

## Механические колебания

### Перечень вопросов, рассматриваемых на уроке:

Механические колебания;

Виды механических колебаний;

Характеристики колебательных движений;

Явление резонанса.

### Глоссарий по теме

**Механические колебания** – это физические процессы, точно или приблизительно повторяющиеся через одинаковые интервалы времени.

Колебания, происходящие под действием внутренних сил в колебательной системе, называют **свободными**.

**Вынужденные** колебания – это колебания, происходящие под действием внешней периодически меняющейся силы.

**Амплитуда** – это наибольшее смещение колеблющейся величины от положения равновесия.

**Период** – это время одного полного колебания.

**Частота колебаний** – это число колебаний за единицу времени.

**Фаза колебаний** – это физическая величина определяющая отклонение колеблющейся величины от положения равновесия в данный момент времени.

**Резонанс** – это явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты изменения внешней силы, действующей на систему с частотой свободных колебаний.

### Основное содержание урока

Мир удивителен и многообразен. Мы каждый день наблюдаем разные движения тел. Все мы видели, как раскачивается ветка на ветру, лодка на волнах, качели, деревья при ветре. Чем эти движения отличаются от движения тележки движущейся прямолинейно? Мы видим, что в

отличие от движения тележки движущейся прямолинейно, движения всех этих тел повторяются через определенный промежуток времени.

**Механические колебания** – это физические процессы, точно или приблизительно повторяющиеся через одинаковые интервалы времени.

Колебания играют огромную роль в нашей жизни. Примерами колебаний в нашем организме являются биение сердца, движение голосовых связок. Колебания происходят и в жизни нашей планеты (приливы, отливы, землетрясения) и в астрономических явлениях (пульсации звезд). Одним из грозных явлений природы является землетрясение – колебание земной поверхности. Строители рассчитывают возводимые ими сооружения на устойчивость при землетрясении.

Без знания законов колебаний нельзя было бы создать, телевидение, радио и многие современные устройства и машины. Неучтенные колебания могут привести к разрушению сложных технических сооружений и вызвать серьезные заболевания человека. Все это делает необходимым их всестороннее изучение.

Основным признаком колебательного движения является его **периодичность**. Колеблющееся тело за одно колебание дважды проходит положение равновесия. Колебания характеризуются такими величинами как период, частота, амплитуда и фаза колебаний.

**Амплитуда** – это наибольшее смещение колеблющейся величины от положения равновесия.

При малых амплитудах путь пройденный телом за одно полное колебание равен примерно четырем амплитудам.

Промежуток времени, в течение которого тело совершает одно полное колебание, называют периодом колебаний.

**Период** – это время одного полного колебания.

Чтобы найти период колебаний нужно разделить время колебаний на число колебаний.

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

$$[T] = 1 \text{ с}$$

Частота колебаний – это число колебаний за единицу времени.

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

$$[\nu] = 1 \text{ Гц (герц)}$$

Единица частоты названа в честь немецкого ученого Г. Герца.

Фаза колебаний – это физическая величина определяющая отклонение колеблющейся величины от положения равновесия в данный момент времени.

$$\varphi = \omega t$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$[\omega] = 1 \text{ рад/ с}$$

Во всех колебательных системах действуют силы, стремящиеся вернуть тело в состояние устойчивого равновесия. Существуют несколько типов маятников: нитяные и, пружинные и т.д. Под словом «маятник» понимают твердое тело способное совершать колебания под действием приложенных сил около неподвижной точки или вокруг оси.

Мы с вами будем рассматривать пружинный и математический маятники.

**Пружинный маятник.** Колебательная система в этом случае представляет собой тело, прикрепленное к пружине. Колебания в таком маятнике возникают под действием силы упругости пружины и силы тяжести.

**Период колебаний пружинного маятника**

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

$T$  – период колебаний пружинного маятника

$m$  – масса подвешенного груза

$k$  – жесткость пружины

### Математический маятник.

Математический маятник – это материальная точка, подвешенная на длинной нерастяжимой нити.

**Математический маятник** – это идеализированная модель. Реальный маятник можно считать математическим, если длина нити много больше размеров подвешенного тела и масса нити ничтожна по сравнению с массой тела. Колебания такого маятника происходят под действием силы натяжения нити и силы тяжести. Формула для расчета **периода колебаний математического маятника** была выведена Гюйгенсом.

