

## Механические колебания

**Механические колебания** - вид движения, при котором положение тела повторяется точно или почти точно за равные промежутки времени.

### Характеристики колебаний.

**Период** – время одного полного колебания.

$$T = \frac{t}{N} \quad (\text{где } N - \text{ количество колебаний, } t - \text{ время наблюдения}). \quad T = [\text{с}]$$

**Частота (собственная)** – количество полных колебаний за единицу времени.

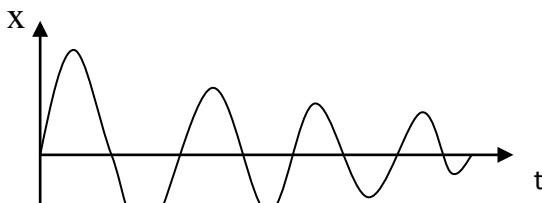
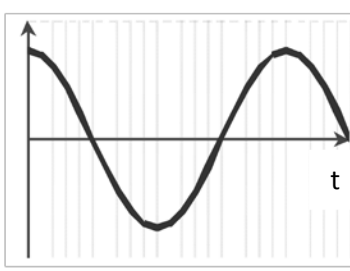
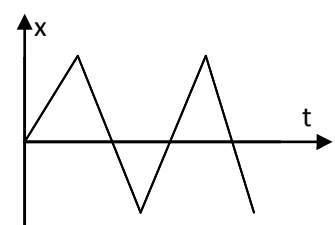
$$\nu = \frac{N}{t}; \quad \nu = \left[ \frac{1}{\text{с}} \right] = [\text{с}^{-1}] = [\text{Гц}] \quad T = \frac{1}{\nu}; \quad \nu = \frac{1}{T};$$

**Циклическая частота**  $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \left[ \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$

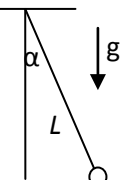
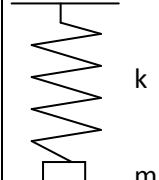
**Смещение** – отклонение тела от положения равновесия;  $x = [\text{м}]$

**Амплитуда** – максимальное отклонение тела от положения равновесия,  $x_m = [\text{м}]$

### Виды колебаний.

Свободные	Вынужденные
колебания, совершаемые в системе, выведенной из состояния равновесия и затем предоставленной самой себе. (Колебания, происходящие только за счёт первоначального запаса энергии)	колебания, происходящие под действием внешней периодически изменяющейся силы
затухающие (причина – сила трения)	не затухающие (причина – периодически действующая внешняя сила)
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Гармонические (sin, cos)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Не гармонические</p> </div> </div>

### Механические колебательные системы – маятники.

Маятник на нити	Маятник на пружине.
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}</math> <math display="block">\nu = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}</math> </div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}</math> <math display="block">\nu = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}</math> </div> </div>

### Уравнения колебаний.

$x = X_m \cos(\omega t + \varphi_0)$  - уравнение координаты

$\varphi = \omega t + \varphi_0$  - фаза колебаний  $\Delta \varphi = \omega(t_2 - t_1)$  - разность фаз.

