

# Колебания и волны, электромагнитные колебания.

Изучить презентацию и выполнить тест

# Колебания

(по природе)

• Механические



Электромагнитные



# Механические колебания

- **Механические колебания** – это движения или процессы, которые точно или приблизительно повторяются через определенные интервалы времени.
- Колебания механических величин (смещения, скорости, ускорения, энергии и т. п.)

## ■ **Виды колебаний:**

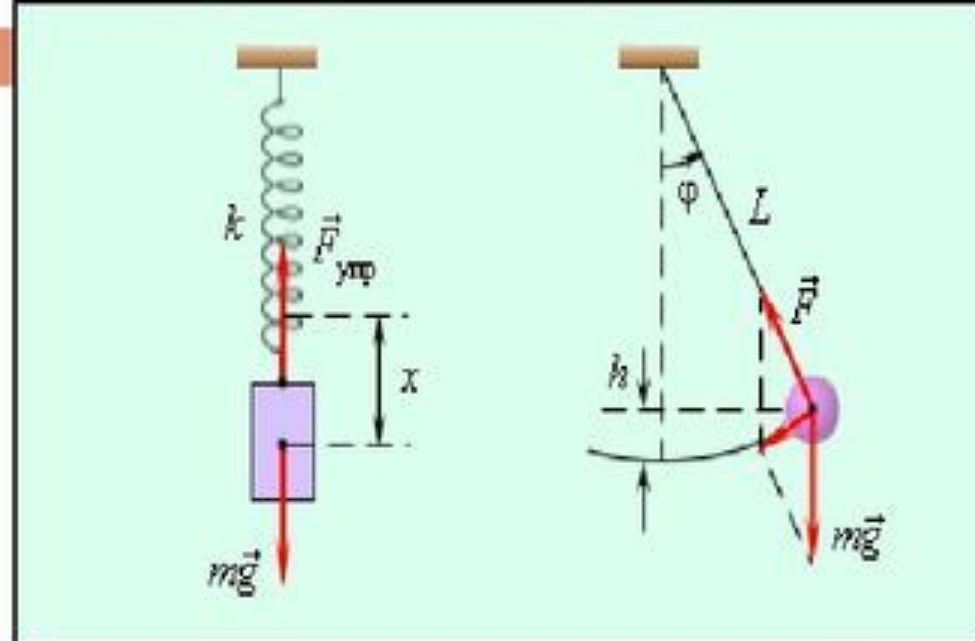
**Свободные колебания** - колебания, происходящие после выведения системы из положения равновесия.

**Вынужденные колебания** - колебания, совершаемые телом под действием внешней периодически изменяющейся силы.

**Колебательные системы** - системы тел, способные совершать свободные колебания.

## ■ Свободные

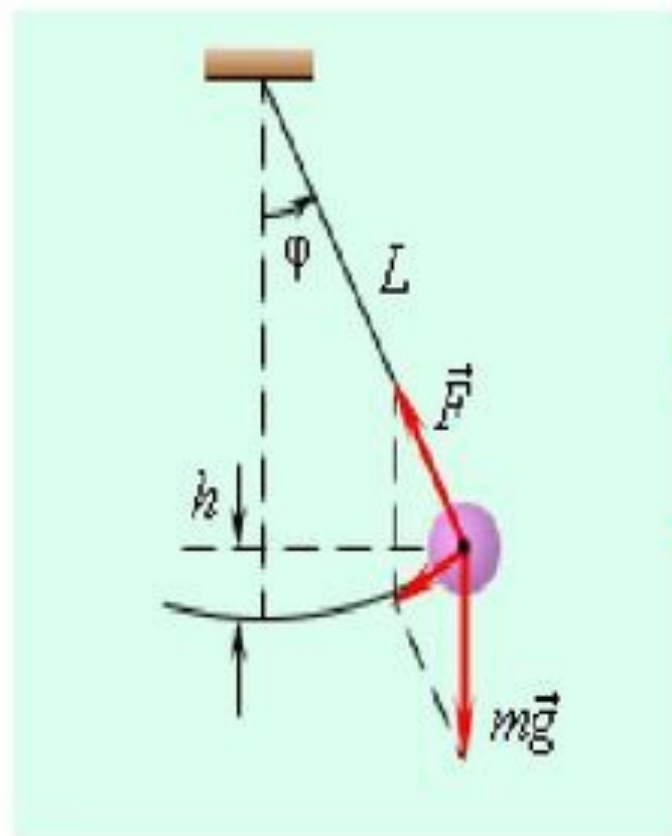
Колебания, возникающие при однократном воздействии внешней силы (первоначальном сообщении энергии) и при отсутствии внешних воздействий на колебательную систему.



■ Условия возникновения свободных колебаний

- 1. Колебательная система должна иметь положение устойчивого равновесия.
- 2. При выведении системы из положения равновесия должна возникать равнодействующая сила, возвращающая систему в исходное положение.
- 3. Инертность системы.
- 4. Силы трения (сопротивления) очень малы.

# Математический маятник



- это материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Реальный маятник можно считать математическим, если длина нити много больше размеров подвешенного на ней тела, масса нити ничтожна мала по сравнению с массой тела, а деформации нити настолько малы, что ими вообще можно пренебречь.
- Колебательную систему в данном случае образуют нить, присоединенное к ней тело и Земля, без которой эта система не могла бы служить маятником.
- Причинами свободных колебаний математического маятника являются:
  1. Действие на маятник силы натяжения и силы тяжести, препятствующей его смещению из положения равновесия и заставляющей его снова опускаться.
  2. Инертность маятника, благодаря которой он, сохраняя свою скорость, не останавливается в положении равновесия, а проходит через него дальше.

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

Период свободных колебаний математического маятника

Период свободных колебаний математического маятника не зависит от его массы, а определяется лишь длиной нити и ускорением свободного падения в том месте, где находится маятник.

## Основные характеристики (параметры) колебаний:

- Период колебаний – наименьший промежуток времени, через который состояние системы повторяется ( $T$ ).

$$[T] = \text{с}$$

*Период зависит только от свойств КС.*

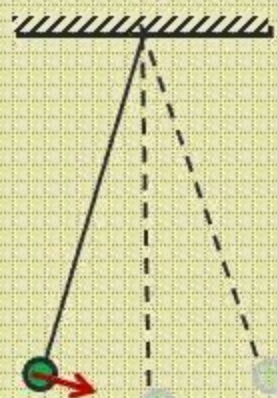
- Частота колебаний – физическая величина, обратная периоду колебаний.

Частота показывает, какое число колебаний совершает тело за 1 с.

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

$$[\nu] = \text{с}^{-1} = \text{Гц (герц)}$$

*Частота зависит только от свойств КС.*

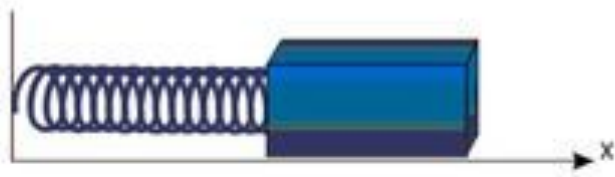


# Пружинный маятник

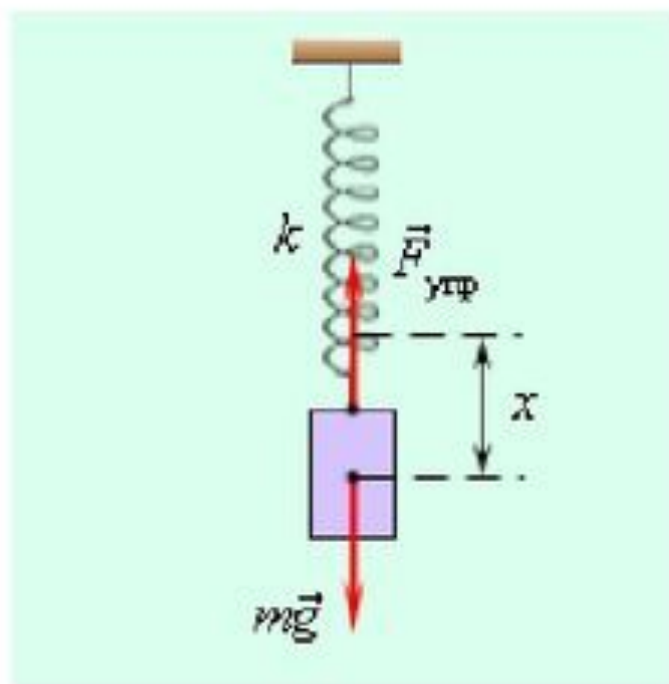
Уравнение движения маятника

$$ma = -m\omega^2 x = -kx$$

где  $k = m\omega^2$  - коэффициент "жесткости".



