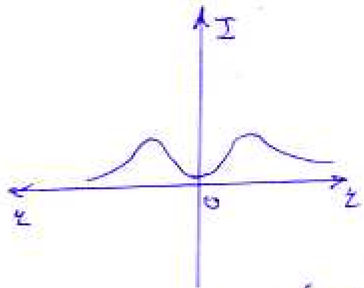


б) самая темная

в)



г)

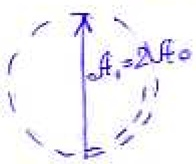


4) Светлое пятно на экране, когда из точки наблюдения (О) в отверстии кажется укладывающаяся одна зона Френеля.

если $\underline{k=1}$

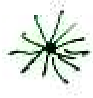
$$r_1^2 = 1\cdot\frac{10^6\cdot 0{,}5\cdot 10^{-3}}{2\cdot 10^3} = 0{,}25 \Rightarrow r_1 = 0{,}5\text{ мм}$$ и диаметр $\underline{d_1 = 1\text{ мм}}$

а)

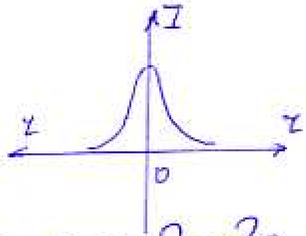


б) $\underline{I\sim 4A_0^2=4I_0}$

в)



г)



5) В этом случае, из всех параметров, меняется лишь $\underline{\lambda=\frac{\lambda_0}{n}}$

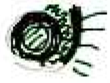
$$\underline{k} = \frac{d_k^2(a+b)}{4ab\lambda_0} = \frac{d_k^2(a+b)n}{4ab\lambda_0} = \underline{5}$$

В этом случае кажется, что укладываются 5 зон Френеля.

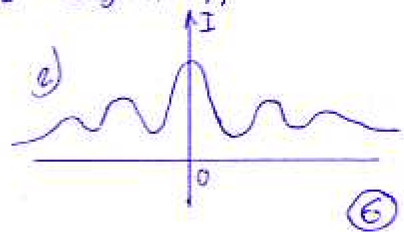
а)

б) $I=(A_5)^2$

в)



г)



Дифр.

продолжение задачи 2

6) В случае падающей плоской волны $a \to \infty$

$r_k^2 = k\frac{ab}{a+b}\lambda$ поделим на $a \to r_k^2 = k\frac{b\lambda}{1+\underbrace{b/a}_{\to 0}} = kb\lambda \Rightarrow$

$$k = \frac{r_k^2}{b\lambda} = \frac{d_k^2}{4b\lambda} = \frac{4}{4\cdot10^3\cdot0{,}5\cdot10^{-3}} = 2$$

Картинки в ответе 3)

7) $r_k^2 = kb\lambda = kb\frac{\lambda_0}{n} \Rightarrow k = \frac{r_k n}{b\lambda_0} = 2{,}5$

т.е. получились открыты 2,5 зоны

В точке 0:

а)

б) $I \cong (\sqrt{2}A_0) \cong 2A_0^2 \cong$
$\cong 2I_0$

Вектор на вект. диагр. его значение можно считать $\sim\sqrt{2}A_0$, т.к. второй виток спирали очень близок к первому.

8) В ответе на вопрос 1) мы получили открытыми 4 зоны если $b = 2м$

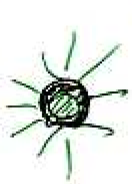
$$k = \frac{r_k^2(a+b)}{ab\lambda_0} = \frac{d_k^2(a+b)}{4\,ab\lambda_0} = \frac{4\cdot3\cdot10^3}{4\cdot10^3 10^3\cdot2\cdot5\cdot10^{-4}} = 3 \text{ зоны}$$
(в мм)

Если 3 зоны:

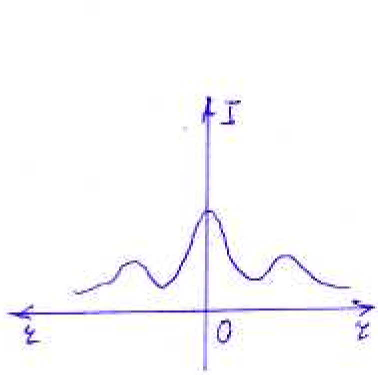
а)

б) $I \sim 4I_0$

в)



г)



Можно считать, что $A_3 \sim A_1$

При изменении расстояния b произошло одно изменение картины в (·) O. Был min, стал max.