$v = x'$  и  $a = v' = x''$  - физический смысл производной

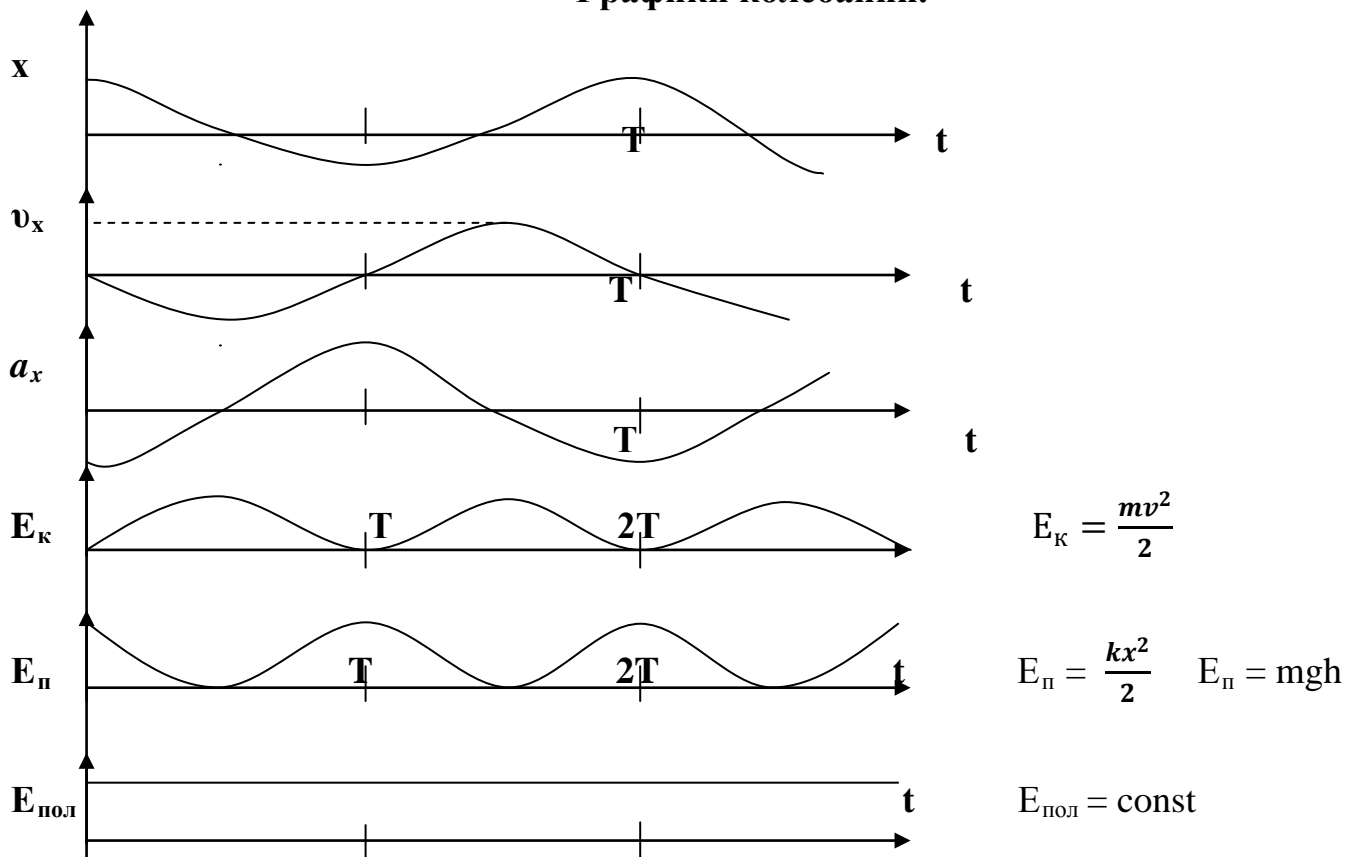
$v = -X_m \omega \sin(\omega t + \varphi_0) = -v_m \sin(\omega t + \varphi_0)$  уравнение скорости, где

$a = -X_m \omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = a_m \cos(\omega t + \varphi_0)$  уравнение ускорения, где

$$v_m = X_m \omega$$

$$a_m = X_m \omega^2$$

## Графики колебаний.

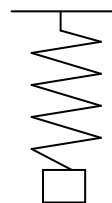
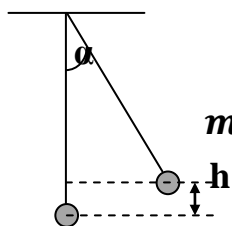


**Вывод:** при колебания маятника его  $x$ ,  $v$ ,  $a$  имеют *одинаковые* период и частоту, а  $E_{\text{пот}}$  и  $E_{\text{кин}}$  колеблются с периодом  $T/2$  и частотой  $2\nu$ .