- Циклическая частота и период колебаний равны:



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

- Материальная точка, закрепленная на абсолютно упругой пружине.

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕБАНИЙ

**Амплитуда** — модуль максимального отклонения физической величины от ее среднего (равновесного) значения. Амплитуда обозначается обычно латинской буквой с индексом "М", например,  $x_M$ ,  $I_M$  и т.п.

**Частота  $\nu$**  - число колебаний в единицу времени.  $[\nu] = \text{Гц} = \text{с}^{-1}$ .

**Период  $T$**  — время одного полного колебания, т.е. минимальный промежуток времени, через который происходит повторение процесса. Период и частота связаны соотношением

$$\nu = \frac{1}{T}.$$

## ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

Так называют колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

### Уравнение гармонических колебаний

$$x = x_M \cos(\omega t + \varphi_0),$$

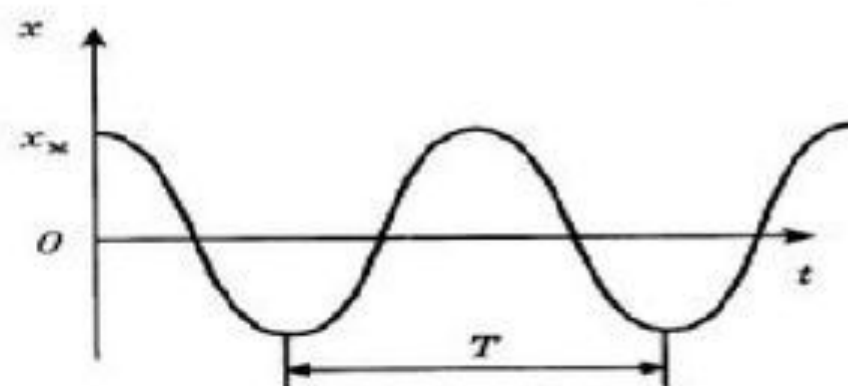


График гармонических колебаний

где  
 $x$  — величина смещения от положения равновесия,

$x_M$  — амплитуда,

$\omega$  — циклическая частота, связанная с частотой  $\nu$  соотношением  $\omega = 2\pi\nu$ ,

$\varphi = \omega t + \varphi_0$  — фаза колебания,

$\varphi_0$  — начальная фаза колебания,

$t$  — время.

Если процесс описывается уравнением  $x'' = -\omega^2 x$ , то он представляет собой гармоническое колебание с циклической частотой  $\omega$ .



Циклическая частота

Амплитуда

Начальная фаза

$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$

Смещение

Фаза колебаний

The diagram shows the equation  $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$  in a green box. Arrows point from labels to parts of the equation: 'Амплитуда' to  $A$ , 'Циклическая частота' to  $\omega$ , 'Начальная фаза' to  $\varphi_0$ , 'Смещение' to  $x$ , and 'Фаза колебаний' to the entire argument of the sine function  $(\omega t + \varphi_0)$ .

**Амплитуда колебаний ( $A$ )** — максимальное смещение тела от положения равновесия.

**Период колебаний ( $T$ )** — промежуток времени, в течение которого тело совершает одно полное колебание.

$$T = \frac{t}{N}$$

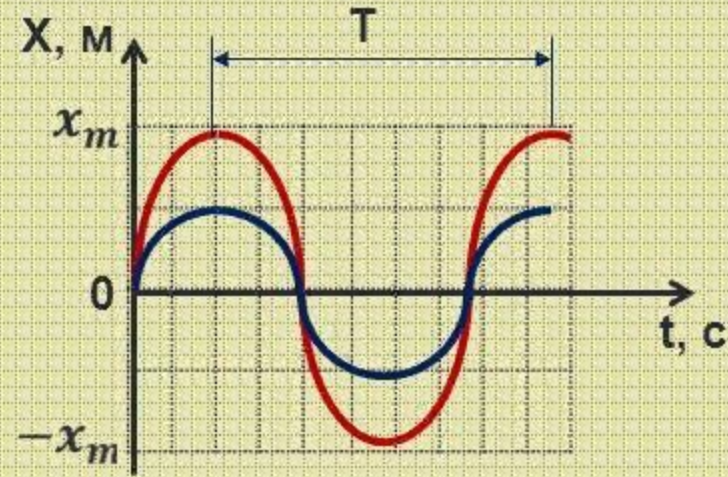
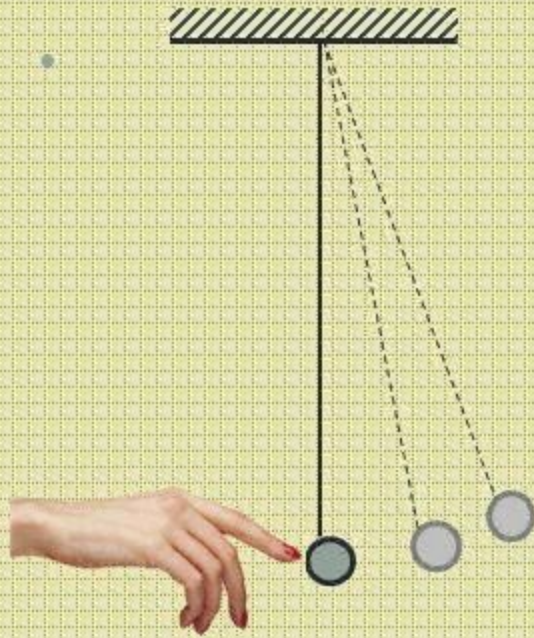
$$[T] = [c]$$

**Частота ( $\nu$ )** — это число полных колебаний, совершаемых за 1 секунду.

$$\nu = \frac{N}{t}$$

$$[\nu] = [Гц]$$

## График и уравнение гармонических колебаний.



$$x = x_m \sin \omega t$$

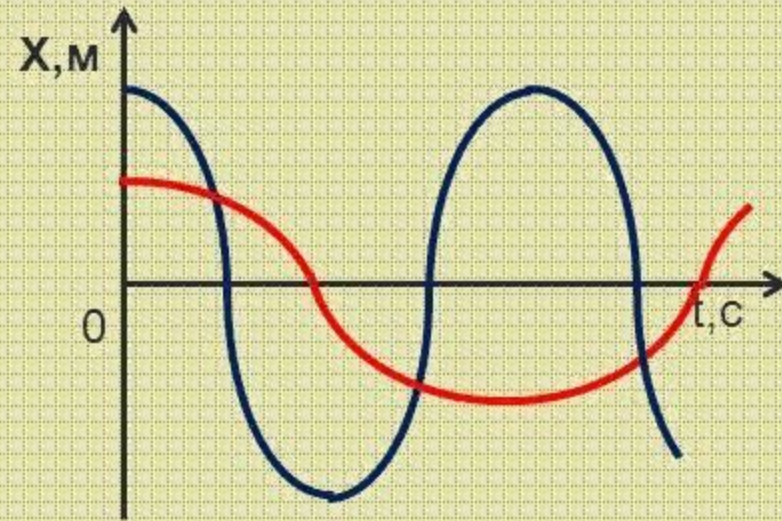
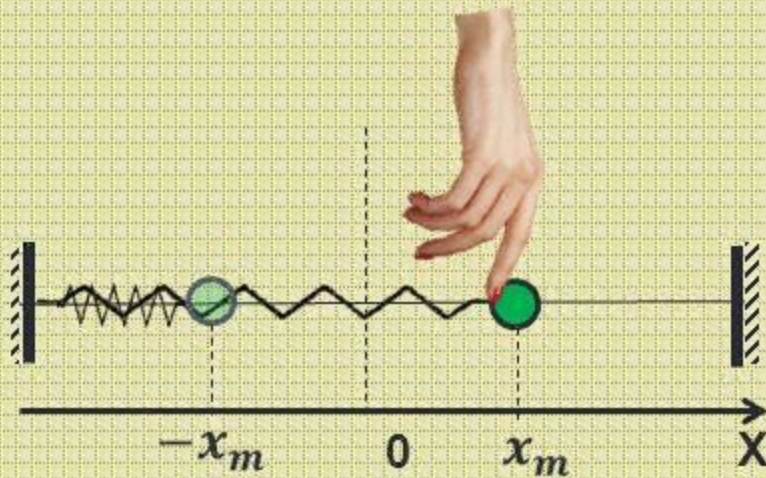
- Начало колебаний из положения равновесия (сообщение кинетической энергии).

