**Первая глава**

1. ***Периодические процессы***

В жизни мы часто замечаем такие временные процессы, как: смена дня и ночи, вращение Луны вокруг Земли и т.д. Периодические процессы можем наблюдать в технике, например, колебание маятника, или движение частей машин. В таких явлениях какая-нибудь величина измеряется через определённое время-период.

Периодическая величина (математическое определение): если **f(t)** есть периодическая функция **t** с периодом **T**, то при любом **t** функция **f(t+T)=f(t)**.

Периодическая величина (физическое определение):

Колебание - это повторяющийся в той или иной степени во времени процесс изменения состояний системы около точки равновесия.

Волновой процесс - совокупность колебаний всех частиц, при которой колебания передаются от одной частицы к другой. Волна – процесс распространения колебаний в пространстве от одних точек среды к другим.

1. ***Гармонические колебания***

Гармонические колебания-колебания, в которых изменение величины происходит по синусоидальному (косинусоидальному) закону.

Вот пример: проекция точки движется равномерно по окружности и изменяется со временем по синусоидальному закону. Если у окружности радиус = R и угловая скорость вращения точки $ω$, то проекция x равна

$$x=R sinα=R sin ωt$$

Период изменения x, очевидно, равен

$$T=\frac{2π}{ω}$$

Через время T, и через время одного оборота точки, весь процесс в точности повторится. Следовательно, T-период гармонических колебаний, а $ω $-циклическая частота гармонических колебаний.

$$v=\frac{1}{T}$$

Частота колебания - число колебаний за единицу времени.

Частоту измеряют в герцах. 1 герц=1 колебание/сек.

***Физические условия***

Например, возьмём пример с маятником. Сначала, нужно подвесить грузик на нить, потом отклонить его от положения равновесия в сторону и отпустить. Грузик будет двигаться к положению равновесия с каким-то ускорением, возникающее под действием силы нити и силы тяжести. Когда грузик достигнет положения равновесия, где ускорение=0, грузик по инерции пройдёт положение равновесия и будет тормозить с той же силой, которая его ускоряла ранее. Грузик остановится и пойдёт обратно. Именно так возникают собственные колебания. Они называются собственными, так как во время колебаний грузик находиться под действием сил, который определены физическим устройством маятника, анне других тел.

Рассмотрим собственные колебания маятника:

Пусть угол отклонения мятника -$α$. Нужно выяснить как угол будет изменяться со временем.

Сила, которая действует на грузик,

состоит из двух сил: сила тяжести (**mg**) и сила

натяжения нити (**T**). Если угол отклонения

малый, то дугу траектории грузика можно

считатьпрямой. Отклонение грузика от

положения равновесия будет **x**. При малом

угле можно считать, что

$$x≈lα$$

L - длина маятника от точки привеса нити

до центра тяжести. Сила F,которая действует

вдоль дуги, равна $mgsinα$ или при малом угле

$$F≈mgα$$

Уравнение движения грузика будет выглядеть

$$m\frac{d^{2}x}{dt^{2}}=-F$$

**F** со знаком минус, потому что она направлена против направления смещения **x**. Можно заменить угол на x/l, то уравнение можно записать так:

$$m\frac{d^{2}x}{dt^{2}}=-mg\frac{x}{l}$$

Сокращаем m

$$\frac{d^{2}x}{dt^{2}}+\frac{xg}{l}=0$$

Решение уравнения будет таково:

$$x=A sin (\sqrt{\frac{g}{l}}t+φ)$$

1. **амплитуда** колебаний, это величина, определяющая максимальное отклонение колеблющейся точки от положения равновесия*.*

***φ*** – **фаза**, величина, определяющая величину смещения *x* колеблющейся точки от положения равновесия в начальный момент времени (*t=0).*

Таким образом, нашли, что x изменяется во времени по синусоидальному закону.

Колебания происходят периодически, процесс повторяется через период собственных колебаний T.

$$T=2π\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Частота колебаний маятника при малых углах отклонения , или частота собственных колебаний равна

$$v=\frac{1}{2π}\sqrt{\frac{g}{l}}$$

1. ***Стоячие волны***

В одномерном случае две волны одинаковой частоты, длины волны и амплитуды, распространяющиеся в противоположных направлениях (например, навстречу друг другу), будут взаимодействовать, в результате чего может возникнуть стоячая волна. Например, гармоничная волна, распространяясь вправо, достигая конца струны, производит стоячую волну. Волна, что отражается от конца, должна иметь такую же амплитуду и частоту, как и падающая волна.