Дифр.

$\Delta l = \frac{1}{4}h$

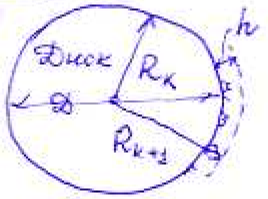
$\lambda = 500$ нм

$\Delta l = 10$ мкм

$D = 0,5$ см

$b_{min} = ?$

Задача 2 Диск диаметром 0,5 см с неровностями 10 мкм расположен на расстоянии 1 м от точечного источника света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Считая, что пятно Пуассона видно до тех пор, пока неровности перекрывают зону Френеля не более, чем на 1/4. Найти минимальное расстояние, на котором можно наблюдать пятно.



Пятно Пуассона обычно видно, когда диск закрывает целое число зон Френеля.

① $R_k^2 = k\frac{ab}{a+b}\lambda$ – при таких параметрах системы видно пятно Пуассона

② $R_{k+1}^2 = (k+1)\frac{ab}{a+b}\lambda$ – следующий раз, когда снова видно пятно Пуассона.

учтя, что $R_{k+1} = R_k + h$ равенство ② будет иметь вид:

$$(R_k+h)^2 = (k+1)\frac{ab}{a+b}\lambda$$ – вычтем рав-во ①, учтя, что h^2 величина второго порядка малости:

$$-\quad R_k^2 = k\frac{ab}{a+b}\lambda$$

$$\underbrace{2R}_{D}h = \frac{ab}{a+b}\lambda,$$

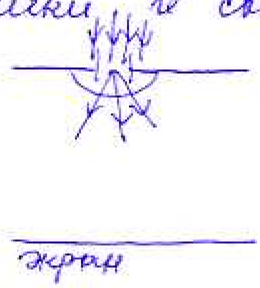
Отсюда $h = \frac{\lambda}{D}\frac{ab}{a+b}$ (*) а по условию задачи нам известно, что $h = 4\Delta l = 40$ мкм, тогда

из (*) $b = \frac{Dha}{\lambda a - Dh} = 0,67$ м $= b_{min}$

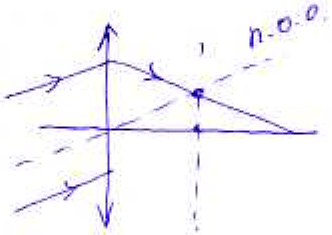
Дифракция Фраунгофера

(Дифракция в параллельных лучах)

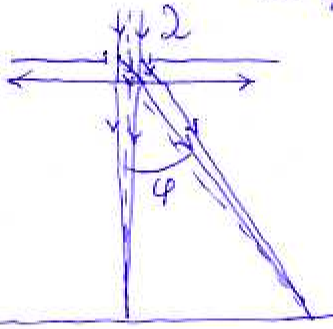
Если параллельный пучок света падает на узкую, бесконечной длины щель, по принципу Гюйгенса на волновом фронте в щели возникают вторичные источники, и свет испытывает явление дифракции.



На экран, находящийся в ∞ от каждого точечного источника доходят колебания. Поскольку такие источники когерентны, результат освещенности определяется результатом интерференции в каждой точке экрана.



Наблюдать картину интерференции в ∞ неудобно, поэтому сразу за щелью, обычно, ставится линза, которая не вносит дополнительной разности хода и обладает основным свойством, благодаря которому она используется в большом количестве оптических систем: параллельные между собой лучи она собирает в точку пересечения побочной оптической оси, параллельной данным лучам и фокальной плоскости линзы.

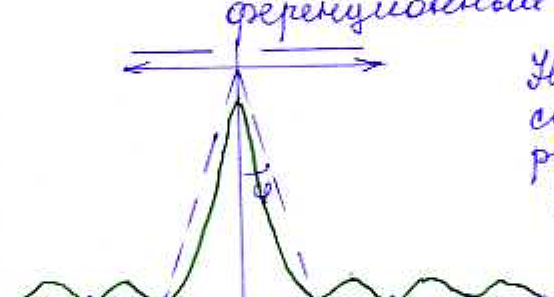


Лучи, идущие от щели под углом φ собираются линзой на экран под тем же углом φ.
Помним: картина интерференции зависит от распределения оптической разности хода лучей на экране. (Название этой картины – дифракционная)

Вывод выражения оптической разности в данной системе можно посмотреть опять в учебнике Ландсберга.

