

Колебания и волны

Презентацию подготовила

Горбушина Я.А.

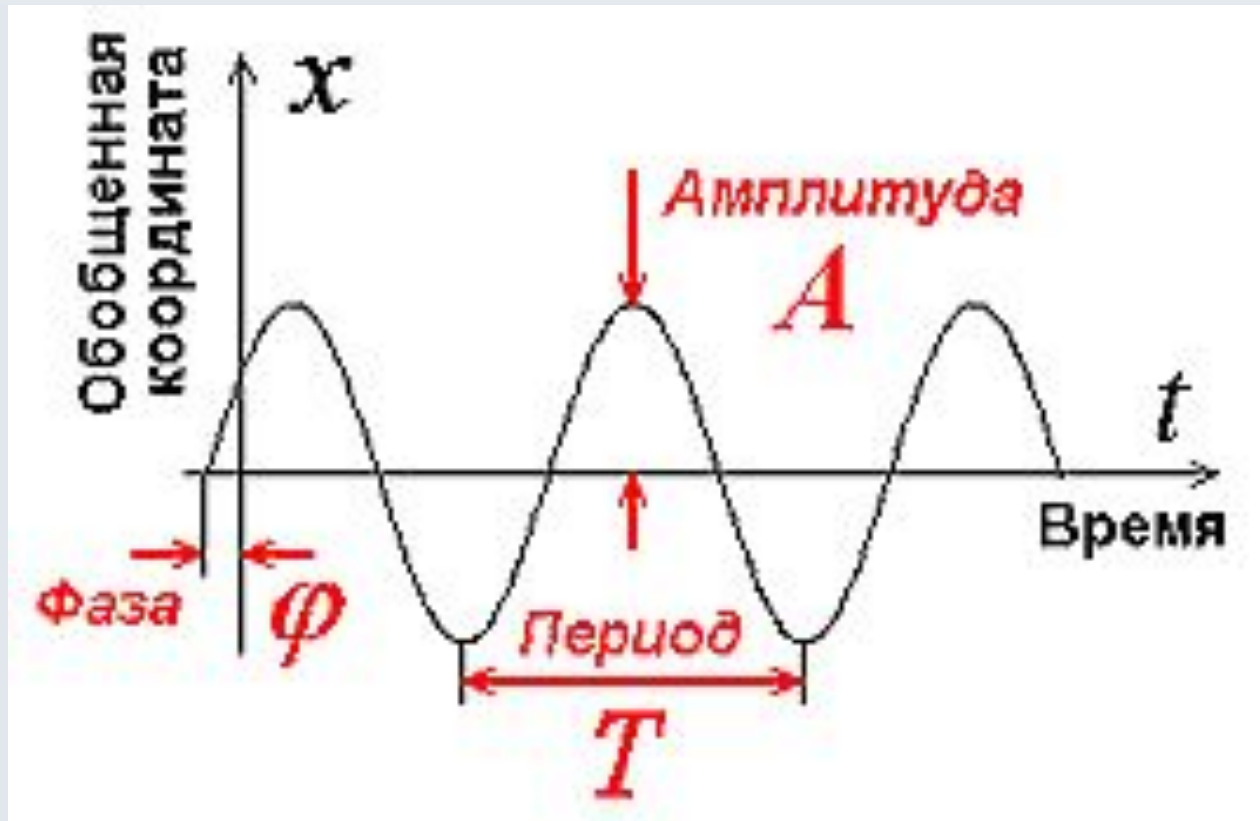
Механические колебания

уроки 1-2

Особенности колебаний

Свойства колебаний	Характеристики колебаний
1. Ограничены в пространстве	А – амплитуда Х - координата  A photograph of a pendulum with a black bob. A purple line is drawn on the orange background behind it, showing a complex, multi-lobed trajectory.
2. Повторяются во времени	Т- период, ν- частота  A photograph showing a yellow wave on the left and a grey ball on the right, set against a black background.
3. Неограниченны во времени (Свободные колебания)	t - время  A photograph of a spring pendulum with a metal spring and a small metal ball hanging from a wooden bar.
4. Движение неравномерно	Изменения координаты Скорости Силы Ускорения периодичны во времени  A diagram showing a green ball in a brown parabolic well. A curved arrow indicates the ball's path. Below the diagram is the text "Шарик в лунке" in red.

График колебания



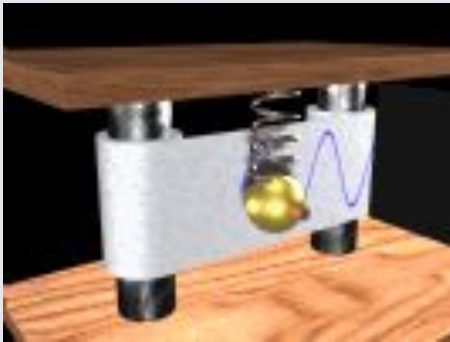
A , амплитуда – наибольшее отклонение,
 T , период – время, в течение которого тело совершает одно колебание,
 φ - начальная фаза колебаний



Виды колебаний

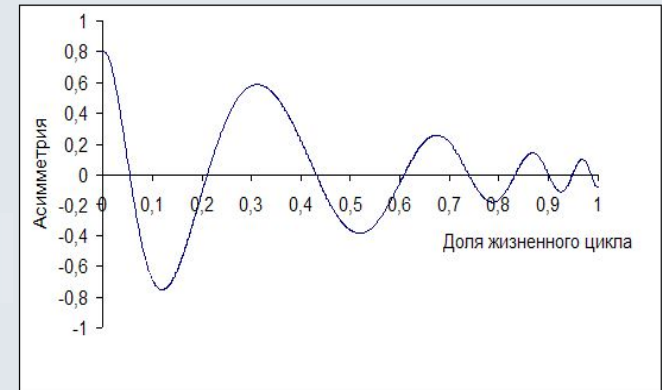
Свободные

Колебания под действием внутренних сил при выведении системы из равновесия.



