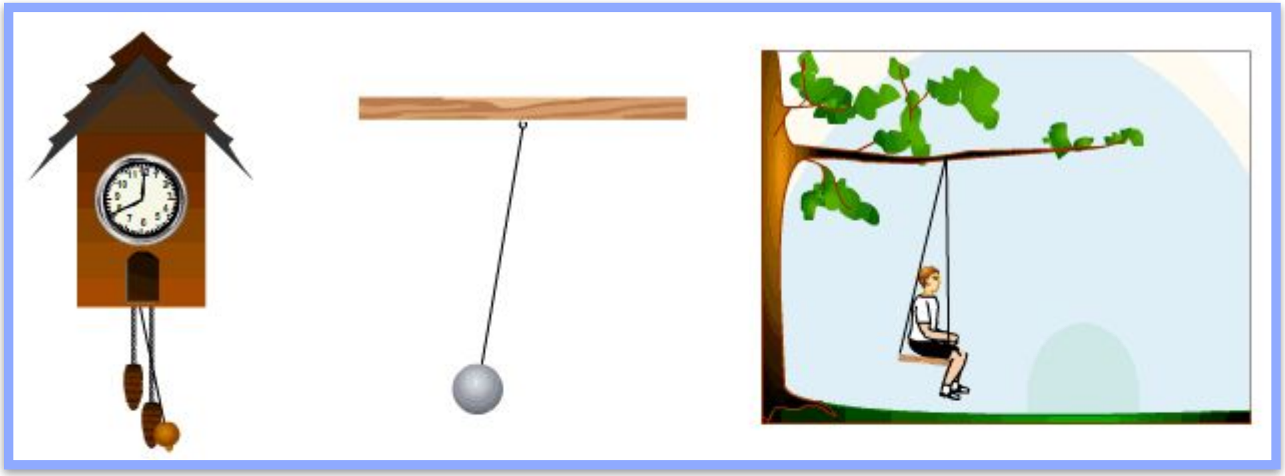
Д.з. § 13,14(до стр. 63) Работа по презентации: сделать записи в тетради по слайдам 12-17, решить задачи по тексту слайда 18.

Механические колебания



Физика – 11
2021 - 2022 учебный год

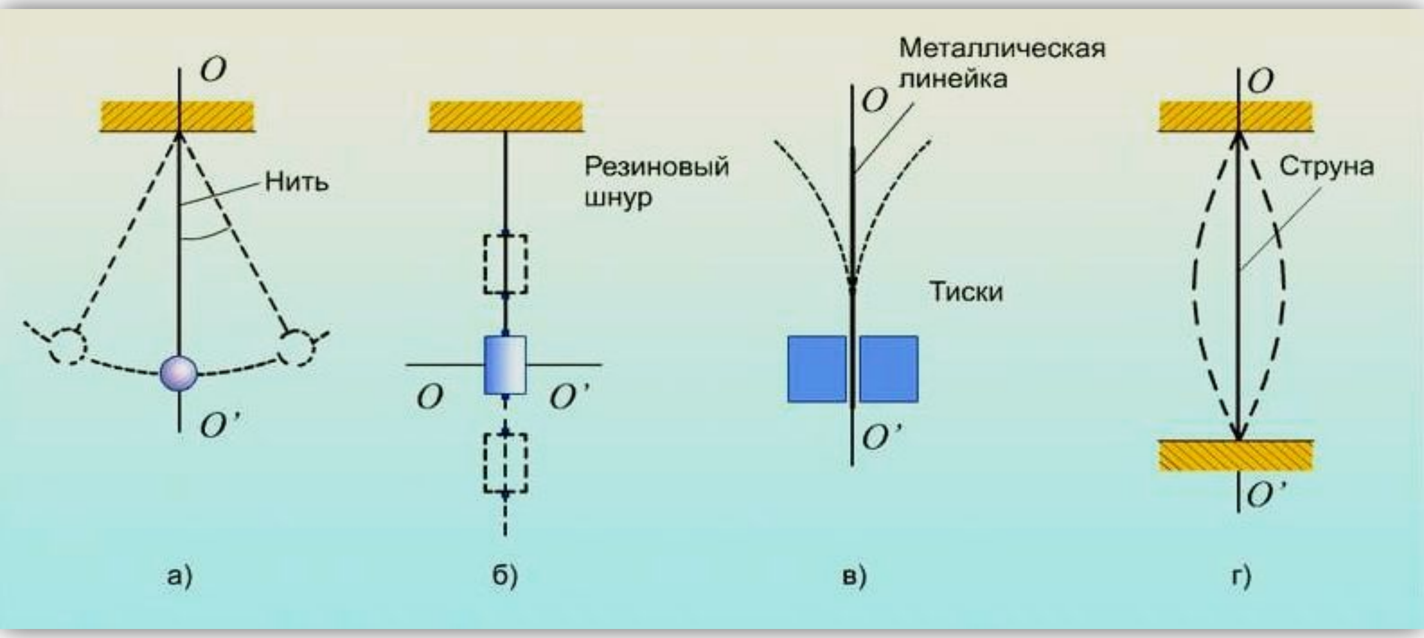
Колебания

– это движение или процессы, которые точно или приблизительно повторяются через определенный промежуток времени.

