**ВОЛНЫ**

**Задача 1.**

В среде на расстоянии *d* друг от друга находятся одинаковые излучатели плоских акустических монохроматических волн (S1 и S2, рис.1). Оба излучателя колеблются по закону **=*A*cos(*t*), где  - смещение излучателя из положения равновесия при колебаниях, A - амплитуда,  - круговая частота при колебаниях излучателя.

x

*l*

d

M

S1

S2

Рис. 1

Исходные данные для каждого варианта задания представлены в таблице № 1.

**Таблица 1.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Частота , кГц | Амплитуда А, мм | *d*, м | *l*, м | Среда | Скорость волны в среде *с*, м/с |
| 1 | 1 | 0,8 | 1,02 | 30 | воздух | 340 |
| 2 | 2 | 0,6 | 0,68 | 20 | воздух | 340 |
| 3 | 1 | 0,5 | 0,34 | 10 | воздух | 340 |
| 4 | 10 | 0,3 | 0,9 | 30 | вода | 1500 |
| 5 | 20 | 0,2 | 0,6 | 20 | вода | 1500 |
| 6 | 10 | 0,1 | 0,3 | 10 | вода | 1500 |

Необходимо:

1. вывести уравнение колебаний частиц среды в т. М, находящейся на расстоянии *l* от второго излучателя. Считать, что направления колебаний частиц среды в т. М совпадают;
2. определить отношение амплитуды смещений частиц среды к длине волны ;
3. вывести уравнение колебаний скорости частиц среды. Найти амплитуду скорости частиц среды и её отношение к скорости распространения волны;
4. вывести уравнение колебаний деформаций частиц среды. Найти связь амплитуды деформаций с амплитудой скорости частиц среды.

**Задача 2.**

Для стержня длиной *L* , закреплённого, как указано на рис. 2 или 3, необходимо:

Рис. 3

Рис. 2

1. вывести формулу для возможных частот продольных волн, возбуждаемых в стержне, при которых в нём образуется стоячая волна;
2. указать какая частота колебаний является основной, а какие частоты относятся к обертонам (к высшим гармоникам);
3. определить частоту и длину волны *i*-ой гармоники;
4. для этой гармоники нарисовать вдоль стержня качественную картину:

а) стоячей волны амплитуд смещений;

б) стоячей волны амплитуд деформаций.

Исходные данные для каждого варианта задачи представлены в таблице № 2.

**Таблица 2**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Вид крепления | Материал | Плотность **,103 кг/м3 | Модуль Юнга  *Е,*1010 Па | Длина *L*, м. | Определить *i*-ю гармонику |
| 1 | Рис. 2. | Сталь | 7,8 | 20 | 0,8 | 1 |
| 2 | Рис. 2. | Латунь | 8,5 | 12 | 1 | 2 |
| 3 | Рис. 2. | Алюминий | 2,7 | 7 | 1,2 | 3 |
| 4 | Рис. 3 | Стекло | 2,5 | 6 | 1 | 2 |
| 5 | Рис. 3 | Титан | 4,5 | 11 | 0,8 | 3 |
| 6 | Рис. 3 | Медь | 8,9 | 12 | 1,2 | 1 |

**Задача 3**

Для прямого вертикального волновода (трубы) длиной *L* , расположенного в среде (воздухе или воде), как указано на соответствующем рисунке, необходимо:

Рис. 7

Рис. 9

Рис. 8

Рис. 6

Рис. 5

Рис. 4

1. вывести формулу для возможных частот продольных волн, возбуждаемых в волноводе, при которых в нём образуется стоячая волна;
2. указать какая частота колебаний является основной, а какие частоты относятся к обертонам (к высшим гармоникам);
3. определить частоту и длину волны *i* -ой гармоники;
4. для этой гармоники нарисовать вдоль волновода качественную картину:

а) стоячей волны амплитуд смещений;

б) стоячей волны амплитуд давлений.

Исходные данные для каждого варианта задачи представлены в таблице № 16.

Скорость звука в воде *с*1 =1500 м/c, а в воздухе *с*2=340 м/c.

**Таблица 3**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Схема волновода | Среда | | Длина волновода *L*, м | Определить *i*-ю гармонику |
| Внутри | Снаружи |
| 1 | Рис. 5 | воздух | воздух | 1,02 | 1 |
| 2 | Рис. 4 | воздух | воздух | 1,7 | 2 |
| 3 | Рис. 6 | воздух | воздух | 0,68 | 1 |
| 4 | Рис. 7 | вода | вода | 0,6 | 1 |
| 5 | Рис. 8 | вода | вода | 1,5 | 3 |
| 6 | Рис. 9 | воздух | воздух | 1,02 | 2 |

**Дополнительные пояснения.**

На рис. 4, 9 волноводы открыты с обоих концов. На рис. 5, 7, 8 волновод на одном конце имеет жёсткую пластину, а другой его конец свободен. На рис. 21 волновод имеет жёсткие пластины с обоих концов. На рис. 8, 9 - один открытый конец волновода совпадает с границей раздела сред (воздух-вода), другой конец волновода либо открыт и находится полностью в среде, либо закрыт жёсткой пластиной.