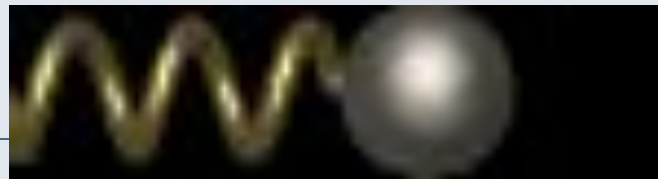
Затухающие

Колебания системы под действием внутренних сил и сил сопротивления.

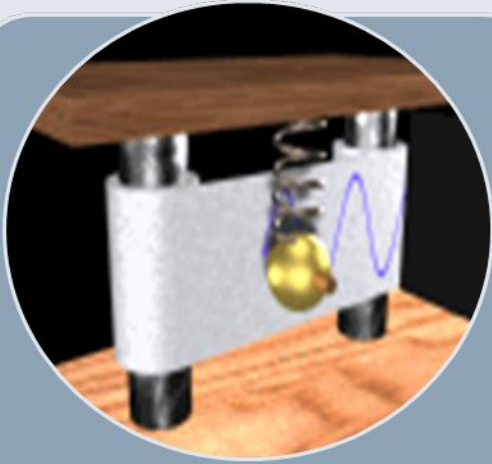


Вынужденные

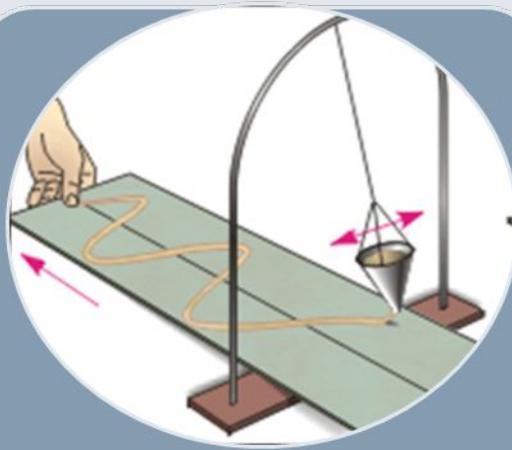
- Колебания под действием внешней периодической силы.



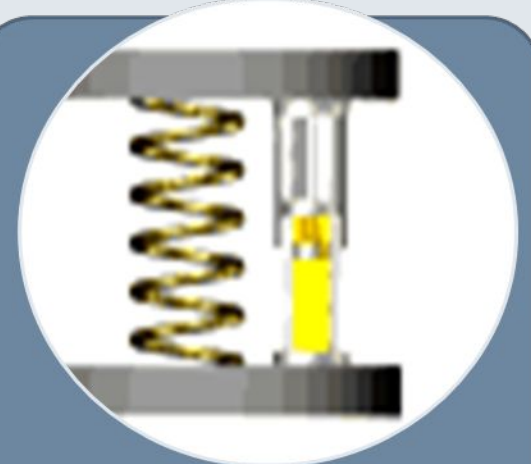
Виды колебаний



Свободные
(идеальные)



Затухающие
(Реальные)

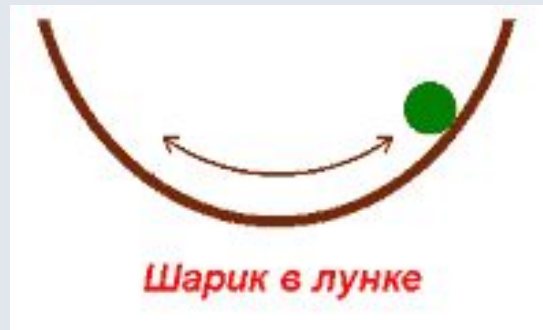
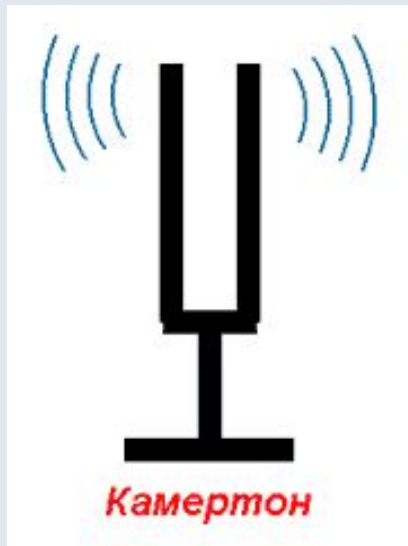


Вынужденные
(под действием
внешней силы)



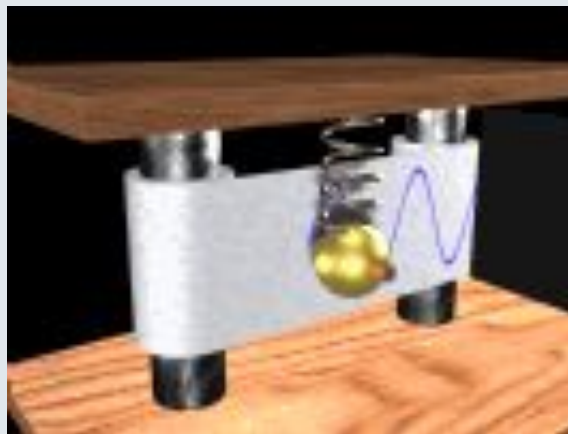
Колебательные системы

Физические системы, в которых происходят колебания -
МАЯТНИКИ.