В зависимости от физической природы различают:		
Механические колебания	Электромагнитные колебания	Другие колебания
Колеблющиеся величины: координата, скорость, ускорение, сила...	Колеблющиеся величины: заряд конденсатора, сила тока, напряжение, вектор напряженности электрического поля, вектор магнитной индукции	Колеблющиеся величины: температура, давление, плотность и пр.

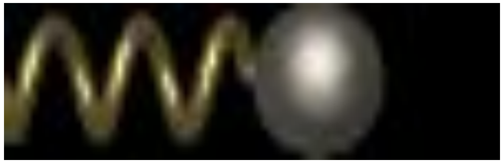
1. Колебательное движение

- это движение тела, которое <u>повторяется</u> через определенный промежуток времени.

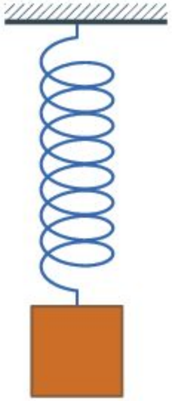


2.Колебательные системы имеют положение устойчивого равновесия

А)горизонтальный пружинный маятник

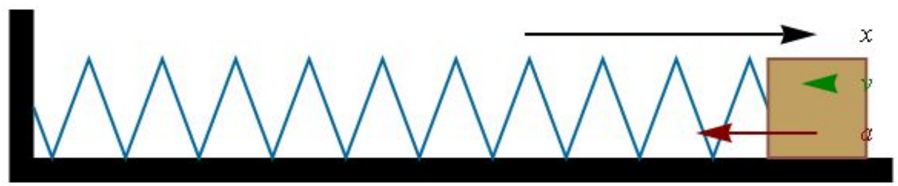


Б)вертикальный пружинный маятник

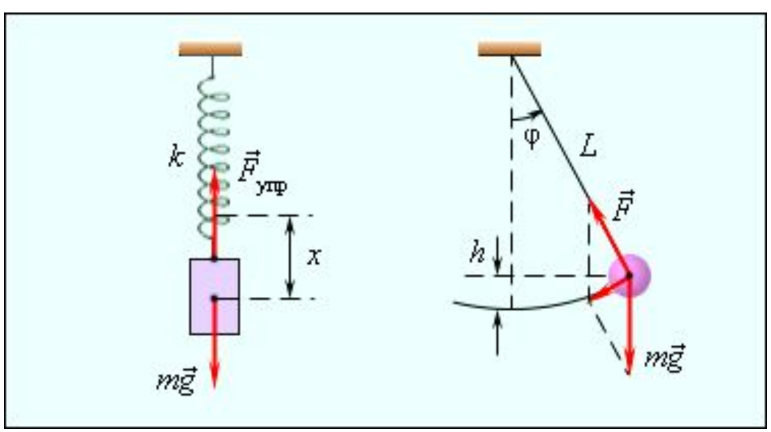


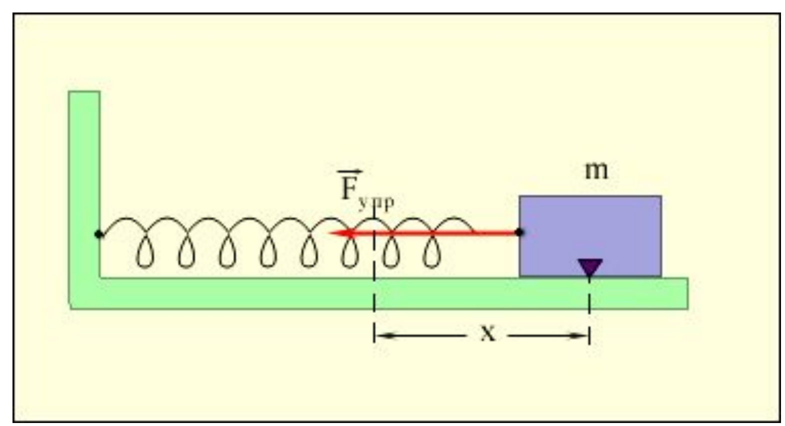
В) Нитяной маятник (математический маятник)

3. Свободные колебания – колебания, происходящие под действием внутренних сил в колебательной системе, выведенной из положения равновесия, за счёт первоначального запаса энергии.