$\omega$  — циклическая частота  
[ $\omega$ ] = рад/с

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

# Графики и уравнения гармонических колебаний

- Начало колебаний из крайнего положения (сообщение потенциальной энергии).



$$x = x_m \cos \omega t$$

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

## Уравнения гармонических колебаний.

- В общем случае:

$$x = x_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

- $\omega t + \varphi_0$  - фаза колебаний
- $\varphi_0$  - начальная фаза
- $[\varphi] = \text{рад}$

Циклическая частота

Амплитуда

Начальная фаза

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Смещение

Фаза колебаний

The diagram shows the equation  $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$  centered in a light green rectangular box. Arrows point from labels to parts of the equation: 'Амплитуда' (Amplitude) points to 'A', 'Циклическая частота' (Cyclic frequency) points to ' $\omega$ ', 'Начальная фаза' (Initial phase) points to ' $\varphi_0$ ', 'Смещение' (Displacement) points to 'x', and 'Фаза колебаний' (Phase of oscillation) is indicated by a bracket under the entire argument of the sine function,  $(\omega t + \varphi_0)$ .

**Фаза колебаний**  $(\omega t + \varphi_0)$  — аргумент, который определяет состояние колебательной системы в любой момент времени.

При колебаниях периодически происходит **переход потенциальной энергии в кинетическую** и обратно.

$$E = E_k + E_{\text{п}}$$

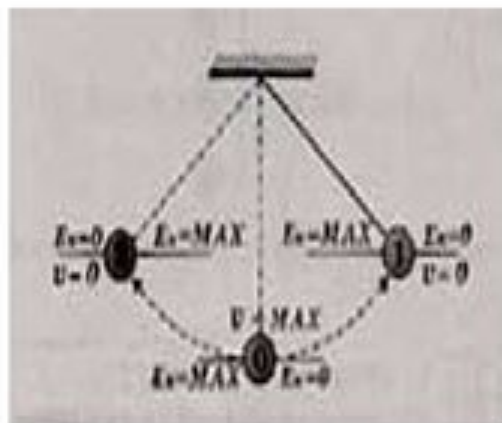
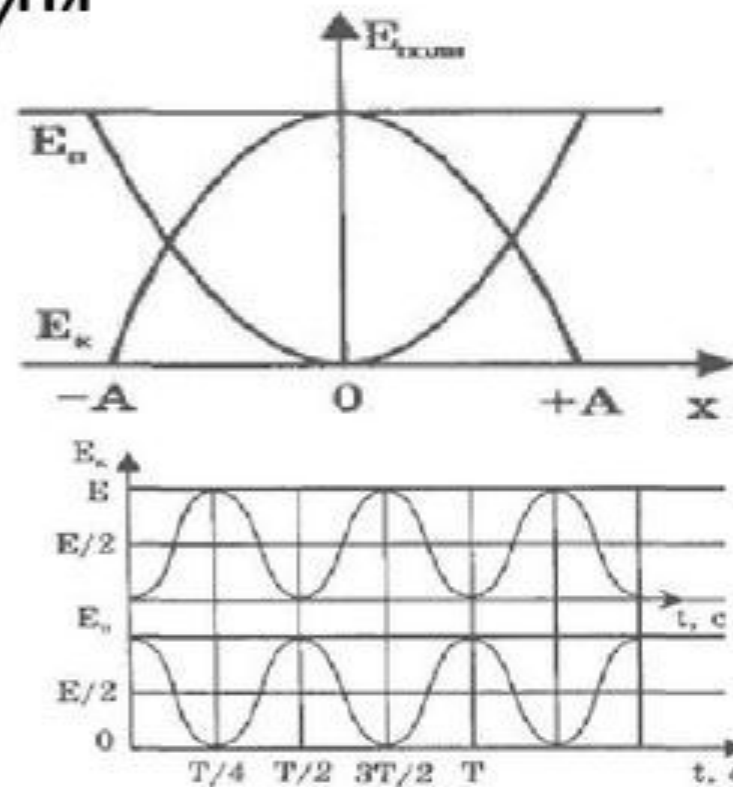


## Гармонические колебания

- **Гармонические колебания** – это колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса или косинуса.
- $x = x_m \cos \omega t$
- $\alpha = \omega t$  – **фаза колебаний** (аргумент синуса или косинуса).
- $x_m$  - **амплитуда колебаний** – наибольшее по модулю отклонение тела от положения равновесия.
- **Точка поворота** – точка, в которой скорость колеблющегося тела равна нулю.

# Преобразование энергии<sup>11</sup>

- график зависимости потенциальной и кинетической энергии пружинного маятника от координаты  $x$ .
- качественные графики зависимостей кинетической и потенциальной энергии от времени.



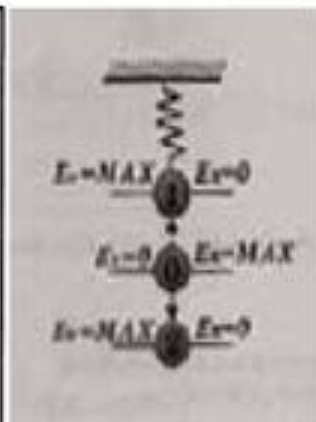
## ЭНЕРГИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Прямо пропорциональна квадрату амплитуды.

Например, энергия колебаний пружинного маятника  $W = \frac{kx_M^2}{2}$ .

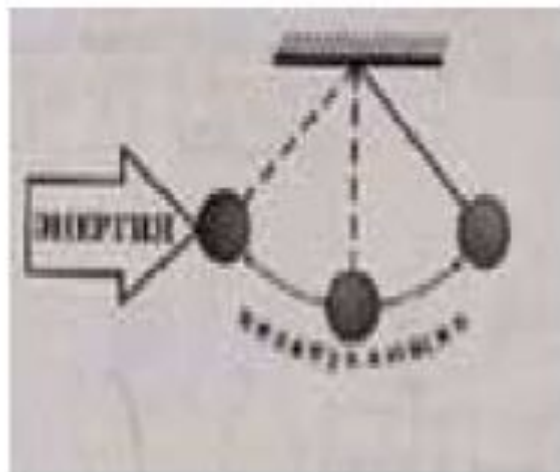
При колебаниях происходит превращения кинетической энергии  $W_k$  в потенциальную  $W_p$  и обратно.

В отсутствие сил трения  $W_k + W_p = \text{const}$ . Следовательно,  $\frac{kx_M^2}{2} = \frac{mv_M^2}{2}$ .



## Вынужденные


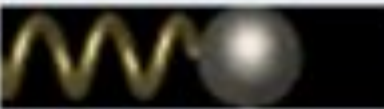


Колебания, возникающие под действием внешних, периодически изменяющихся сил (при периодическом поступлении энергии извне к колебательной системе).



- Частота вынужденных колебаний равна частоте изменения внешней силы.
- Если  $F(t)$  изменяется по закону синуса или косинуса, то вынужденные колебания будут гармоническими.



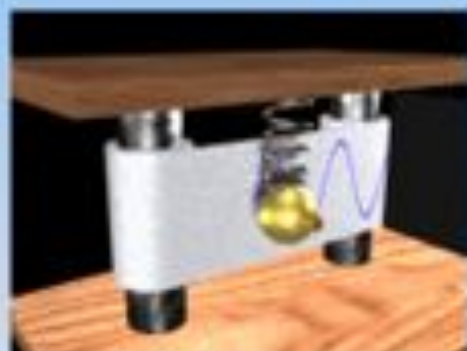
# Особенности колебаний

Свойства колебаний	Характеристики колебаний
1. Ограничены в пространстве	<p><math>A</math> – амплитуда <math>X</math> – координата</p>  A diagram of a pendulum with a black bob and a string. A purple trajectory is drawn on a circular orange background, showing a complex, multi-lobed path.
2. Повторяются во времени	<p><math>T</math> – период, <math>\nu</math> – частота</p>  A diagram showing a grey mass on a spring. To the left, a yellow sine wave represents the oscillation over time.
3. Неограниченны во времени (Свободные колебания)	<p><math>t</math> – время</p>  A diagram of a spring-mass system with a grey mass on a spring, hanging from a horizontal brown bar.
4. Движение неравномерно	<p>Изменения координаты Скорости Силы Ускорения периодичны во времени</p>  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.