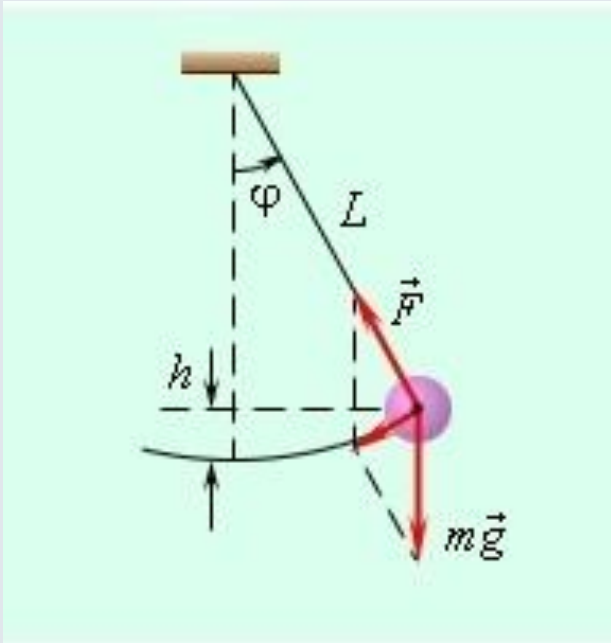


Общие признаки колебательных систем

1. Наличие положения устойчивого равновесия (ПУР) – возникает возвращающая сила.
2. Отсутствие сил сопротивления движению (или ими можно пренебречь в данных условиях).