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

$T$  – период колебаний математического маятника

$l$  – длина нити маятника

$g$  – ускорение свободного падения

Гюйгенс доказал, что период малых колебаний маятника не зависит от времени. Используя это свойство, названное изохронностью маятника Гюйгенс в тысяча шестьсот пятьдесят седьмом году, сконструировал первые маятниковые часы. Это свойство маятника было открыто 19-

летним Галилеем более чем за 20 лет до открытия Гюйгенса. Наблюдая за тем, как раскачиваются в соборе светильники, подвешенные на нитях одинаковой длины, он заметил, что их период колебаний не зависит от времени. Наручных часов тогда не было, и юный Галилей пришёл к решению, которое для многих поколений будет служить образцом блеска и остроумия человеческой мысли: он сравнил колебания маятника с частотой биения собственного сердца.

**Гармоническими являются колебания**, происходящие под действием силы пропорциональной смещению колеблющейся точки и направленной противоположно этому смещению. **Уравнение гармонических колебаний:**

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

$x$  – координата колеблющейся величины

$x_m$  – амплитуда колебаний

$\omega$  - циклическая частота

При наличии сил трения в системе колебания затухают. Амплитуда колебаний в этом случае со временем уменьшается. Иногда возникает необходимость в гашении колебаний, к примеру, колебания кузова, на рессорах при езде на автомобиле. Для гашения колебаний применяют специальные амортизаторы. С кузовом связывают поршень, который при колебаниях движется в цилиндре, заполненном жидкостью. Большое сопротивление жидкости приводит к гашению колебаний.

Колебания, происходящие под действием внешней периодической силы, **называются вынужденными**.

Если частота изменения внешней силы не равна частоте свободных колебаний системы, то внешняя сила будет действовать не в такт со

свободными колебаниями самой системы. В этом случае амплитуда колебаний будет определяться максимальным значением действующей на систему внешней силы.

Если частота изменения внешней силы совпадет с частотой свободных колебаний, то будет наблюдаться резкое возрастание амплитуды колебаний, так как внешняя сила в этом случае будет действовать в такт со свободными колебаниями этой системы.

$$\omega = \omega_0$$

$\omega$  - частота изменения внешней силы.

$\omega_0$  – частота свободных колебаний системы.

**Впервые явление резонанса было описано Галилеем.** Явление резонанса играет большую роль в природе, технике и науке. Большинство сооружений и машин, обладая определенной упругостью, способны совершать свободные колебания. Поэтому внешние периодические воздействия могут вызвать их резонанс, что может стать причиной катастроф. Известно много случаев, когда источником опасных колебаний были люди, идущие в ногу. Так, в 1831 году в городе Манчестер при прохождении по мосту колонны солдат строевым шагом мост разрушился. Аналогичный случай был в г. Петербурге в 1905 году. При прохождении моста через реку Фонтанка эскадрой гвардейской кавалерии мост обрушился. Для предотвращения резонансных явлений используют разные способы гашения вынужденных колебаний. Один способ состоит в изменении частоты свободных колебаний в системе. Другой способ состоит в увеличении силы трения в системе: чем больше сила трения, тем меньше амплитуда резонансных колебаний

## Разбор тренировочных заданий

1. Найдите массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.

Дано:

$$k=250 \text{ Н/м}$$

$$N= 20$$

$$t= 16 \text{ с}$$

\_\_\_\_\_

$$m=?$$

Решение:

Напишем формулу периода пружинного маятника

$$T=2\pi\sqrt{(m/k)}$$

Из этой формулы выразим массу

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

Период колебаний груза найдём через время колебаний и число колебаний по формуле:

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

Подставляем числовые значения величин

$$T = \frac{16}{20}$$

$$T=0,8 \text{ с.}$$

Следовательно масса равна:

$$m = \frac{0,8^2}{4 \times 3,14^2} 250$$

$$m=4 \text{ кг}$$

Ответ: m=4 кг

2. На нити подвешен шарик массой 0,1 кг. Шарик отклонили на высоту 2,5 см (по отношению к положению равновесия) и отпустили. Определите максимальную скорость шарика.

Дано:

$$m= 0,1 \text{ кг}$$

$$h = 2,5 \text{ см} = 0,025 \text{ м}$$

$$v_m = ?$$

Решение:

Скорость колеблющегося шарика максимальна в момент прохождения положения равновесия.