# Виды колебаний

## Свободные

Колебания под действием внутренних сил при выведении системы из равновесия.



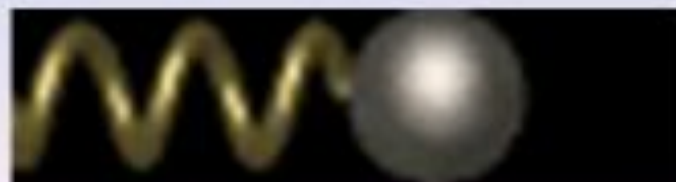
## Затухающие

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)



$$x = A \cos \omega t$$

$$v = -\omega A \sin \omega t$$



Кинетическая энергия

Потенциальная энергия

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$$

$$E_k = \frac{m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 - \cos 2\omega t) \quad E_{\text{п}} = \frac{kA^2 \cos^2 \omega t}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 + \cos 2\omega t)$$



$$E = \frac{m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t}{2} + \frac{m\omega^2 A^2 \cos^2 \omega t}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

**Резонанс** – это явление, при котором резко возрастает амплитуда вынужденных колебаний (происходит наиболее полная передача энергии от одной колебательной системы к другой).

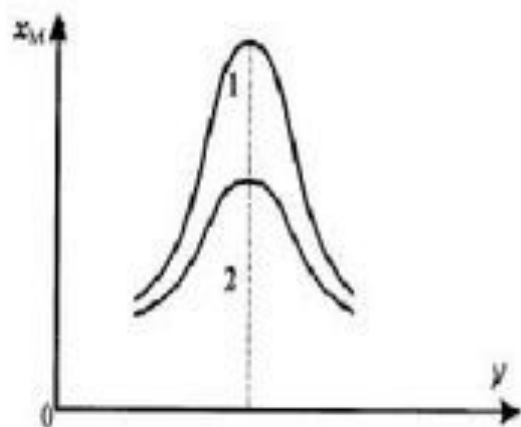


График зависимости амплитуды  $x_M$  вынужденных колебаний от частоты  $\nu$  внешней силы.

1 – малая сила трения; 2 – большая сила трения.

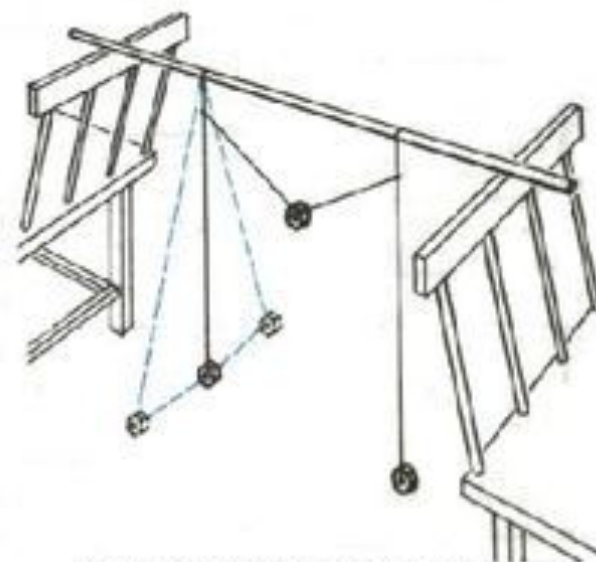


рис. 2 Связанные маятники

- Чем меньше трение, тем больше возрастает амплитуда резонансных колебаний.
- Резонанс наблюдается, когда частота собственных колебаний совпадает с вынужденной частотой  $\nu = \nu_0$ .

# ВОЛНЫ

- Распространение колебаний от точки к точке (от частицы к частице) в пространстве с течением времени.

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

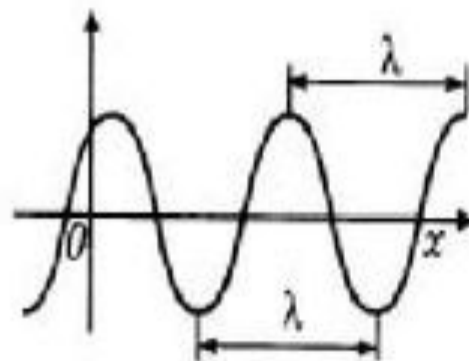
## ■ Основные характеристики волн

Частота  $\nu$  - определяется количеством периодов в секунду

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

Период  $T$  - это время, за которое совершается одно полное колебание

Скорость волны  $v$  - скорость перемещения точек, в которой колебание имеет определённую фазу (например, скорость перемещения "гребня" или "впадины")



Длина волны  $\lambda$  — расстояние между ближайшими точками на одном луче, колебания в которых происходят в одинаковой фазе (например, расстояние между соседними максимумами)

$$v = \lambda \nu$$

# Волны

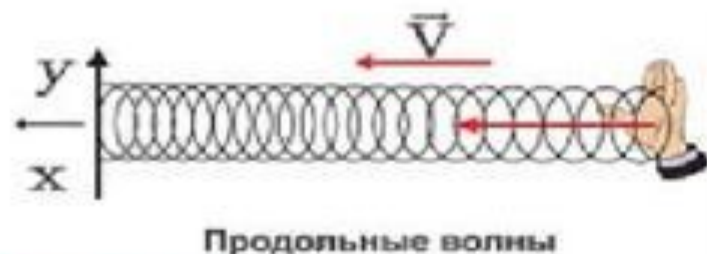
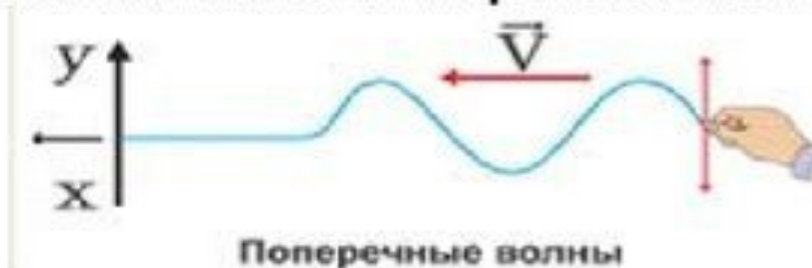
- **Волны** – возмущения, распространяющиеся в пространстве, удаляясь от места их возникновения (возмущения – изменения некоторых физических величин, характеризующих состояние среды, таких как сила упругости в пружине, ускорение и скорость движения колеблющихся витков, их смещение от положения равновесия).
- **Упругие волны** – механические возмущения, распространяющиеся в упругой среде.
- **Длина волны ( $\lambda$ )** - расстояние между ближайшими точками, колеблющимися в одинаковых фазах.
- **Скорость распространения волн  $U = \lambda T$**

## Причины возникновения механических волн

1. Упругая среда (частицы среды взаимодействуют за счет сил упругости)
2. Инертность частиц

## Волны и энергия

1. Вместе с колебаниями волной переносится энергия колебаний, хотя сами носители этой энергии, колеблющиеся частицы, с волной не переносятся.
2. Волна является переносчиком энергии.

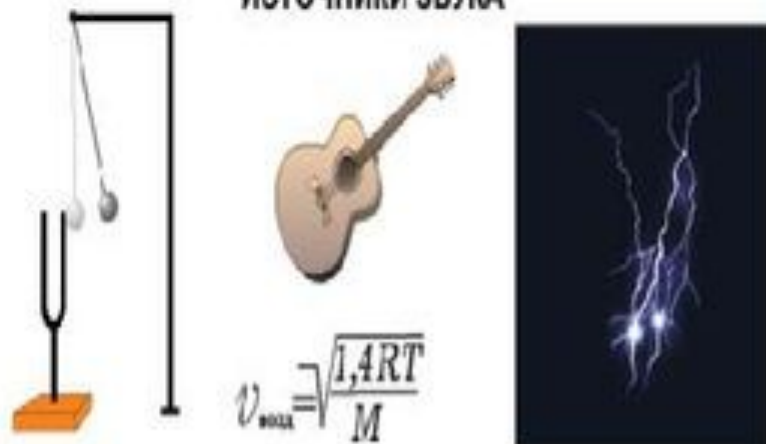


- **Поперечные** - это волны, в которых частицы среды колеблются перпендикулярно направлению волны.
- Деформация сдвига в твердых телах, на поверхности жидкости.