Рассмотрим падающую и отраженную волны в виде:

$$y\_{1}=y\_{0}sin(kx-ωt)$$

$y\_{2}=y\_{0}sin(kx+ω$t)

{\displaystyle y\_{1}\;=\;y\_{0}\,\sin(kx-\omega t)}{\displaystyle y\_{2}\;=\;y\_{0}\,\sin(kx+\omega t)}где:

* *y0* — амплитуда волны,
* {\displaystyle \omega }$ωω-$циклическая (угловая) частота, измеряемая в радианах в секунду,
* *k* — волновой вектор, измеряется в радианах на метр, и рассчитывается как {\displaystyle 2\pi } поделённое на длину волны {\displaystyle \lambda },
* *x* и *t* — переменные для обозначения длины и времени.

Поэтому результирующее уравнение для стоячей волны *y* будет в виде суммы *y1* и *y2*:

{\displaystyle y\;=\;y\_{0}\,\sin(kx-\omega t)\;+\;y\_{0}\,\sin(kx+\omega t).} $y=y\_{0}sin(kx-ωt)+y\_{0}sin(kx+ωt)$

Используя тригонометрические соотношения, это уравнение можно переписать в виде:

{\displaystyle y\;=\;2\,y\_{0}\,\cos(\omega t)\;\sin(kx).} $y=2y\_{0}cos(ωt) sin(kx)$

Когда две одинаковые волны с равными амплитудами и периодами распространяются навстречу друг другу, то при их наложении возникают стоячие волны. Стоячие волны могут быть получены при отражении от препятствий. Допустим, излучатель посылает волну к препятствию (падающая волна). Отраженная от него волна наложится на падающую волну. Уравнение стоячей волны можно получить сложением уравнения падающей волны

 $y\_{1 }=Asinω(t-\frac{x}{v})=Asin2π(\frac{t}{T}-\frac{x}{λ})$

Отраженная волна движется в направлении, противоположном падающей волне, поэтому расстояние х берем со знаком минус. Смещение точки, которая участвует одновременно в двух колебаниях, равно алгебраической сумме $y=y\_{1}+y\_{2}$ . После несложных преобразований, получаем

$$y=Asin\frac{2πt}{T}cos\frac{2πx}{λ}$$

Это уравнение стоячей волны определяет смещение любой точки волны.

$$A\_{ст}=\left|2Acos\frac{2πx}{λ}\right|$$

Величина не зависит от времени и определяет амплитуду любой точки с координатой х. Каждая точка совершает гармоническое колебание с периодом Т. Амплитуда Аст для каждой точки вполне определена. Но при переходе от одной точки волны к другой она изменяется в зависимости от расстояния х. Если придавать х значения, равные  $\frac{λ}{4},3\frac{λ}{4}$ и т.д., то при подстановке в уравнение (8.16) получим $cos\frac{2πx}{λ}$  . Следовательно, указанные точки волны остаются в покое, т.к. амплитуды их колебаний равны нулю. Эти точки называются узлами стоячей волны. Точки, в которых колебания происходят с максимальной амплитудой, называются пучностями. Расстояние между соседними узлами (или пучностями) называются длиной стоячей волны и равно

$$∆x=\frac{γ}{2}=λ\_{см}$$

где λ - длина бегущей волны.

В стоячей волне все точки среды, в которой они распространяются, расположенные между двумя соседними узлами, колеблются в одной фазе. Точки среды, лежащие по разные стороны от узла, колеблются в противофазе -фазы их отличаются на π. т.е. при переходе через узел фаза колебаний скачкообразно меняется на π. В отличие от бегущих волн в стоячей волне отсутствует перенос энергии вследствие того, что образующие эту волну прямая и обратная волны переносят энергию в равных количествах и в прямом и в противоположном направлениях. В том случае, когда волна отражается от среды более плотной, чем та среда, где распространяется волна, в месте отражения возникает узел, фаза изменяется на противоположную. При этом говорят, что происходит потеря половины волны. Когда волна отражается от среды менее плотной в месте отражения, появляется кучность, и потери половины волны нет.