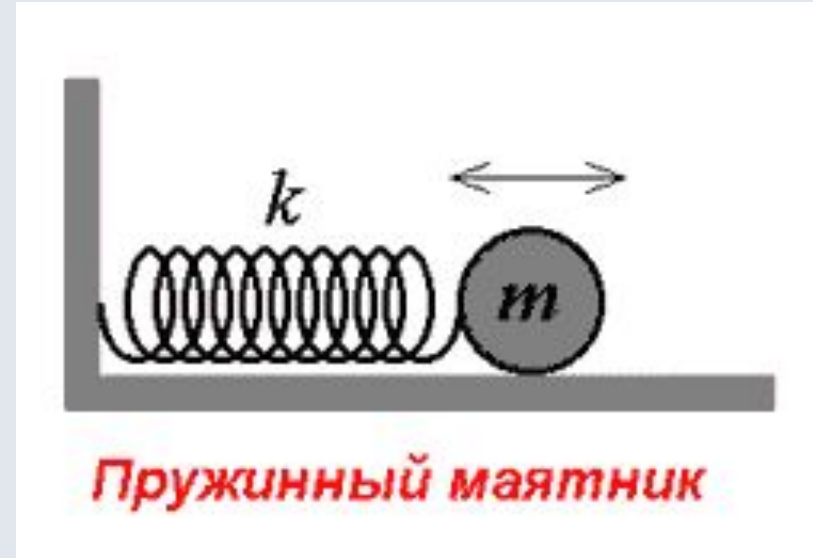


Модели колебательных систем



Математический маятник

Материальная точка,
подвешенная на невесомой и
нерастяжимой нити

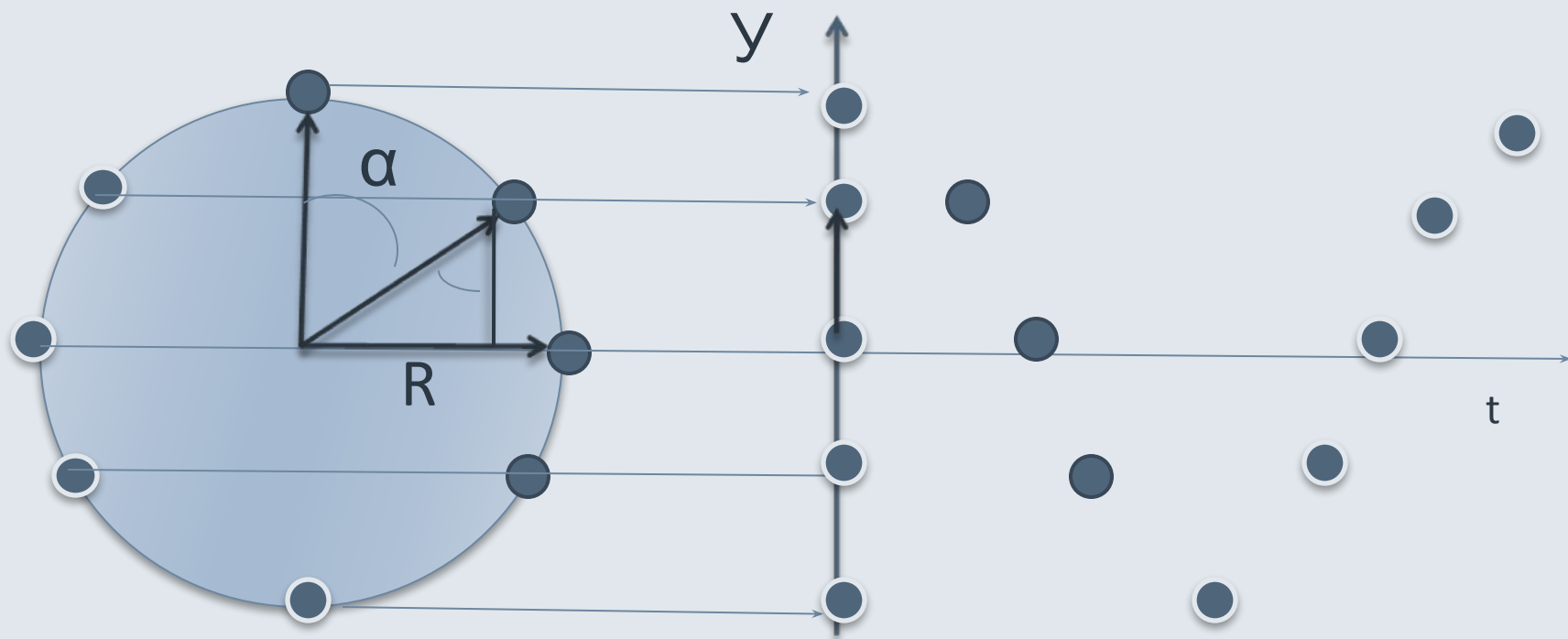


Пружинный маятник

Материальная точка,
прикрепленная к невесомой
упругой пружине



Уравнение колебательного движения

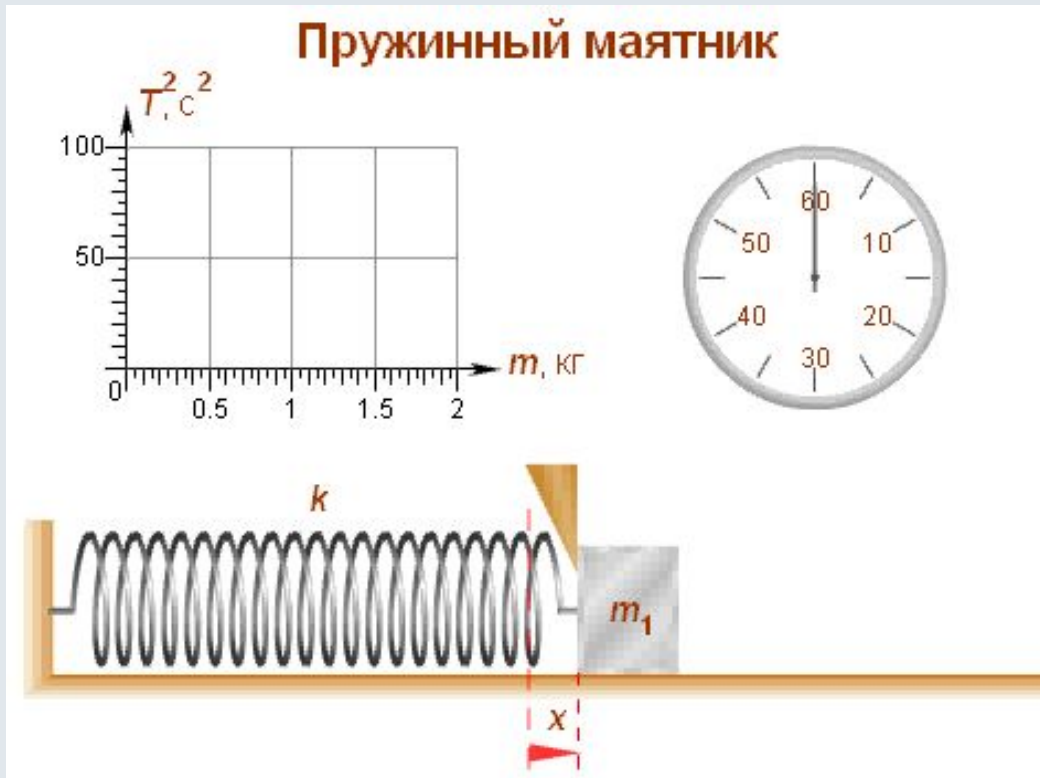


$$y = R * \cos \alpha$$

Где $\alpha = \omega t$



Зависимость периода от массы тела



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$F = -kx$$

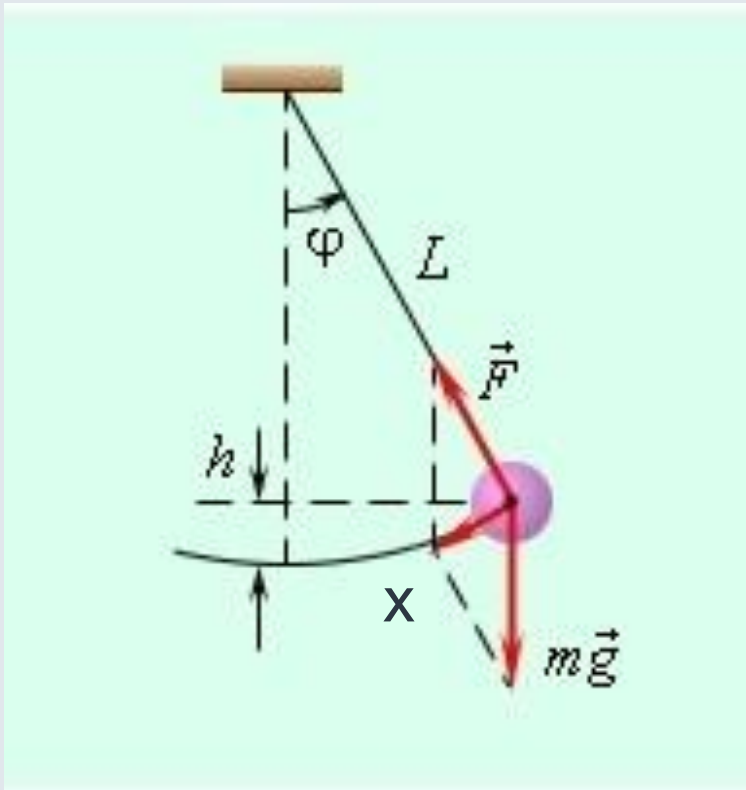
$$a = -\frac{kx}{m}$$

$$a = -\frac{k}{m}x$$

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2$$

$$a = -\omega_0^2 x$$

Математический маятник



$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = -g \frac{x}{l} = -\frac{g}{l} x$$

$$F = -mg \sin \alpha$$

$$\frac{g}{l} = \omega_0^2$$

$$a = -\frac{mg \sin \alpha}{m}$$

$$a = -\omega_0^2 x$$

$$a = -g \sin \alpha$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



Виды маятников и их характеристики

$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$ - уравнение гармонических колебаний.