- **Продольные** – это волны, в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волны.
- Деформация сжатия в газах, жидкостях, твердых телах.



## ИСТОЧНИКИ ЗВУКА



$$v_{\text{звук}} = \sqrt{\frac{1,4RT}{M}}$$

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ ВОЛН



## ОСЦИЛЛОГРАММА ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ



- **Звук** – продольная механическая волна определенной частоты.
- Звуковые волны с частотами от 16 до 20000 Гц воздействуют на органы слуха человека, вызывают слуховые ощущения и называются **слышимыми звуками**. Звуковые волны с частотами менее 16 Гц называются **инфразвуками**, а с частотами более 20000 Гц – **ультразвуками**.
- **Высота тона** зависит от частоты: чем больше частота, тем выше тон.
- **Громкость звука** зависит от интенсивности звука, т.е. определяется амплитудой колебаний в звуковой волне. Наибольшей чувствительностью органы слуха обладают к звукам с частотами от 700 до 6000 Гц.

## Звуковые явления

- Проводником звука может быть любая упругая среда.
- Звук распространяется в **любой упругой среде**, но не распространяется в **вакууме**.
- **Скорость звука в воздухе** при  $0^{\circ}\text{C}$  и нормальном атмосферном давлении равна  $332\text{ м/с}$ , при  $20^{\circ}\text{C}$  -  $343\text{ м/с}$ .
- **Скорость звука** при  $20^{\circ}\text{C}$  **в воде**  $1483\text{ м/с}$ , **в стали** -  $5000 - 6100\text{ м/с}$ .

# Высота звука

**Высота звука** зависит от частоты колебаний: чем больше частота колебаний источника звука, тем выше издаваемый звук.

- **Чистый тон** – звук источника, совершающего гармонические колебания одной частоты.
- **Основная частота** – самая низкая частота сложного звука (соответствующий ей звук определенной высоты – основной тон).
- **Обертоны** – все остальные тоны сложного звука (частота всех обертонов данного звука в целое число раз больше частоты основного тона).
- **Тембр звука** определяется совокупностью его обертонов.

# Громкость звука

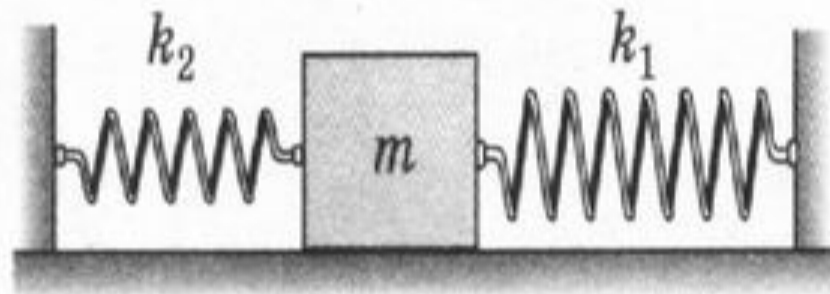
- **Громкость звука** зависит от **амплитуды** колебаний: чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.
- Громкость звука зависит также от его **длительности** и от **индивидуальных особенностей слушателя**.
- **Сон** – единица громкости звука.
- В **фонах** измеряется уровень громкости (уровень звукового давления измеряется в **белах(Б)** или **децибелах(дБ)**).
- **Уровень шума** 20 – 30 дБ - безвредно для здоровья, 80 дБ - допустимая граница, 130 дБ - вызывает у человека болевые ощущения в ухе и даже чувствует кожей, 150 дБ - непереносимость (в Средние века «казнь под колоколом»).

## Характеристики звука

- **Объективные** физические характеристики звука: **амплитуда, период, частота**.
- **Субъективные** физические характеристики звука: **высота** (определяется высотой основного тона), **громкость** (характеризует уровень слухового ощущения), **тембр** звука (определяется спектральным составом).
- Восприятие звука органами слуха зависит от того, какие частоты входят в состав звуковой волны.
- **Задание:** По приведенным графикам определите объективные характеристики звука: амплитуду, период, частоту. Какой звук выше, и какой громче? От чего это зависит?

- **Задача №1:** Камертон один раз зажат в тисках, а другой раз стоит на резонаторном ящике. В обоих случаях камертон возбуждается одинаковыми по силе ударами. В каком случае камертон будет звучать дольше?
- **Ответ:** Камертон без резонаторного ящика звучит гораздо слабее, чем с ящиком, и, следовательно, теряет меньше энергии в единицу времени на излучение звуковых волн. Поэтому камертон, зажатый в тисках, будет звучать дольше.

■ **Задача №2:** Пружины жесткости  $k_1$  и  $k_2$  соединены так, как показано на рисунке. К ним прикреплено тело массой  $m$ , которое может скользить по горизонтальной поверхности без трения. Чему равен период колебаний тела?



■ **Решение:** При смещении тела на величину  $x$  от положения равновесия силы, действующие на него со стороны пружин, равны  $F_1=k_1x$ ,  $F_2=k_2x$ . При этом восстанавливающая сила  $F=F_1+F_2$ , тогда  $kx=k_1x+k_2x$ ;  $k=k_1+k_2$ ,  $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1+k_2}}$

**Задача №3:** Найти жёсткость пружины, если скреплённое с ней тело массой 30 г совершает за 1 минуту 300 колебаний.

Дано:

$$m = 30 \text{ г} = 0.03 \text{ кг}$$

$$t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

$$n = 300$$

Найти:

$$k = ?$$

Решение:

$$T = \frac{t}{n}$$

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

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}$$

$$\frac{m}{k} = \frac{T^2}{4\pi^2}$$

$$k = \frac{4\pi^2 m}{\left(\frac{t}{n}\right)^2}$$

$$k = \frac{4 \cdot 3.14^2 \cdot 0.03}{\left(\frac{60}{300}\right)^2} = 30 \text{ (Н/м)}$$

Ответ:  $k = 30 \text{ (Н/м)}$



Длина волны равна 2 м, а скорость ее распространения 400 м/с. Определите, сколько полных колебаний совершает эта волна за 0,1 с.



Дано:

$$\lambda = 2 \text{ м}$$
$$n,$$

$$v = 400 \text{ м/с}$$

$$t = 0,1 \text{ с}$$

$n$  - ?

$$n = 20$$

Решение.

$$\lambda = vT, \quad T = t/n, \quad \lambda = vt/n$$

$$n = vt/\lambda,$$

$$n = 400 \text{ м/с} \cdot 0,1 \text{ с} / 2$$

Вася заметил, что ворона в течение 1 минуты каркнула 45 раз. Определите период и частоту колебаний.

Дано:

СИ

Решение.

$$1 / T$$

$$t = 1 \text{ мин}$$

$$4 / 3 \text{ (с)}$$

$$n = 45$$

$$3 / 4 \text{ (Гц)}$$

$$60 \text{ с}$$

$$T = t / n, \nu =$$

$$T = 60 \text{ с} / 45 =$$

$$\nu = 1 / (4 / 3 \text{ с}) =$$

$T - ?$

$\nu - ?$

Ответ:  $T = 4/3 \text{ с}$

**Задача 1.** По представленному графику определите амплитуду и период колебаний нитяного маятника.

**Решение:**

1. Отмечаем точку равновесия.
2. Находим амплитуду колебаний, т.е. максимальное смещение тела от положения равновесия.