Равнодействующая внутренних сил направлена к положению равновесия.





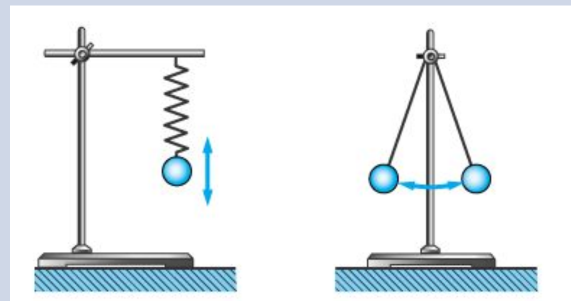
Условия возникновения свободных колебаний:

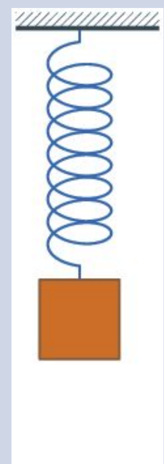
- колебательная система должна иметь положение устойчивого равновесия

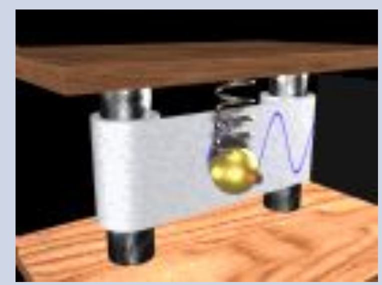
- при выведении системы из положения равновесия должна возникать равнодействующая сила, возвращающая систему в положение равновесия

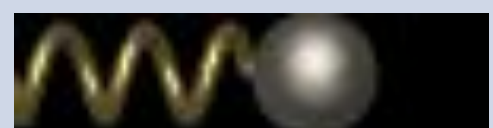
- сила трения (сопротивления) должна быть мала

Примеры колебательных систем:









4. Амплипуда колебаний x_m - модуль наибольшего смещения тела от положения равновесия. Определяется начальными условиями (энергией).

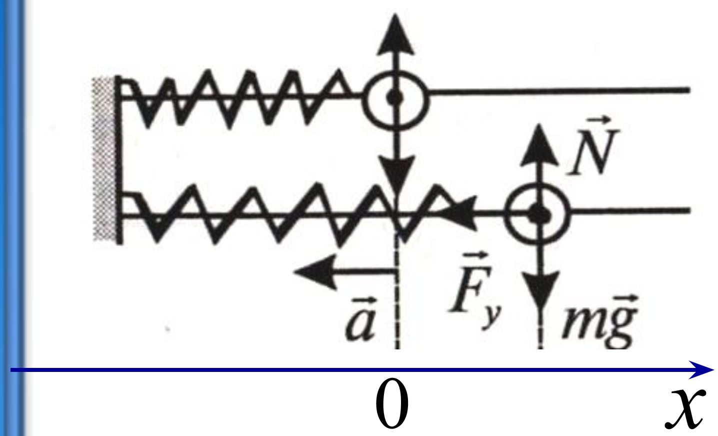
5. Период колебаний Т– промежуток времени, в течение которого происходит одно полное колебание.

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

6. Частота колебаний ν - это число колебаний в единицу времени.

$$\nu = \frac{N}{t} \qquad [\nu] = \frac{1}{c} = Гц \qquad T = \frac{1}{\nu}$$

7. Колебания груза на пружине



По II закону Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{упр} + m\vec{g} + \vec{N}$$

В проекциях на OX:

$$ma_x = (F_{упр})_x \qquad ma_x = -kx$$

Уравнение движения:

$$a_x = -\frac{k}{m}x \qquad a_x \sim -x$$

Проекция a_x ускорения тела прямо пропорциональна его координате x, взятой с противоположным знаком.

8. Уравнение движения груза на пружине

$$a_x = -\frac{k}{m}x \Rightarrow a_x \sim -x$$

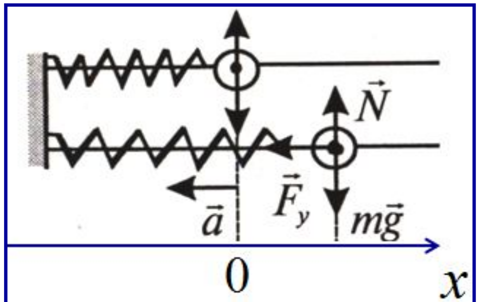
$\upsilon = x'$	скорость – это первая производная координаты по времени
$a = \upsilon'$	ускорение – это первая производная скорости по времени
$a = x''$	ускорение – это вторая производная координаты по времени

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

$$x'' \sim -x$$

- при свободных колебаниях координата изменяется так, что вторая производная координаты x'' по времени пропорциональна координате x, взятой с противоположным знаком.