$v = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi)$, $a = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi) = -\omega_0^2 x$

$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega_0^2$ - полная энергия колеблющейся точки.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Система.	Период	Цикл. частота	Уравнение
Математический маятник.	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$	$\ddot{\alpha} + \frac{g}{l} \alpha = 0$
Пружинный маятник.	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{g}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{m}}$	$x + \frac{k}{m} x = 0$
Физический маятник.	$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgb}}$	$\omega = \sqrt{\frac{mgb}{I}}$	$\ddot{\alpha} + \frac{mgb}{I} \alpha = 0$
Колебательный контур.	$T = 2\pi \sqrt{LC}$	$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$\ddot{q} + \frac{1}{LC} q = 0$

Упругие волны

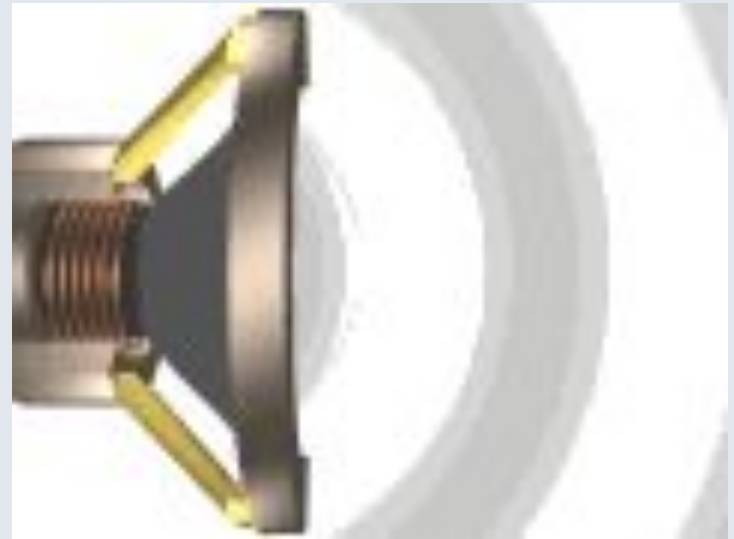
уроки 3-4

Процесс распространения колебаний в пространстве называется *волной*

Колеблющееся тело, помещенное в упругую среду, является источником колебаний, распространяющихся от него во все стороны.



Круговая волна на поверхности жидкости, возбуждаемая точечным источником



Генерация акустической волны громкоговорителем.



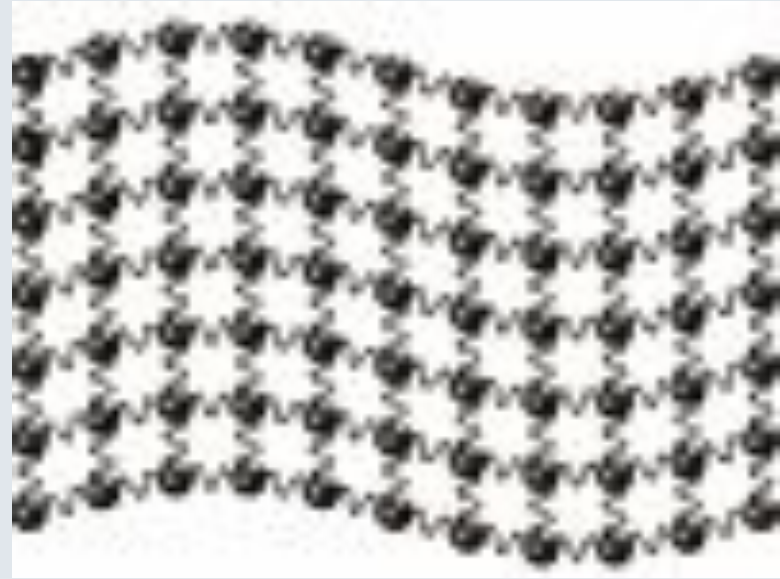
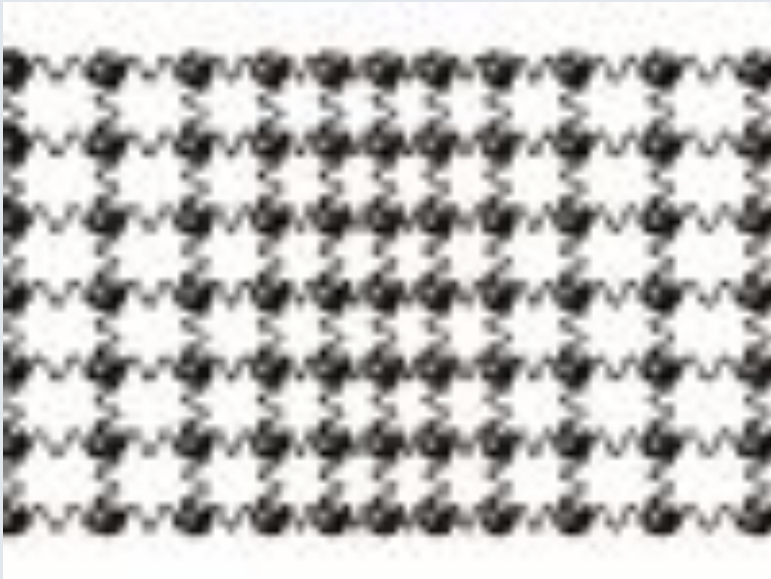
При распространении волны, частицы среды не движутся вместе с волной, а колеблются около своих положений равновесия.



Вместе с волной от частицы к частице, передается лишь состояние колебательного движения и его энергия. Поэтому *основным свойством всех волн независимо от их природы является перенос энергии без переноса вещества.*



Волны бывают поперечными (колебания происходят в плоскости, перпендикулярной направлению распространения), и *продольными* (сгущение и разрежение частиц среды происходят в направлении распространения).