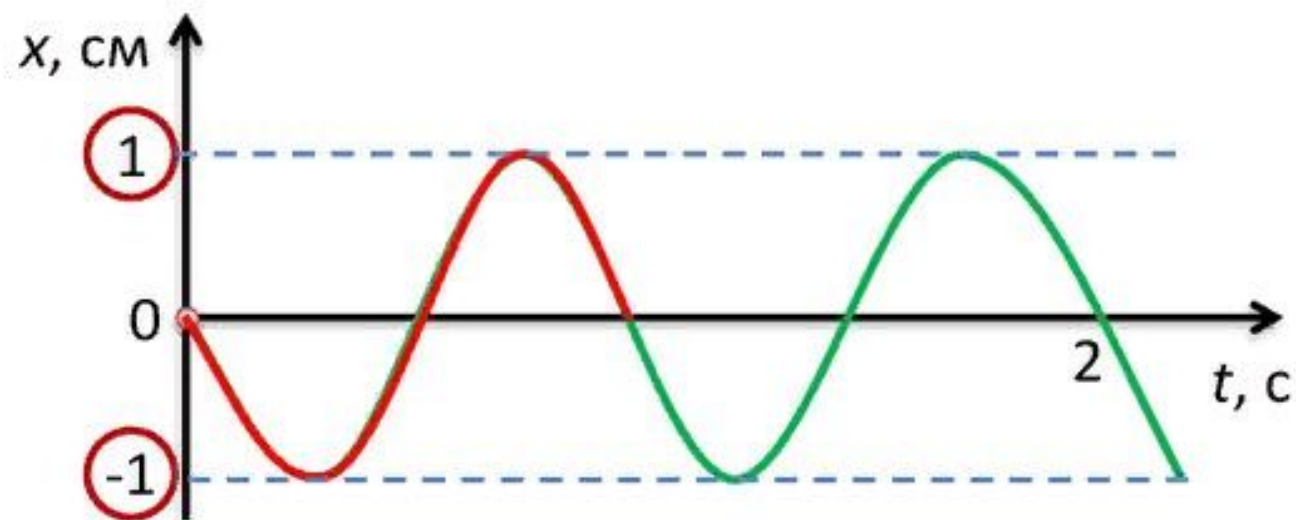
$$A = 1 \text{ см.}$$

3. Определяем период колебаний — время одного полного колебания.

$$N = 2, t = 2 \text{ с.}$$

$$T = \frac{t}{N} = \frac{2 \text{ с}}{2} = 1 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $A = 1 \text{ см}, T = 1 \text{ с.}$

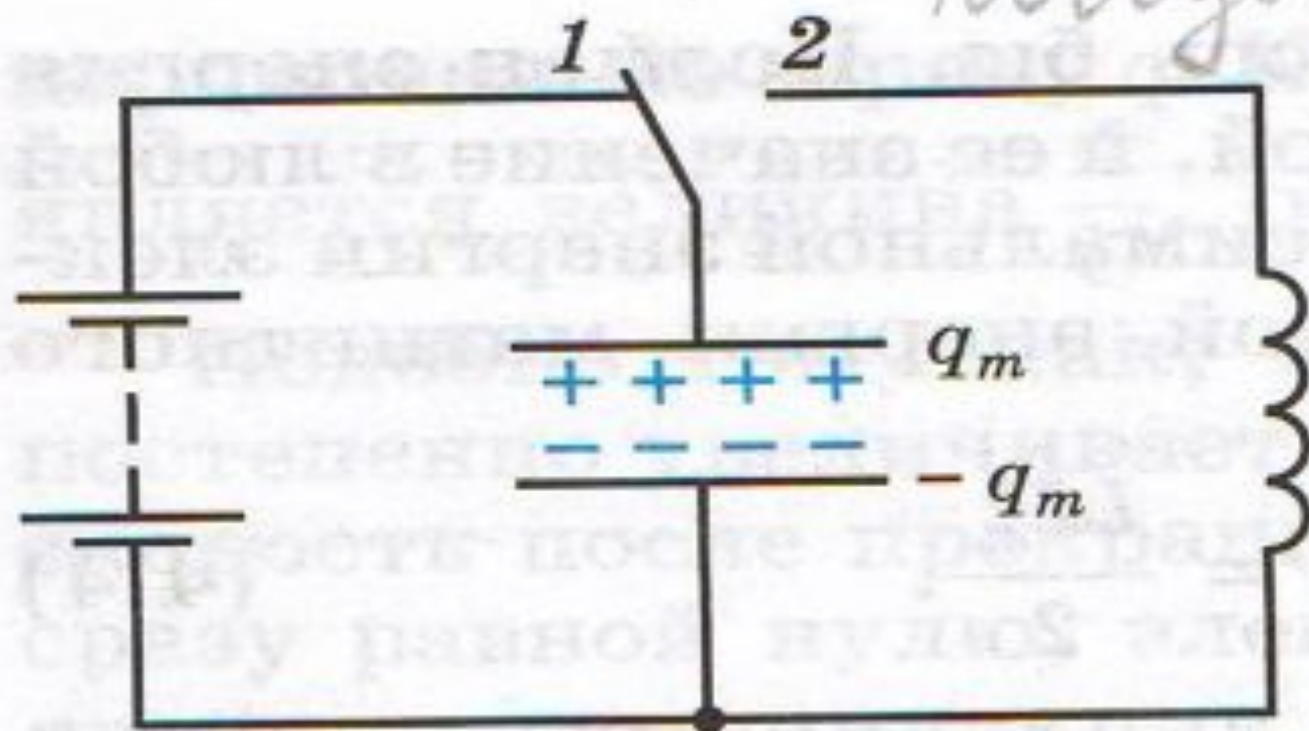


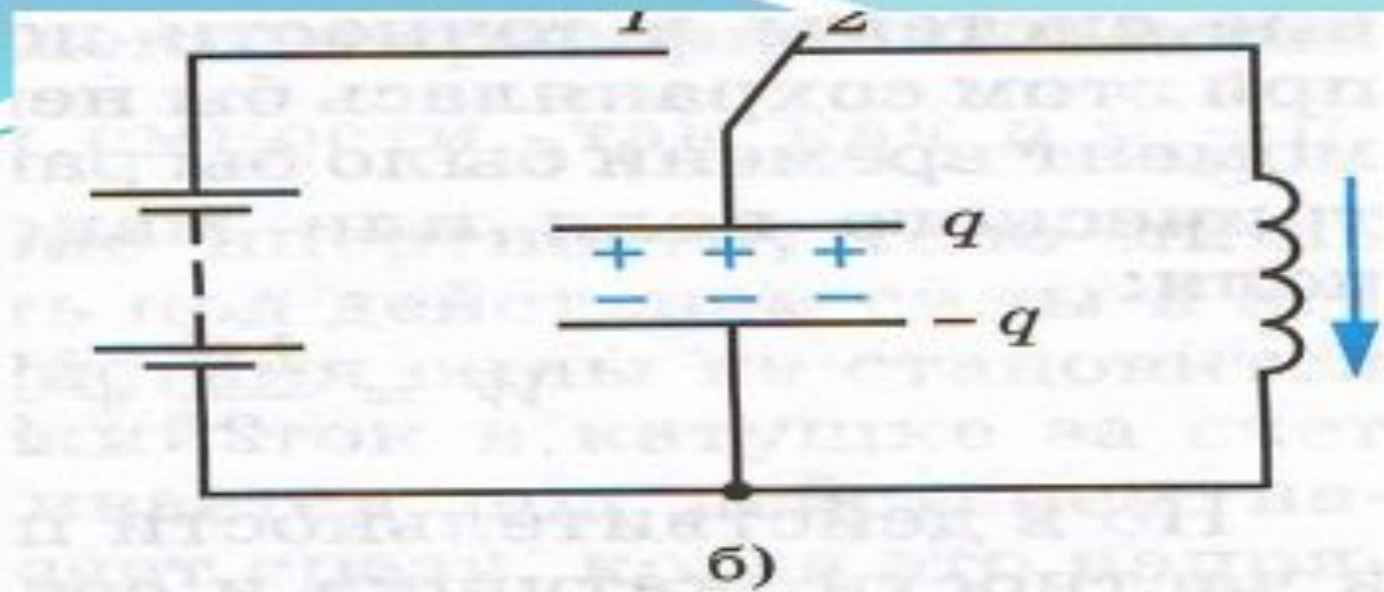
# Электромагнитные колебания.

# Электромагнитные колебания.

- Электромагнитные колебания – периодические изменения заряда, силы тока и напряжения в электрической цепи.
- Электромагнитные колебания являются свободными, т.е. возникают при выведении колебательной системы из положения равновесия.
- Простейшая система, в которой могут происходить свободные электромагнитные колебания – конденсатор и катушка, соединенные последовательно (колебательный контур).