$\Delta = b \sin\varphi$ где b – ширина щели.

Но в данной системе, если в Δ укладывается целое число длин волн, то в данной точке наблюдается интерференционный минимум. т.е. $b\sin\varphi = k\lambda$ усл. min

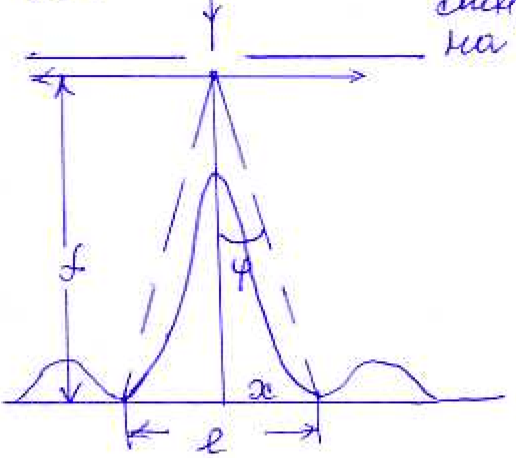


На рис. распределение интенсивности в этой системе, min расположены на равном расстоянии друг от друга.
Углы, в пределах которых лежит картина, очень малы. Такие, что
$\sin\varphi = \mathrm{tg}\,\varphi = \varphi$ выраженному в рад.

Дифр. Задача 3 На щель шириной 0,1мм нормально к поверхности падает параллельный пучок лучей от монохроматического источника ($\lambda = 0,6$мкм). Определить ширину центрального максимума в дифракционной картине, полученной с помощью линзы, находящейся непосредственно за щелью, на экран, отстоящий от линзы на $f = 1$м.

$b = 0,1$мм
$f = 1$м
$\lambda = 600$нм

$l = ?$



Центральный max занимает область между ближайшими правым и левым минимумами (min 1^го^ порядка), поэтому ширина центрального max – расстояние между этими минимумами.

$$l = 2x$$

Итак, условие наблюдения min в данной картине:

$$b\sin\varphi = k\lambda, \text{ откуда } \sin\varphi = \frac{k\lambda}{b}$$

Из геометрии: $\operatorname{tg}\varphi = \frac{x}{f}$, учтя, что φ мал можем записать:

$\frac{x}{f} = \frac{k\lambda}{b}$; так как нас интересует положение min 1^го^ пор-ка, то $k=1$,

и $x = \frac{f\lambda}{b}$, а

$$l = \frac{2f\lambda}{b} = \frac{2\cdot 1\cdot 10^3\cdot 6\cdot 10^{-4}}{1\cdot 10^{-1}} = 12\,(\text{мм}) = 1,2\text{ см}$$

P.S. Распределение интенсивности на экране в случае дифракции на щели выглядит так:
Интенсивность центрального max составляет 94% от интенсивности падающего света, на все побочные max приходится всего 6%.

Дифр:

Задача 4 На дифракционную решетку, нормально к ней, падает параллельный пучок лучей с $\lambda = 0{,}5$ мкм. На экране, параллельном дифракционной решетке с помощью линзы с фокусным расстоянием 1м возникает дифракционная картина.

Между max 1го порядка наблюдаемыми на экране получилось расстояние равное 22 см.

Дано:

$\lambda = 0{,}5$ мкм

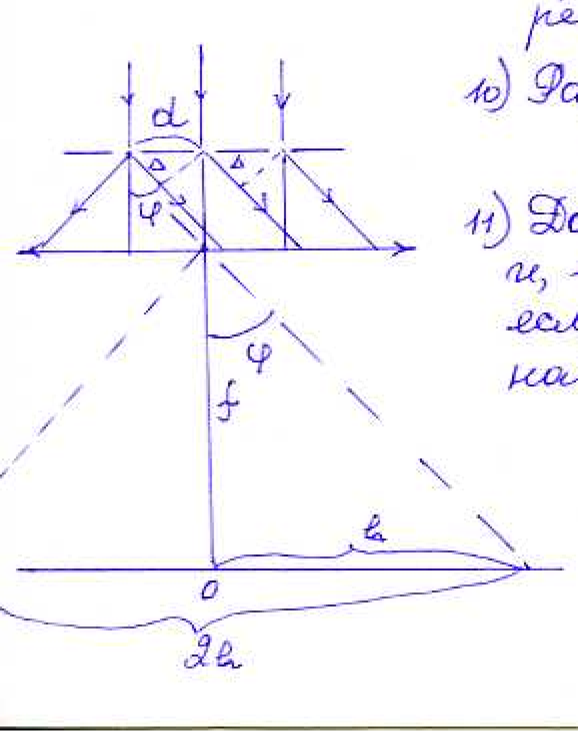
$f = 1$м

$2l_1 = 22$ см

$l = 2$ см

Определить:

1) Постоянную дифракционной решетки (d).
2) Число штрихов на одном мм (n)
3) Полное количество max, которое дает решетка (k)
4) Угол отклонения лучей, соответствующий последнему максимуму (φ_{max}).
5) Угловую дисперсию решетки в спектре I го порядка (D)
6) Линейную дисперсию решетки в спектре I го порядка (D')
7) Угловой размер спектра I го порядка, если решетка освещается белым светом в области длин волн 400÷700 нм.
8) Длину спектра I го порядка для той же области длин волн 400÷700 нм.
9) Разрешающую способность решетки в I ом порядке, если длина нарезанной части решетки 2 см.
10) Разрешит ли решетка Na дублет? $\lambda_1 = 5890\,\text{Å}$ и $\lambda_2 = 5896\,\text{Å}$?
11) Даст ли решетка перекрытие спектров и, если да, то в каких порядках спектра, если освещать её белым светом с набором длин волн 400÷700 нм?



дифр. 1) Условие наблюдения главных max дифракционной решетки:

$$d\sin\varphi = k\lambda \quad (*)$$

Из геометрии $\sin\varphi = \frac{l}{\sqrt{l^2+f^2}}$, учтя $k=1$

$d = ?$

$$d = \frac{\lambda\sqrt{l^2+f^2}}{l} = 4{,}6\cdot10^{-6}\ м$$

$$d = 4{,}6\ мкм$$

$n = ?$ 2) $n = \frac{1}{d(мм)} = \frac{1}{4{,}6\cdot10^{-3}} = 0{,}220\cdot10^{3} = 220\ \frac{1}{мм}$

$k^* = ?$ 3) Последний max в одну сторону от (.) O (центрального max) наблюдается при $\varphi \le \frac{\pi}{2}$

Максимальный порядок спектра из (*)

$$k_{max} \le \frac{d}{\lambda} = \frac{4{,}6\ мкм}{0{,}5\ мкм} = 9{,}2 \Rightarrow k_{max} = 9$$

(целочисленное значение)

Полное количество max, даваемое этой решеткой:

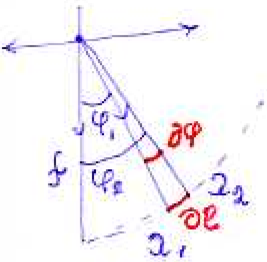
9 справа + 9 слева + 1 центральный

$$k^* = 19$$

$\varphi_{max} = ?$ 4) Из (*) $\sin\varphi_{max} = \frac{k_{max}\lambda}{d} = \frac{9\cdot0{,}5}{4{,}6} = 0{,}978 \Rightarrow$

$$\varphi_{max} = 78^\circ$$

$D = ?$ 5) На решетку падает сплошной спектр с интервалом 400÷700 нм.



Угловая дисперсия по определению — величина, численно равная приращению угла дифракции при изменении длины волны на единицу (угл. единица или в рад., или в угловых минутах ('), или в угловых секундах ('') на нм.)

$\lambda_2 - \lambda_1 = 1\ нм$

$D = \frac{\partial\varphi}{\partial\lambda}$; Продифференцировав выражение (*) получим связь D с параметрами решетки.

$$d\cos\varphi\,\partial\varphi = k\,\partial\lambda \Rightarrow \frac{\partial\varphi}{\partial\lambda} = \frac{k}{d\cos\varphi}, \text{ т.е. } D = \frac{k}{d\cos\varphi} \Rightarrow$$

$$D = \frac{k\sqrt{l^2+f^2}}{d\,f} = \frac{1\sqrt{1+0{,}01}}{4{,}6\cdot10^{3}\ нм\cdot1} = 2{,}18\cdot10^{-4}\ \frac{1}{нм} = 0{,}75'/нм = 45''/нм$$

(учтя: $1' = 2{,}91\cdot10^{-4}$ рад)

D — величина постоянная для данного порядка спектра!

Дифр.