### Энергия колебаний.

$$E_{\text{пол}} = E_{\text{п макс}} = E_{\text{к макс}} = E$$

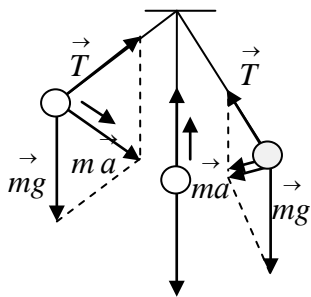
$$mgh_m = \frac{mv_m^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2} \quad \text{или} \quad \frac{kx_m^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$



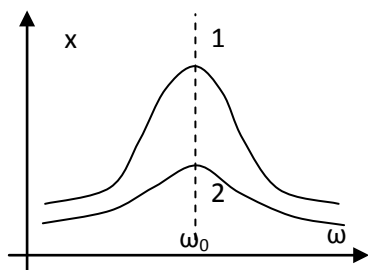
### Динамика колебаний.

$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}$  - равнодействующая – возвращающая сила - переменная величина  $\Rightarrow$  ускорение является величиной постоянно меняющейся по модулю и направлению

$$a = a(t) = x''$$



### Резонансная кривая при различных значениях силы трения.

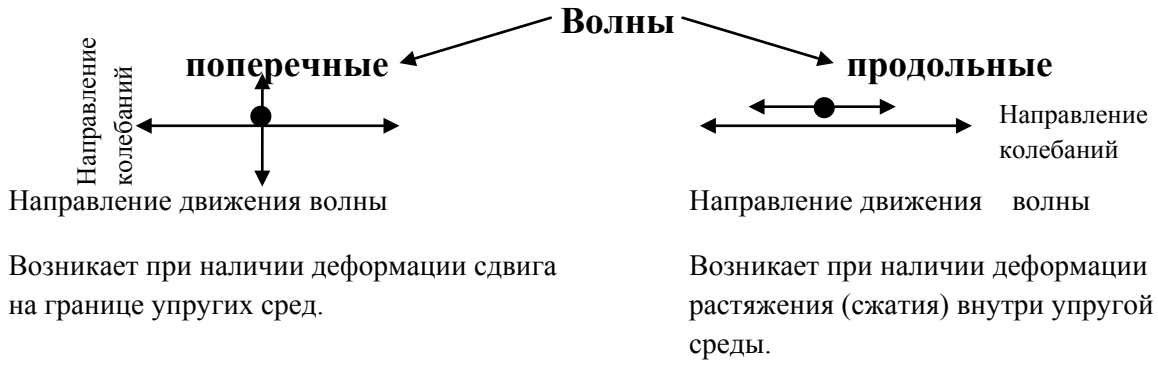


Резонанс – явление резкого возрастания амплитуды колебаний, при совпадении собственной частоты колебательной системы с частотой внешней силы.

Возрастание амплитуды при резонансе выражено тем отчетливее, чем меньше трение в системе.  $F_{\text{тр1}} < F_{\text{тр2}}$

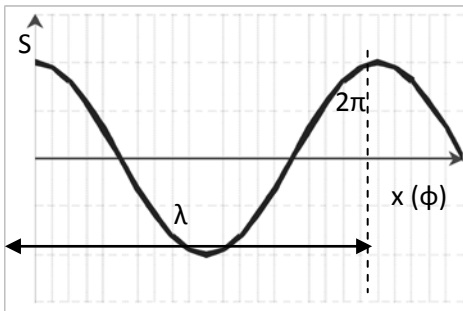
## Механические волны.

**Волна** - это колебания, распространяющиеся в пространстве с течением времени.



## Характеристики волн.

**Длина волны** – это расстояние, на которое распространяется волна за время равное периоду или расстояние между ближайшими точками, колеблющимися в одинаковой фазе.



$$\lambda = vT \quad \lambda = v/v$$

Волна переносит энергию и импульс, но не переносит вещество.

Примером механической продольной волны может являться звук. Человеческое ухо воспринимает колебания в интервале от 16 до 20000 Гц. Скорость звука в воздухе при нормальном атмосферном давлении равна 332 м/с.

Волны обладают двойкой периодичностью:

- периодичностью во времени
- периодичностью в пространстве

### Свойства механических волн:

1. Поглощение (не упругими средами)
2. Отражение (от упругих сред)
3. Дифракция (огибание препятствий)
4. Интерференция (сложение когерентных волн).

