Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации СибГУТИ

Кафедра физики

Расчетно-графическое задание по физике №1

Вариант 18

Выполнил: студент гр. ТТ-21 Ланин В. Р.

Преподаватель : Гулидов А.И.

Новосибирск 2023г. Задача 1

На струне длины 120 см образовалась стоячая волна, причем все точки струны с амплитудой смещения 3,5 мм отстоят друг от друга на 15 см. Найти максимальную амплитуду колебаний струны.

|  |  |
| --- | --- |
| *l* = 120 см  *y*1 = 3,5 мм  *d* = 15 см | Струна закреплена с двух сторон. По краям у струны узлы. Уравнение стоячей волны  (1)  где *y*(*x*, *t*) — смещение точек среды с координатой *x* в момент *t*;  *ω* — круговая частота;  *v* — скорость распространения колебаний в среде (фазовая скорость). |
| *ym* - ? |

Независимый от времени множитель показывает амплитуду колебаний в точке с координатой *x*.

 (2)

Обозначим аргумент функции синус через *φ*.

 (3)

Рассмотрим точки струны с амплитудой смещения, равной *y*1. Все такие точки находятся на одинаковом расстоянии, если расстояние между ними равно *λ*/4 и первая из них отступает от узла на *λ*/8. Тогда

|  |
| --- |
| (4) |
|  |



Покажем это на рисунке.

*y*

0

*λ*

*l*

*d*

*d*

*λ*/8

*λ*/4

*ym*

*y*1

*y*1

*φ*

2*π*

Тогда координате *x* = *λ*/8 соответствует фаза *φ* = 2*π*/8 = *π*/4;

|  |
| --- |
| (5) |
| (6) |



Ответ: *ym* = 5 мм.

Задача 2

Свет с длинами волн 520 *нм* и 600 *нм* проходит через две щели, расстояние между которыми 0,5 мм. На какое расстояние *x* (в мм) смещены относительно друг друга интерференционные полосы второго порядка для этих двух длин волн на экране, расположенном на расстоянии 1,5 м?

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| λ1 = 520 нм = 5,2·10–7 м  λ2 = 600 нм = 6·10–7 м  *d* = 0,5 мм = 5·10–4 м  *k* = 2  *L* = 1,5 м | Условие главных дифракционных максимумов при дифракции на двух щелях  *k =* 0, 1, 2, 3, … (1)  В нашем случае   |  | | --- | | (2) | | (3) | |
| *x* — ? |

*L*

d

φ1

2

0

*x*

1

φ'1

φ'2

φ2

*x*1

*x*2

*x*

Из рисунка:

|  |
| --- |
| (4); (5) |
| (6); (7) |



Так как *d* << *L*, φ'1 ≈ φ1, φ'2 ≈ φ2;

|  |
| --- |
| (8) |
| (9) |



Отсюда

|  |
| --- |
| (10) |
| (11) |



|  |
| --- |
| (12) |



Ответ: *x* = 2,4·10–7 м.

Задача 3

На стеклянную плоскопараллельную пластинку с показателем преломления 1,5 падает нормально пучок белого света. При какой наименьшей толщине пластины красные лучи (*λ*1 = 650 нм) будут максимально ослаблены, а синие (*λ*2 = 500 нм)максимально усилены. Наблюдение в проходящем свете.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* = 1,5  *α* = 0°  *λ*1 = 650 нм - min  *λ*2 = 500 нм - max | Оптическая разность хода волн 1 и 2:  Δ *=* *п*(*АС* + *ВС*) *– AD*, (1)  где *п* ― показатель преломления пленки. Из рисунка:   |  | | --- | | (2) | | (3) | | (4) | |
| *d*min - ? |

*d*

*n*

α

β

β

β

*A*

*B*

*С*

1

β

2

*D*

α

α

Тогда



При нормальном падении лучей α *=* 0°

 (5)

1) Условие минимума интефреренции:

|  |
| --- |
| (6) |
| (7) |
| (8) |



2) Условие максимума интефреренции:

|  |
| --- |
| (9) |
| (10) |
| (11) |



По условию ослабление для волн λ1 и усиление для волн λ2 должно происходить на одной и той же пластинке. Приравняем выражения для *d*:

|  |
| --- |
| (12) |
| (13) |
| (14) |



Число *m* должно быть целое. Если брать целое *m*, которое не делится на 13, то выражение  никогда не станет целым числом. Тогда число *k* тоже не будет целым. Найдем такое *m*, при котором *k* ― целое.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *m* | 13 | 26 | 39 | 52 | 65 | 78 | 91 | 104 | 117 |
| *k* | 9,5 | 19,5 | 29,5 | 39,5 | 49,5 | 59,5 | 69,5 | 79,5 | 89,5 |

Очевидно, что нет такого целого *m*, при котором *k* ― целое. Точно выполнить условие ослабления для λ1 и усиления для λ2 невозможно.