$D^{\ell} = ?$

6) Линейная дисперсия по определению - величина, численно равная приращению расстояния на экране при изменении длины волны на единицу.

$$\boxed{D^{\ell} = \frac{\partial \ell}{\partial \lambda}}$$ Из предыдущего рисунка $\partial \ell = \partial \varphi \cdot f$, и

$$D^{\ell} = \frac{\partial \varphi}{\partial \lambda} \cdot f = D \cdot f = 2{,}18 \cdot 10^{-4} \frac{1}{нм} \cdot 10^{3} мм \cong 0{,}22 \frac{мм}{нм}$$

Размерность линейной дисперсии $\frac{мм}{нм}$ и не сокращается.

Ясно, что линейная дисперсия в данном порядке спектра тоже величина постоянная. ($D^{\ell} = Const$)

$\Delta\varphi = ?$

7) Средняя дисперсия в данном порядке спектра есть величина $\frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda}$, где $\Delta\varphi$ - угловой размер спектра данного порядка

$\Delta\lambda$ - весь интервал длин волн, падающих на решетку

и она есть величина постоянная, т.к. $D = Const$,

тогда $\frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda} = \frac{\partial\varphi}{\partial\lambda} \Rightarrow \underline{\Delta\varphi} = \frac{\partial\varphi}{\partial\lambda} \cdot \Delta\lambda = D \cdot \Delta\lambda = \underline{0{,}75'/нм} \cdot 300 нм \Rightarrow$

$$\underline{\underline{\Delta\varphi = 225' = 3^{\circ}45' = 3{,}75^{\circ}}}$$

P.S. Из параметров, заданных в условии, угол φ, при котором лежит max для $\lambda = 500 нм = 0{,}5 мкм$ равен $6^{\circ}20'$, весь спектр в интервале $\Delta\varphi$, значение $\cos\varphi$ в этом интервале меняется от 0,990 до 0,996, что позволяет говорить о постоянстве дисперсии.

8) Аналогично предыдущему вопросу средняя линейная дисперсия

$\frac{\Delta \ell}{\Delta\lambda}$ есть величина постоянная и равна $\frac{\partial \ell}{\partial\lambda}$

$$\frac{\Delta \ell}{\Delta\lambda} = \frac{\partial \ell}{\partial\lambda} \Rightarrow \Delta \ell = \frac{\partial \ell}{\partial\lambda} \cdot \Delta\lambda = D^{\ell} \cdot \Delta\lambda = 0{,}22 \frac{мм}{нм} \cdot 300 нм \Rightarrow$$

$$\underline{\Delta \ell = 66 мм}$$

$R = ?$

длина нарезанной части решетки $\ell = 2 см$

9) Разрешающая способность решетки:

Способность решетки дать возможность увидеть на экране <u>раздельно</u> в области длин волн $\lambda_{ср}$ две длины волны, отличающиеся друг от друга на $\Delta\lambda$.

$R = \frac{\lambda_{ср}}{\Delta\lambda}$ - <u>определение.</u> здесь $\lambda_{ср} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$

Дифр.

На экране максимумы длин волн λ_1 и λ_2 выглядят как распределение интенсивности (смотри выше) указанное на рис. 1

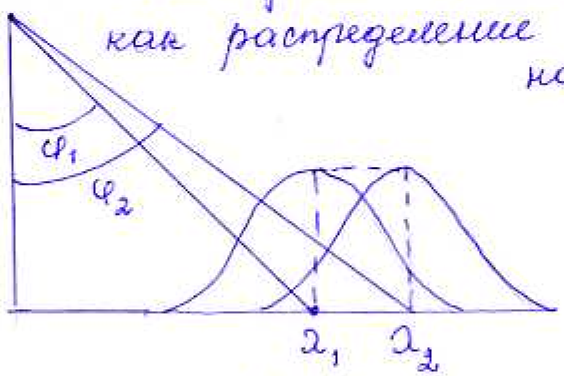
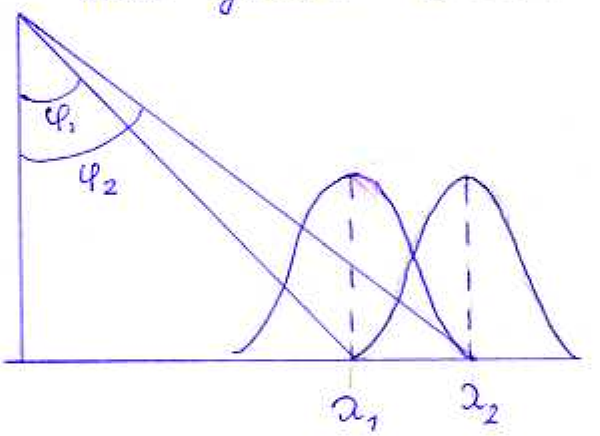


рис. 1.