**Задача 4**

Для струны длиной *l* , натянутой с силой  и закреплённой, как указано на рис.11, необходимо:

Рис.11

*l*

*O*

x

z

1. определить частоту колебаний и длину волны *i* -ой гармоники стоячей волны;
2. для этой гармоники нарисовать вдоль струны качественную картину:

а) стоячей волны амплитуд смещений точек струны;

б) распределения скоростей точек струны для момента времени *t* = 0,25*T*, где *T* - период колебания струны для *i* -ой гармоники.

Исходные данные для каждого варианта задачи представлены в таблице № 4

**Таблица 4**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | Характеристики струны | | | | Сила натяжения  F, H | Определить  *i*-ю гармонику |
| Длина  L, м | диаметр  d, мм | материал  струны | Плотность  ρ,  103 кг/м3 |
| 1 | 0,6 | 0,4 | медь | 8,9 | 1 | 3 |
| 2 | 0,9 | 0,5 | медь | 8,9 | 3 | 4 |
| 3 | 1,0 | 0,6 | медь | 8,9 | 4 | 5 |
| 4 | 1,2 | 0,3 | сталь | 7,8 | 5 | 4 |
| 5 | 0,8 | 0,2 | сталь | 7,8 | 6 | 3 |
| 6 | 0,7 | 0,1 | сталь | 7,8 | 2 | 2 |

**Дополнительные пояснения***.* Скорость волны в струне (скорость распространения поперечных смещений) рассчитывается по формуле , где  — линейная плотность материала струны, а *m* - масса струны. Волновое уравнение, описывающее распространение вдоль струны поперечной волны имеет вид:

,

где *z* - смещение точек струны относительно положения равновесия в поперечном направлении.

**Задача 5**

Расстояние между двумя когерентными источниками света с длиной волны λ  равно *d* . Расстояние между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно δ*y*. Определите расстояние  от источников до экрана.

**Таблица 5.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | λ, мкм | d, мм | δy, м |
| 1 | 0,50 | 0,10 | 0,010 |
| 2 | 0,40 | 0,15 | 0,020 |
| 3 | 0,60 | 0,20 | 0,015 |
| 4 | 0,70 | 0,12 | 0,025 |
| 5 | 0,55 | 0,16 | 0,012 |
| 6 | 0,65 | 0,22 | 0,014 |

**Задача 6.**

Вычислите наименьшую толщину мыльной пленки с показателем преломления *n*2 = 1,33, при которой станет видна интерференционная картина. На пленку падает свет с длиной волны λ = 0,6 мкм = 6.10–7 м, наблюдение ведется в отраженном свете.

Таблица 6.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | n2 | λ, мкм |
| 1 | 1,33 | 0,6 |
| 2 | 1,33 | 0,65 |
| 3 | 1,30 | 0,5 |
| 4 | 1,28 | 0,7 |
| 5 | 1,35 | 0,4 |
| 6 | 1,35 | 0,46 |

**Задача 7.**

На щель шириной *d* = 0,1 мм = 10–4 м нормально падает параллельный пучок света от монохроматического источника с длиной волны λ = 0,6 мкм =   
= 6.10–7 м. Определите ширину Δ*x* центрального максимума в дифракционной картине, проецируемой с помощью линзы, находящейся непосредственно за щелью, на экран, отстоящий от линзы на расстоянии *L* = 1 м. Сделать рисунок для пояснения решения.

**Таблица 7.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | d, мм | λ, мкм | L, м |
| 1 | 0,10 | 0,60 | 1,0 |
| 2 | 0,12 | 0,50 | 1,5 |
| 3 | 0,15 | 0,70 | 1,2 |
| 4 | 0,09 | 0,40 | 1,1 |
| 5 | 0,08 | 0,45 | 1,0 |
| 6 | 0,20 | 0,55 | 1,5 |

**Задача 8.**

Вычислите наибольший угол, на который может отклониться параллельный пучок света дифракционной решеткой, имеющей N штрихов при длине решетки L. Длина волны падающего света λ. Лучи падают нормально к плоскости решетки.

**Таблица 8.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | N | L, см | λ, нм |
| 1 | 10000 | 4 | 546 |
| 2 | 15000 | 7 | 460 |
| 3 | 12000 | 5 | 625 |
| 4 | 20000 | 4 | 500 |
| 5 | 24000 | 6 | 700 |
| 6 | 30000 | 9 | 675 |

**Задача 9.**

На кристалл, расстояние между атомными плоскостями в котором равно d, падают рентгеновские лучи с длиной волны λ. При каком угле скольжения будет наблюдаться дифракционный максимум первого порядка? Пояснить решение рисунком.

Таблица 9.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | d, пм | λ, нм |
| 1 | 304 | 0,154 |
| 2 | 300 | 0,148 |
| 3 | 280 | 0,147 |
| 4 | 483 | 0,503 |
| 5 | 460 | 0,500 |
| 6 | 560 | 0,506 |