Попробуем найти приблизительное выполнение условий ослабления и усиления лучей. Построим график зависимости *k*(*m*).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *m* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *k* | 0,27 | 1,04 | 1,81 | 2,58 | 3,35 | 4,12 | 4,88 | 5,65 | 6,42 |



Наименьшие числа *m* и *k*, близкие к целым:

*m* = 2, *k* = 1.

Минимальная толщина пластины

 (15)

Ответ: *d*min = 333 нм.

Задача 4

На круглое отверстие нормально падает плоская монохроматическая волна. На расстоянии 8 м от него находится экран, где наблюдается дифракционная картина. Определить диаметр круглого отверстия, если в отверстии помещалось три зоны Френеля. Длина волны 600 нм. На сколько надо передвинуть экран наблюдения, чтобы в отверстии помещалось шесть зон Френеля?

|  |  |
| --- | --- |
| *l*1 = 8 м  *m*1 = 3  λ = 600 нм = 6∙10–7 м  *m*2 = 6 | Радиус *m*-той зоны Френеля для плоской волны  (1)  где *l* ― расстояние от диафрагмы до экрана, *m* - номер зоны Френеля, *λ* - длина волны.  Отсюда находим диаметр отверстия:  (2) |
| *d* - ?  Δ*l* - ? |

*l*

диафрагма

экран

*P*

*r*

|  |
| --- |
| (3) |
| (4) |
| (5) |
| (6) |
| (7) |

Для случая, когда в отверстии видно *m*2 = 6 зон Френеля, запишем



Ответ: *d* = 7,6 мм; приблизить на Δ*l* = 4 м.

Задача 5

Белый свет с длиной волны от 400 нм до 750 нм нормально падает на дифракционную решетку, имеющую 4000 штрихов на 1 см. С какого порядка спектры будут частично накладываться друг на друга? Определить угол дифракции, под которым происходит перекрытие спектров.

|  |  |
| --- | --- |
| *λ*1 = 400 нм = 4∙10–7 м  *λ*2 = 750 нм = 7,5∙10–7 м  *n* = 4000 см−1 = 4∙105 м−1 | Условие максимумов интенсивности при дифракции на дифракционной решетке  (1)  где *d* = 1/*n* ― постоянная решетки,  *φ* ― угол, под которым виден дифракционный максимум,  *m* ― порядок спектра,  *λ* ― длина волны. |
| *k* - ?  *φ* - ? |

Δφ

*m*=*k*

*m*=*k*+1

*λ*

*λ*1

*λ*2

Чтобы спектры перекрывались, должно выполняться условие

|  |
| --- |
| (2) |
| (3) |
| (4) |
| (5) |
| (6) |



|  |
| --- |
| (7) |
| (8) |



Определим угол перекрытия:

 (9)

 (10)

Спектр перекрыт в интервале углов дифракции *φ* = 28,7°÷36,9°.

Ответ: спектры будут частично накладываться друг на друга, начиная с порядков 2 и 3; угол дифракции *φ* = 28,7°÷36,9°.

Задача 6

Естественный луч света падает на полированную поверхность стеклянной пластины (n = 1,5), погруженной в коричное масло (n = 1,6). Определить угол полного внутреннего отражения и угол, когда отраженный свет максимально поляризован.

|  |  |
| --- | --- |
| *n*ст = 1,5  *n*м = 1,6 | Закон преломления  (1)  *n*м и *n*ст - показатели преломления сред, из которой и в которую идет луч света;  *i* - угол падения луча света;  *r* - угол преломления света. |
| *i*пр - ?  *i*Б - ? |

*i*пр

*n*м

масло

стекло

*n*ст

*r*

*n*м

*i*

масло

стекло

*n*ст

При полном отражении *r* = 90°.

|  |
| --- |
| (2) |
| (3) |
| (4) |



Закон Брюстера

*i*Б

*n*ст

*n*м

масло

стекло

 (5)

где *i*Б ― угол падения, при котором

отраженная световая волна полностью

поляризована.

 (6)

Ответ: *i*пр = 69,64°; *i*Б = 45,15°.