- Колебательная система выводится из равновесия при сообщении конденсатору заряда. При этом конденсатор получает энергию  $W_3$ .





- Затем замыкаем вторую часть цепи и конденсатор начинает разряжаться. В цепи появляется электрический ток, сила которого увеличивается постепенно в связи с явлением самоиндукции. ЭДС самоиндукции всегда возникает при появлении тока в цепи и препятствует его увеличению.

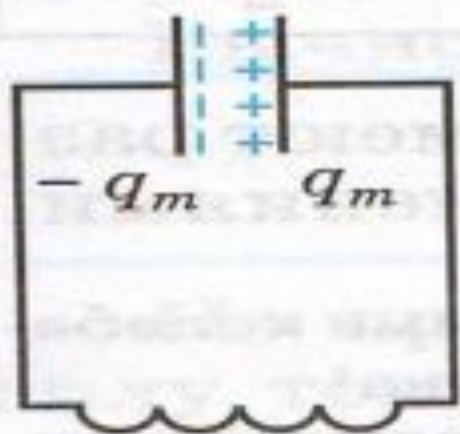
- По мере разрядки конденсатора энергия электрического поля  $W_э$  уменьшается, так как уменьшается заряд на обкладках конденсатора, но одновременно возрастает энергия магнитного поля тока  $W_м$ .
- Полная энергия  $W$  электромагнитного поля контура равна сумме его энергий магнитного  $W_м$  и электрического  $W_э$  полей.



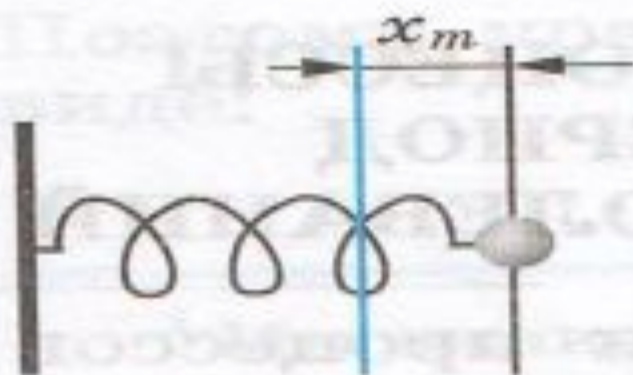
- В момент, когда конденсатор полностью разрядится, энергия электрического поля станет равна нулю (так как заряд конденсатора равен нулю). Энергия магнитного поля станет максимальной (по закону сохранения энергии).
- В этот момент сила тока в цепи становится максимальной. А раз в цепи есть ток, то конденсатор начинает опять заряжаться.
- Здесь же следует отметить, что сила тока в цепи поддерживается ЭДС самоиндукции и без источника тока.

- После зарядки конденсатор опять начинает разряжаться и все происходит сначала.
- Если бы не было потерь энергии, то колебания в колебательном контуре были бы незатухающими.
- В колебательном контуре энергия электрического поля заряженного конденсатора периодически переходит в энергию магнитного поля тока.

**Аналогия между  
механическими и  
электромагнитными  
колебаниями.**

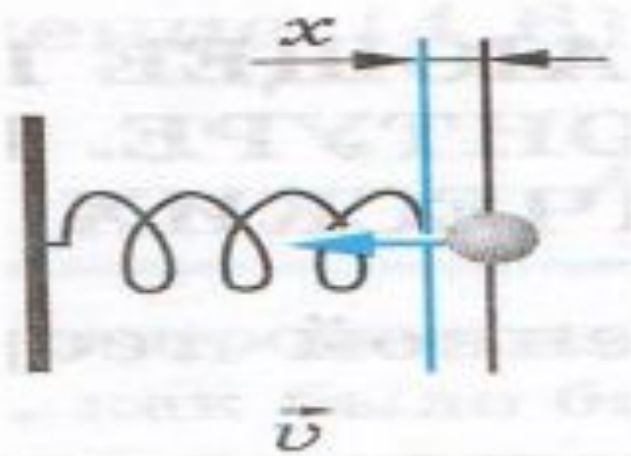
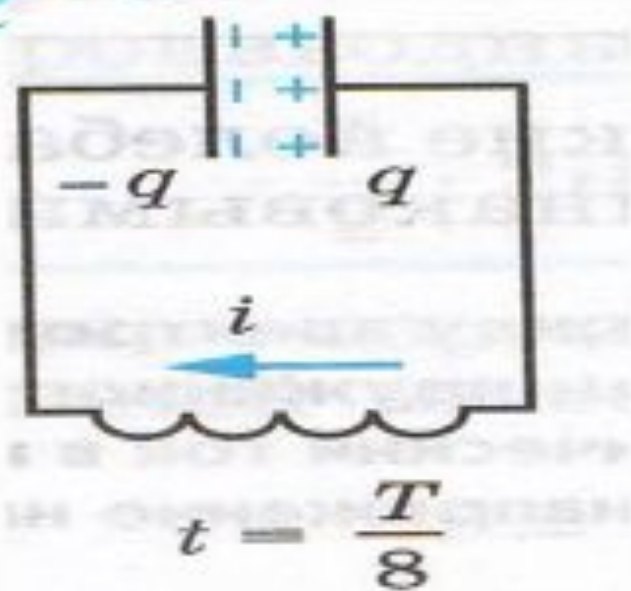


$$t = 0$$



$$\vec{v} = 0$$

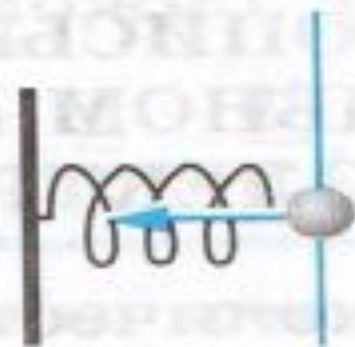
- Зарядка конденсатора аналогична отклонению тела от положения равновесия на некоторую величину  $x_m$ .



- Возникновение в цепи тока соответствует появлению в механической колебательной системе скорости тела под действием силы упругости пружины.