Для решения задачи применим закон сохранения энергии:

$$mgh = \frac{mv_m^2}{2}$$

$$v_m = \sqrt{2gh}$$

Подставляем числовые значения величин:


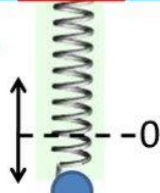
$$v_m = \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,025}$$

$$v_m = 0,7 \text{ м/с}$$

Ответ:  $v_m = 0,7 \text{ м/с}$

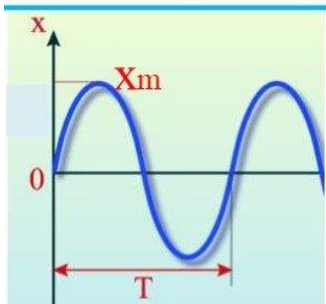
## Механические колебания

– движения, которые повторяются, через  $T$

Свободные колебания – за счет запаса энергии		
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	<p><b>T</b> – период (с)</p> <p><b>v</b> – частота (Гц)</p> <p><b><math>\omega</math></b> – циклическая частота (рад/с)</p> <p><b>x</b> – смещение,</p> <p><b><math>x_m</math></b> – амплитуда</p>	 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><math>T = \frac{1}{v}</math></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><math>T = \frac{2\pi}{\omega}</math></div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <math>\omega = 2\pi v</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <math>x = 0</math> – положение равновесия                 </div>	

### Гармонические колебания –

параметры изменяются по закону синуса или косинуса



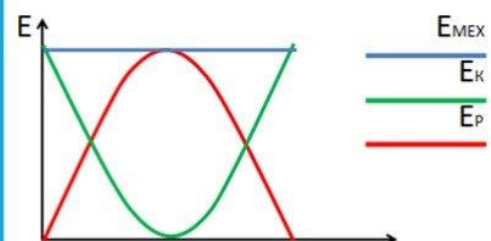
$$x = x_m \cdot \sin \omega t$$

$$v = x_m \omega \cdot \cos \omega t$$

$$a = -x_m \omega^2 \cdot \sin \omega t$$

$$v_m = x_m \omega \quad (t=0)$$

**ЗСЭ:**  $E_k + E_p = E_{\text{мех}} = \text{const}$



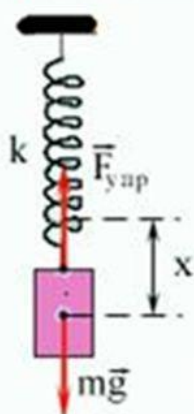


# Преобразования энергии при свободных механических колебаниях

При гармонических колебаниях происходит периодическое превращение кинетической энергии в потенциальную и наоборот

- Для груза на пружине

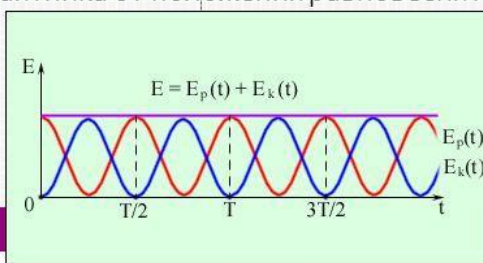
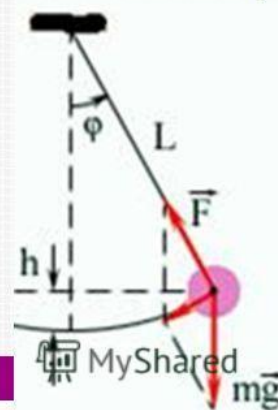
$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}, \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$



- $h_m$  – максимальная высота подъема маятника в поле тяготения Земли;
- $x_m$  и  $v_m = \omega_0 x_m$  – максимальные значения отклонения маятника от положения равновесия и его скорости

- Для математического маятника

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{mgx^2}{2l}, \quad \omega_0^2 = \frac{g}{l}$$



**Задания для выполнения в рабочих тетрадах**

Внимательно ознакомьтесь с предложенным материалом.

Законспектируйте основные определения и формулы, примеры решения задач – в тетрадь

**Проверка задания:**

Пересылать выполненные работы на мою электронную почту

[alyona.makhrova@yandex.ru](mailto:alyona.makhrova@yandex.ru)

или в «Сферум»