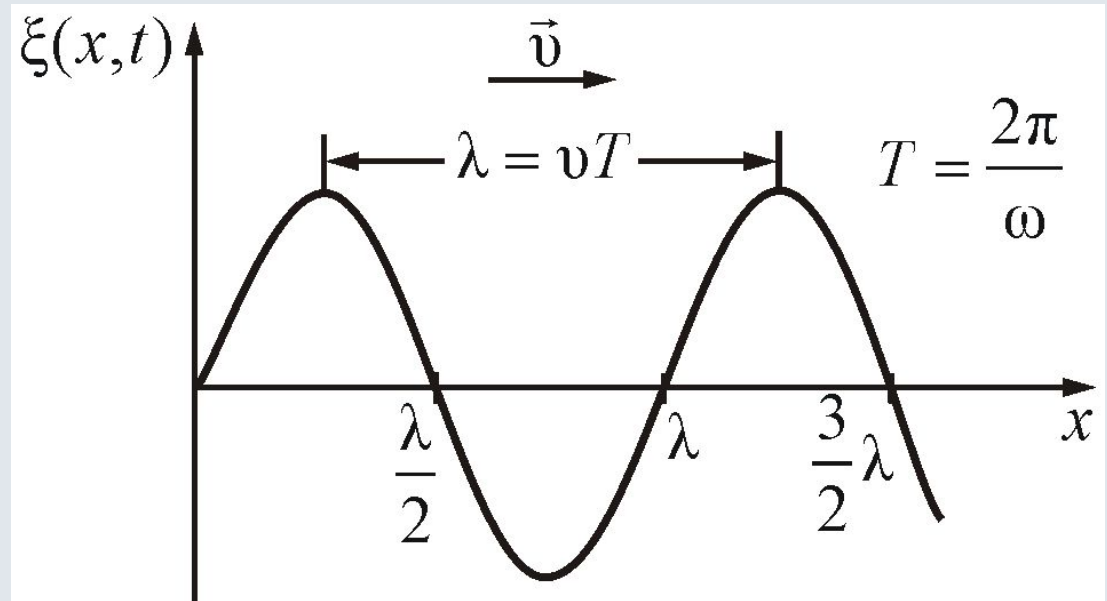
Если взаимосвязь между частицами среды осуществляется силами упругости, возникающими вследствие деформации среды при передаче колебаний от одних частиц к другим, то волны называются упругими (звуковые, ультразвуковые, сейсмические и др. волны).

- в жидкой и газообразной среде возможно возникновение только продольных волн;*
- в твердой среде возможно возникновение как продольных, так и поперечных волн*



Волновая функция

$$\xi = \xi(x, y, z, t)$$



Расстояние между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе, называется *длиной волны* λ :

$$\lambda = vT$$

v – частота

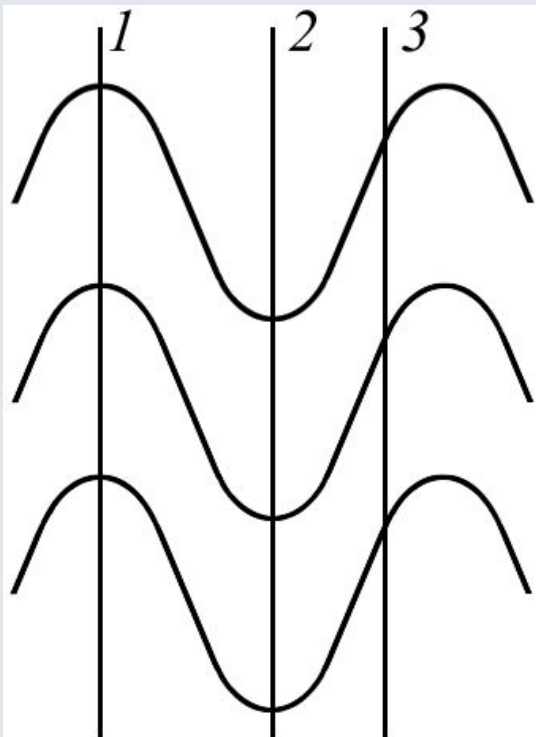
$$T = \frac{1}{v} \text{ – период}$$

$v = \lambda \nu$ – скорость распространения волны :

В среде без дисперсии *скорость распространения волны* есть фазовая скорость, или *скорость распространения поверхности постоянной фазы*.

Фронт волны – геометрическое место точек, до которых доходит возмущение в момент времени t :

это та поверхность, которая отделяет часть пространства, уже вовлеченную в волновой процесс, от области, в которой колебаний еще не возникли. (В однородной среде направление распространения перпендикулярно фронту волны)

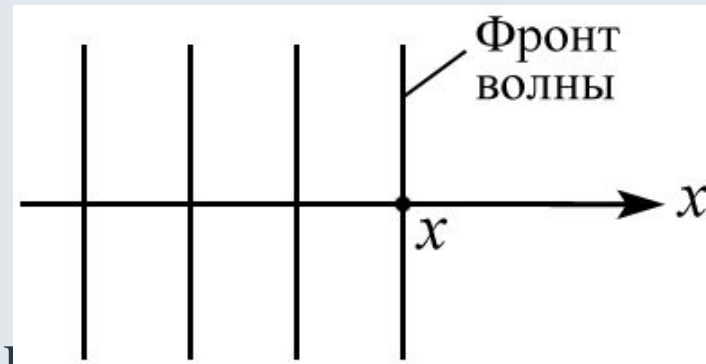


- Волновая поверхность – геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковой фазе.*
- Число волновых поверхностей – бесконечно.*
- Фронт волны – один.*
- Волновые поверхности неподвижны,*
- Фронт волны все время перемещается*

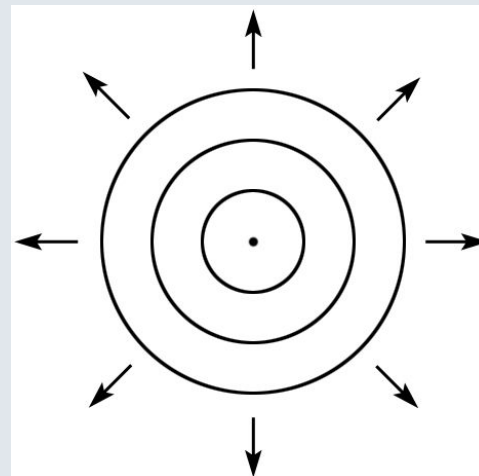


В зависимости от формы волновой поверхности различают

- ***плоские волны***: волновые поверхности – параллельные плоскости:



- ***сферические волны***: волновые поверхности – концентрические сферы.