1. ***Интерференция волн***

**Интерференция звуковых волн –** это явление, возникающее при столкновении двух волн, распространяющихся в одной среде. Результатом интерференции волн является изменение формы среды, которое определяется результирующим влиянием двух отдельно взятых волн на частицы среды.

O1 и O2 –источники волн

O2

M

O1

В точке M происходит сложение колебаний.

$$A=\sqrt{A\_{1}^{2}+A\_{2}^{2}+2A\_{1}A\_{2}}\cos(\left(φ\_{1}-φ\_{2}\right))$$

Данная формула – формула амплитуды результирующего колебания. Она получается из двух формул гармонического колебания для источников звука.

1. $S\_{1}(t)=A\_{1}\cos(\left(ω\_{1}t-k\_{1}d\_{1}+φ\_{0\_{1}}\right))$
2. $S\_{2}(t)=A\_{2}\cos(\left(ω\_{2}t-k\_{2}d\_{2}+φ\_{0\_{2}}\right))$

Где:

S - отклонение колеблющейся величины в текущий момент времени *t* от среднего за период значения ;

A – амплитуда колебания;

$ω1, ω2$ - циклическая частота для каждой волны;

k1, k2 – волновое число;

d1,d2 - расстояния от точки М до точечных источников O1 и O2;

$φ\_{0\_{1}}$, $φ\_{0\_{2}}$ – начальные фазы;

Из этих двух формул мы выделяем фазы, так как для колебаний прежде всего важны фазы.
Выводим формулу разности фаз.

$$φ\_{1}-φ\_{2}=∆φ$$

$$∆φ=\left(ω\_{1}t-k\_{1}d\_{1}+φ\_{0\_{1}}\right)-\left(ω\_{2}t-k\_{2}d\_{2}+φ\_{0\_{2}}\right)==t\left(ω\_{1}-ω\_{2}\right)+\left(k\_{2}d\_{2}-k\_{1}d\_{1}\right)-\left(φ\_{0\_{1}}-φ\_{0\_{2}}\right)$$

Теперь нужно определить когда разность фаз не зависит от времени:

1. когда фазы равны ( источники работают на одной и той же частоте).
2. когда разность начальных фаз – это const.

Источники волн, которые удовлетворяют этим двум условиям, называются когерентными.
В получившуюся формулу разности фаз мы подставляем эти условия, и получается другая формула разности фаз.

$$∆φ=k\left(d\_{2}-d\_{1}\right)+\left(φ\_{0\_{1}}-φ\_{0\_{2}}\right)$$

Обозначим d2-d1, как $∆$ - разность хода волн или разность расстояний.

Используем формулу волнового числа k:

$$k=\frac{2π}{λ}$$

Чтобы было просто, начальные фазы будут равны т.е. источники будут синфазными.
Вернёмся к формуле разности фаз

$$∆φ=k\left(d\_{2}-d\_{1}\right)+\left(φ\_{0\_{1}}-φ\_{0\_{2}}\right)$$

Вместо $d\_{2}-d\_{1}$ подставляем $∆$, вместо k мы подставляем формулу волнового числа, а поскольку мы считаем, что источники синфазные, т.е. начальные фазы равны, то получается следующая формула:

$$∆φ=\frac{2π}{λ}\*∆$$

Вернёмся к формуле сложения колебаний.
Амплитуда – максимальная, если разность фаз равна $2πm$ (где *m* – целое число). При максимальной амплитуде разность фаз равна чётному числу.
Сравниваем две формулы. Получаем, что

$$∆=\frac{m}{λ}$$

 – разность расстояния при максимальной амплитуде. Это условие называется условием максимумов.
Амплитуда – минимальная, если разность фаз равна $2πm+π$ (где m – целое число). При минимальной амплитуде разность фаз равна нечётному числу.
Сравниваем две формулы. Получаем, что

$$∆=\left(2m+1\right)\*\frac{λ}{m}$$

– разность расстояния при минимальной амплитуде. Это условие называется условием минимумов.