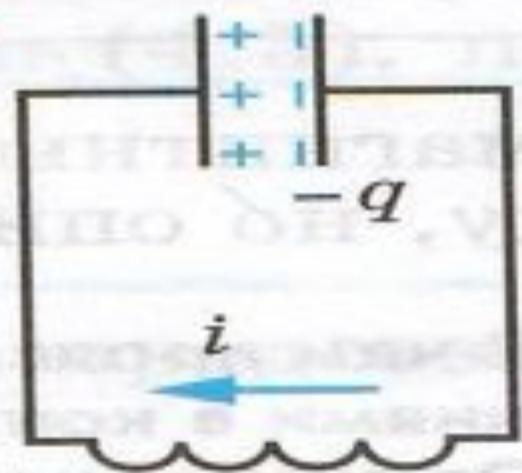


$$t = \frac{T}{4}$$

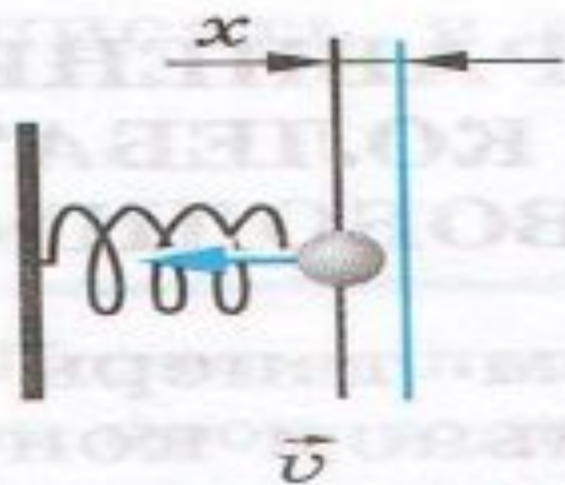


$$\vec{v}_m$$

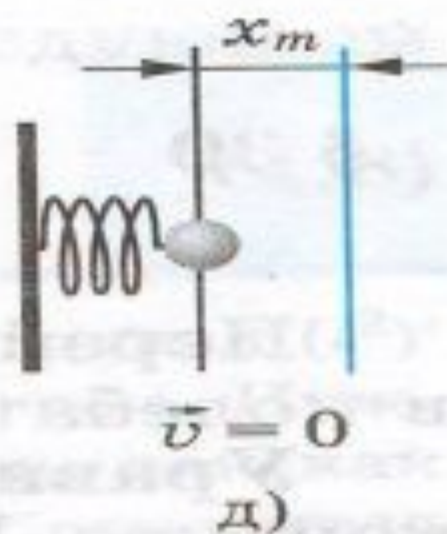
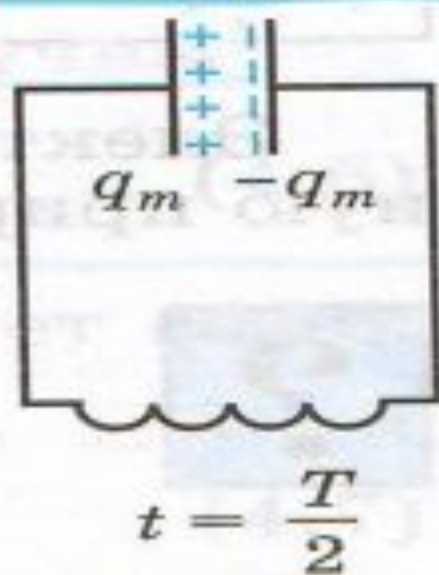
- Момент времени, когда конденсатор разрядится, а сила тока достигнет максимума, аналогичен тому моменту времени, когда тело с максимальной скоростью проходит положение равновесия.



$$t = \frac{3}{8} T$$



- Далее конденсатор начнет перезаряжаться, а тело в ходе механических колебаний продолжает смещаться влево от положения равновесия.



- По происшествии половины периода колебаний конденсатор полностью перезарядился, а тело отклонилось в крайнее правое левое положение, когда его скорость стала равна нулю.



## Соответствие между механическими и электромагнитными колебаниями можно свести в таблицу.

Механическая величина	Электрическая величина
Координата $x$	Заряд $q$
Скорость $v_x$	Сила тока $i$
Масса $m$	Индуктивность $L$
Жесткость пружины $k$	Величина, обратная емкости, $\frac{1}{C}$
Потенциальная энергия $\frac{kx^2}{2}$	Энергия электрического поля $\frac{q^2}{2C}$
Кинетическая энергия $\frac{mv_x^2}{2}$	Энергия магнитного поля $\frac{Li^2}{2}$

## Задача 1. (д/з)

Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 800 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 2 мкГн. Каков период собственных колебаний контура? (ответ дайте в мкс)

Дано:                    Си  
 $C = 800 \text{ пФ} = 8 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$   
 $L = 2 \text{ мкГн} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$

---

$T - ?$

Решение:

Формула Томпсона:  $T = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$

$$T = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-10}}$$
$$= 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ (с)}$$

$$T = 0,25 \text{ (мкс)}$$

Ответ: 0,25 (мкс)

## Задача 2. (д/з)

Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C$  и катушки индуктивности индуктивностью  $L$ . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроемкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3р.

Дано:

$$C_2 = 3C_1$$

$$L_2 = 3L_1$$

Решение:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi \cdot \sqrt{3L_1 \cdot 3C_1}}{2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}} = 3$$

1. Увеличится в 3 раза;
2. Не изменится;
3. Уменьшится в 3 раза;
4. Увеличится в 9 раз.

---

$$\frac{T_2}{T_1} = ?$$

Ответ: №1

### Задача 3. (д/з)

Амплитуда силы тока при свободных колебаниях в колебательном контуре 100 мА. Какова амплитуда напряжения на конденсаторе колебательного контура, если емкость этого конденсатора 1 мкФ, а индуктивность катушки 1 Гн? Активным сопротивлением пренебречь.

Дано:

$$I_m = 100 \text{ мА} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$C = 1 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 1 \text{ Гн}$$

$U_m = ?$

Решение:

По закону сохранения энергии:  $W_{Cm} = W_{Lm}$ ;

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}; CU_m^2 = LI_m^2;$$

Отсюда:

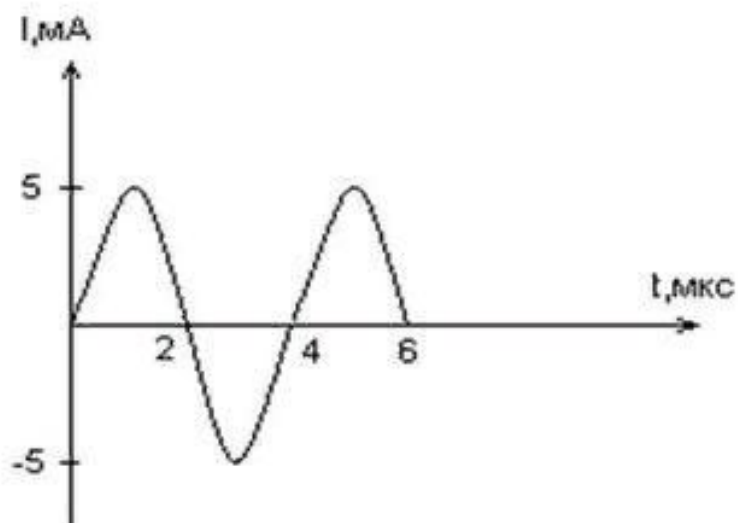
$$U_m^2 = \frac{LI_m^2}{C}; U_m = I_m \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$U_m = 100 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{1}{1 \cdot 10^{-6}}} = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ (В)}$$

Ответ:  $U_m = 100 \text{ (В)}$

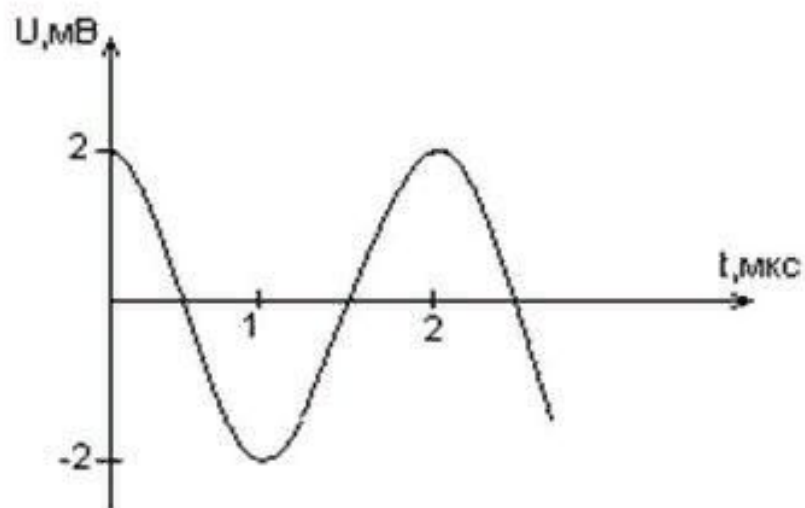
## Задача № 5,6.

Вариант № 1



По графику зависимости силы тока от времени в колебательном контуре определите, зная индуктивность катушки  $L = 2 \text{ мкГн}$ , максимальное значение магнитной энергии катушки.

Вариант № 2



По графику зависимости напряжения от времени в колебательном контуре определите, зная емкость конденсатора  $C = 3 \text{ пФ}$ , максимальное значение электрической энергии конденсатора.

Вариант № 1		Вариант № 2	
<p>Дано:</p> $I_m = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ $L = 2 \cdot 10^{-6} \text{ ГН}$	<p>Решение:</p> $W_{L\max} = \frac{LI_m^2}{2}$ $W_{L\max} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}{2}$	<p>Дано:</p> $U_m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ $C = 3 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$	<p>Решение:</p> $W_{C\max} = \frac{CU_m^2}{2}$ $W_{C\max} = \frac{3 \cdot 10^{-12} \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2}{2}$
$W_{L\max} - ?$	$W_{L\max} = 25 \cdot 10^{-12} \text{ (Дж)}$  <p>ОТВЕТ:</p> $W_{L\max} = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ (Дж)}$	$W_{C\max} - ?$	$W_{C\max} = 6 \cdot 10^{-18} \text{ (Дж)}$  <p>ОТВЕТ:</p> $W_{C\max} = 6 \cdot 10^{-18} \text{ (Дж)}$

**Спасибо за внимание**