Уравнением волны – называется выражение, которое дает *смещение колеблющейся точки* как функцию ее координат (x, y, z) и времени t .

$$\xi = f(x, y, z, t) = \xi(x, y, z, t)$$



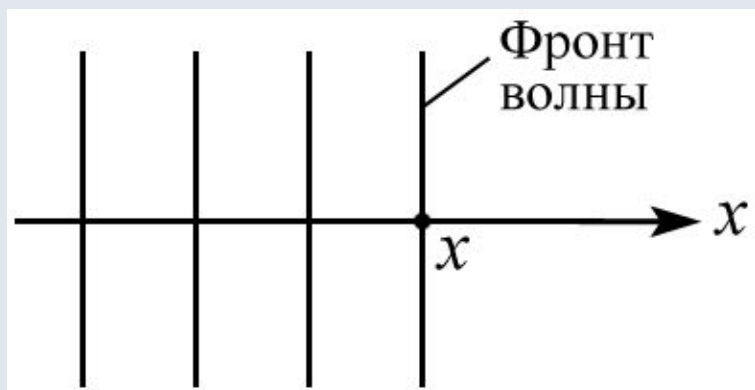
Найдем вид волновой функции, ξ в случае плоской волны предполагая, что колебания носят гармонический характер:

$$\xi = A \cos \omega t + \phi_0$$

Пусть $\phi_0 = 0$ $\xi = \xi(0, t) = A \cos \omega t$

Чтобы пройти путь x необходимо время

$$\tau = \frac{x}{v}$$



$$\xi(x, t) = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

– это *уравнение плоской волны*.

Введем *волновое число*

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

или

$$v = \frac{\omega}{k}$$

Тогда *уравнение плоской волны* запишется

так:

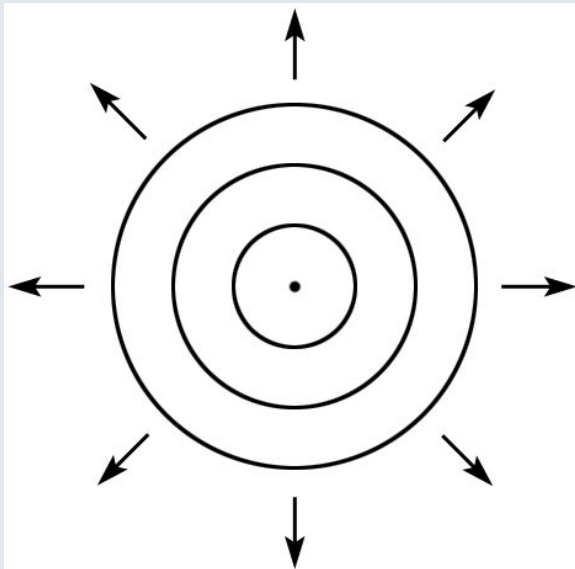
$$\xi = A \cos(\omega t - kx)$$



Пусть $\phi_0 = 0$

Амплитуда колебаний убывает по закону $A \sim \frac{1}{r}$

Уравнение сферической волны:



или

$$k = \frac{\omega}{v}$$

$$\xi = \frac{A}{r} \cos \omega \left(t - \frac{r}{v} \right)$$

$$\xi = \frac{A}{r} \cos(\omega t - kr)$$





Звуковые волны

уроки 5-6



Звук – это воспринимаемые человеческими органами слуха механические волны, которые вызывают звуковые ощущения.

Источниками звука могут быть любые тела, которые совершают колебания со звуковой частотой (от 16 до 20000 Гц).

Звуковая волна является **продольной** волной, поэтому может распространяться в твердых, жидких и газообразных средах.



Распространение звука в газах

Звуковые волны способны проходить сквозь газы. Скорость звука в воздухе составляет 340 метров в секунду.

Распространение звука в жидкостях

Звуковые волны в жидкостях всегда распространяются лучше, чем в газах(в 4 раза быстрее).

Распространение звука в твёрдых телах

Лучше всего звук распространяется в твёрдых телах.
4500м/с.

Так, приложив ухо к земле, вы можете услышать, что происходит далеко от вас.



Диапазон слышимых звуков

	Дети	Человек в возрасте 20 лет	Человек в возрасте 35 лет	Человек в возрасте 50 лет
Гц	16-22000	16-20000	16-15000	16-12000
	Сверчок	Кузнечик	Лягушка	Дельфин
Гц	2-4000	10-100000	50-30000	400-200000



Ультразвук и инфразвук

Ультразвук и инфразвук распространены в природе так же широко, как и волны звукового диапазона. Их излучают и используют для своих «переговоров» дельфины, летучие мыши и некоторые другие существа.



Источники звука

Естественные

(журчание ручья, птичьи голоса, легкий плеск воды)

Искусственные

(камертон, струна, колокол, мембрана и др.)



Приемники звуковых волн:

Естественный – ухо.
Чувствительность его зависит от частоты звуковой волны: чем меньше частота волны, тем меньше чувствительность уха. Исключительная избирательность: дирижер улавливает звуки отдельных инструментов.