При таком распределении интенсивности увидеть на экране раздельно эти две линии невозможно.

Релей, исследуя свойства дифракционной решетки обнаружил, что раздельное изображение линий наблюдается когда провал в распределении интенсивностей составляет 25% от интенсивности (максимума) каждой линии.

Это оказалось возможным когда угол дифракции φ_1 для max λ_1 совпадает с углом дифракции для 1-го min длины волны λ_2, и наоборот (рис 2.)



Решив систему, связывающую положение max и 1-ых min с параметрами решетки Релей получил выражение для разрешающей способности решетки с её параметрами. Это предельная ситуация.

Итак: по критерию Релея – $\underline{R = kN}$, где k – порядок спектра, N – полное число штрихов решетки.

$R = kN = knl$, где n – число штрихов на единице длины решетки
l – длина нарезанной части

тогда в условиях нашей задачи

$\underline{R} = 1 \cdot 220 \frac{1}{мм} \cdot 20 мм = \underline{4400}$ – что означает

эта странная безразмерная величина?
С её помощью подбирается дифракционная решетка с нужными для ваших исследований параметрами.
Годится ли наша решетка для разделения нужных нам длин волн?

Дифр.

10) <u>1 способ</u>: По определению разрешающей способности, <u>нам нужна</u> решетка с разрешающей способностью R'

$$R' = \frac{\lambda_{ср}}{\Delta\lambda} \qquad \text{где } \lambda_{ср} = 5893\,Å, \quad \Delta\lambda = 6\,Å$$

т.е. $\underline{\underline{R' = \frac{5893}{6} \approx 982}}$

Наша же решетка имеет разрешающую способность (по критерию Релея) <u>$R = 4400$</u>, естественно, она даст нам возможность увидеть искомые длины волн отдельно.

<u>2 способ</u>: Наша решетка имеет разрешающую способность $R = 4400$, какой интервал ($\Delta\lambda'$) длин волн (по критерию Релея) она даст возможность разрешить?

$$R = \frac{\lambda_{ср}}{\Delta\lambda'} \Rightarrow \Delta\lambda' = \frac{\lambda_{ср}}{R} = \frac{5893\,Å}{4400} = 1{,}34\,Å$$

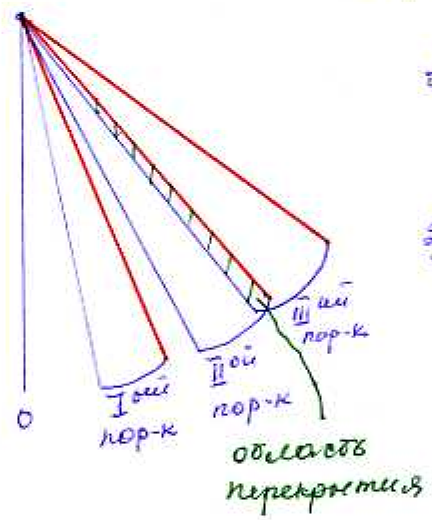
т.е. по критерию Релея мы увидим раздельно в этой области длин волн две длины волны отличающиеся друг от друга на 1,34 Å.

Наши λ отличаются на 6 Å, естественно, мы увидим их раздельно.

11) При каких углах дифракции лежат спектры 1го, 2го, 3го... порядков?

$$\underline{d \sin\varphi = k\lambda}$$

$\lambda_1 \div \lambda_4$
$400 \div 700$ (нм)



1) $\sin\varphi_1' = \frac{\lambda_1}{d} = \frac{400\,нм}{d\,нм}$ фиол
$\ldots$
$\sin\varphi_4' = \frac{\lambda_4}{d} = \frac{700}{d}$ кр
} Iый порядок

2) $\sin\varphi_1'' = \frac{2\lambda_1}{d} = \frac{800}{d}$
$\ldots$
$\sin\varphi_4'' = \frac{2\lambda_4}{d} = \frac{1400}{d}$
} IIой порядок

3) $\sin\varphi_1''' = \frac{3\lambda_1}{d} = \frac{1200}{d}$
$\ldots$
$\sin\varphi_4''' = \frac{3\lambda_4}{d} = \frac{2100}{d}$
} IIIий порядок