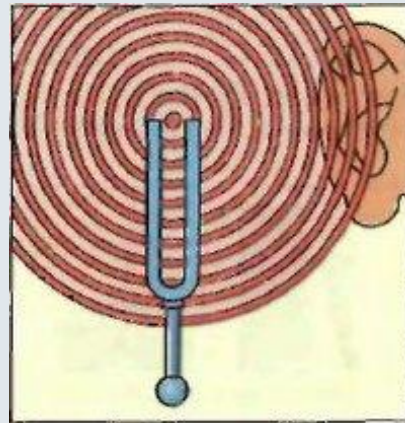


Искусственный – микрофон. Он преобразует механические звуковые колебания в электрические.



Распространение звука

Звук распространяется в любой упругой среде – твердой, жидкой и газообразной, но не может распространяться в пространстве, где нет вещества (например, в вакууме)



Из истории открытия скорости звука.



Скорость звука в воздухе впервые была определена в 1708 году английским ученым Уильямом Деремом.



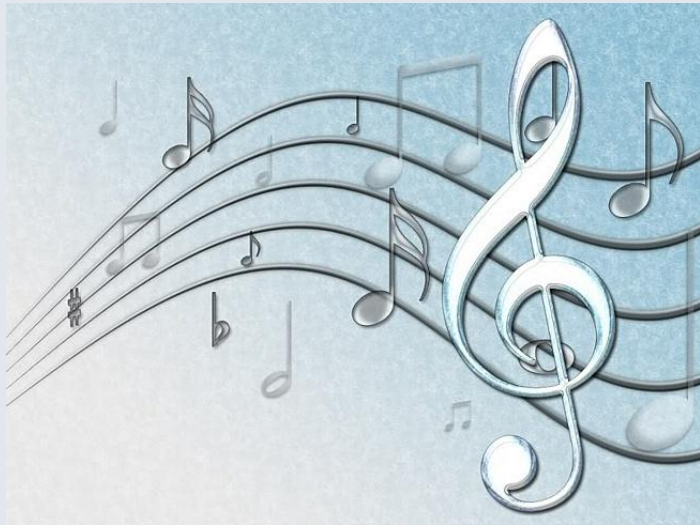
Физические характеристики звука

Объективные:

- звуковое давление (давление, оказываемое звуковой волной на стоящее перед ней препятствие);
- спектр звука – разложение сложной звуковой волны на составляющие ее частоты;
- интенсивность звуковой волны.



Субъективные:



- **Громкость**

- **Высота**

- **Тембр**



Высота звука – характеристика, которая определяется частотой колебаний. Чем больше частота у тела, которое производит колебания, тем звук будет выше.

Тембром называется окраска звука.

Тембр – это то, чем отличаются два одинаковых звука, исполненные различными музыкальными инструментами.

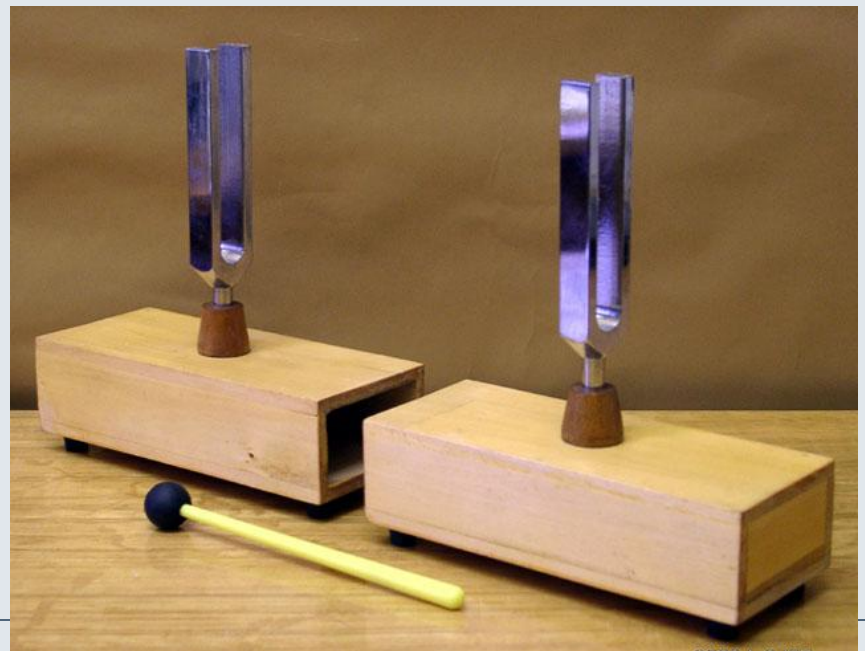
Громкость звука зависит от амплитуды колебаний.



Чистый тон

Ветви камертона совершают гармонические (синусоидальные) колебания. Таким колебаниям присуща только одна строго определенная частота. Гармонические колебания являются самым простым видом колебаний. Звук камертона является **ЧИСТЫМ ТОНОМ**.

Чистым тоном называется звук источника, совершающего гармонические колебания одной частоты



Шум – это громкие звуки разных частот, слившиеся в нестройное звучание.



Ультразвук
применяется для
обследования
материалов.
Например, чтобы
произвести
техосмотр самолёта.





Землетрясения и взрывы вызывают мощные колебания в почве. Такие колебания называются сейсмическими волнами. Эти волны проходят различные жидкости и горные породы с разными скоростями. Измеряя их скорость геологи могут узнать, что происходит в недрах Земли.



Как бьются стаканы

- Если слегка ударить по стеклянному стакану, то слышится звон стекла, вибрирующего собственной частотой. Стакан может расколоться, если рядом с ним громко пропеть эту ноту. Лишь звук, совпадающий с собственной частотой стекла, может создать достаточно сильную вибрацию, чтобы такое
- ▶ случилось.



Разрушение мостов

- Каждое тело обладает собственной частотой. В 1940 г. Разрушился мост Тэйкома в США. Это случилось потому, что ветер заставил вибрировать с собственной частотой, явившейся причиной огромных разрушительных колебаний. Переходя по мосту, солдаты никогда не маршируют в ногу, так как это может вызвать колебания моста с собственной частотой.