8. Уравнение движения груза на пружине



$$\boxed{x'' = -\frac{k}{m}x}$$

$$x'' \sim -x$$

Обозначим

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} - \textit{для пружинного маятника}$$

$$x'' = -\omega_0^2 x \quad \textbf{(1)}$$

Решение уравнения (1): $x = \boxed{x_m \cos\omega_0 \cdot t}$

Скорость: $\upsilon = x' = -\omega_0 x_m \sin\omega_0 \cdot t$

Ускорение: $a = x'' = -\omega_0^2 \boxed{x_m \cos\omega_0 \cdot t}$

Решение уравнения (1): $x = x_m \sin\omega_0 \cdot t$

Периодические изменения физической величины в зависимости от времени, происходящие по формуле синуса или косинуса, называется гармоническими колебаниями.

9. Математический маятник

– материальная точка, подвешенная на идеальной (невесомой и нерастяжимой) нити

Можно доказать, что для математического маятника:

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

$$\omega_0^2 = \frac{g}{\ell} - \textit{для математического маятника}$$

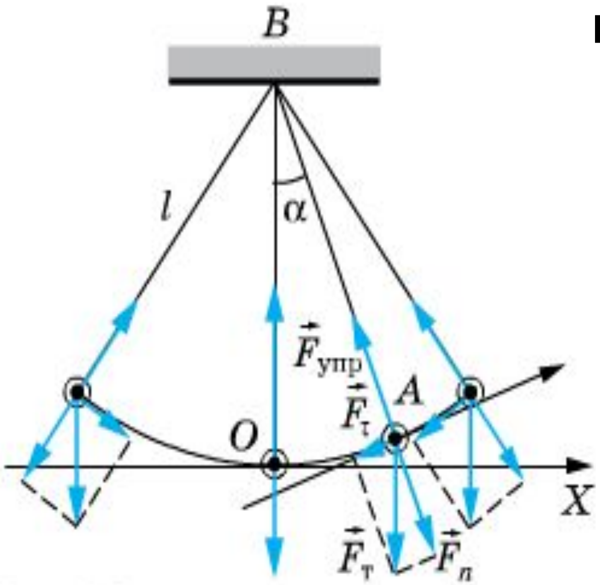


Рис. 3.5

Решение уравнения (1):

$$x = x_m \cos \omega_0 \cdot t \qquad x = x_m \sin \omega_0 \cdot t$$

Периодические изменения физической величины в зависимости от времени, происходящие по формуле синуса или косинуса, называется гармоническими колебаниями.

10. Физический смысл ω_0

$$x = x_{\mathrm{m}} \cos \omega_0 \cdot t$$

Через время Т при увеличении аргумента косинуса на $\omega_0 T$ значение координаты повторяется. Наименьший период у косинуса 2π.

Приравняем: $\omega_0 T = 2\pi$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

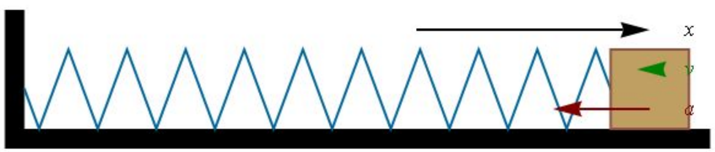
ω_0 – циклическая частота – это число колебаний не за 1 с, а за 2π секунд.

ω_0 – циклическая частота измеряется в рад/с

11.Период колебаний груза на пружине Т

$$\omega_0 T = 2\pi$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{k}{m}}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



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

12.Период колебаний математического маятника Т

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{g}{\ell}}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

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

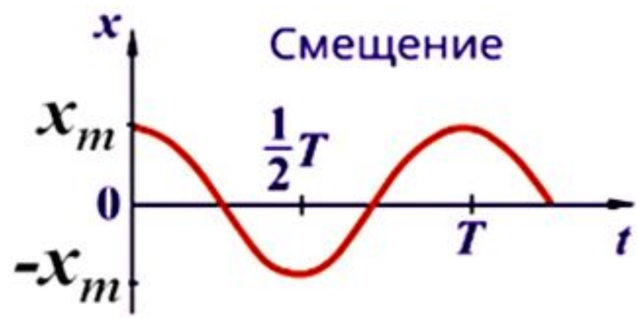
13. Фаза колебаний φ

$$x = x_m \cos \underbrace{\omega_0 \cdot t}_{\varphi} \qquad x = x_m \cos \underbrace{\varphi}$$

***φ = ω₀T– фаза колебаний – аргумент косинуса или синуса* – определяет при заданной амплитуде состояние колебательной системы в любой момент времени, измеряется в радианах.**

Фаза колебаний определяет значения координаты, скорости, ускорения, изменяющихся тоже по гармоническому закону.

Графики зависимости смещения(координаты), скорости и ускорения от времени

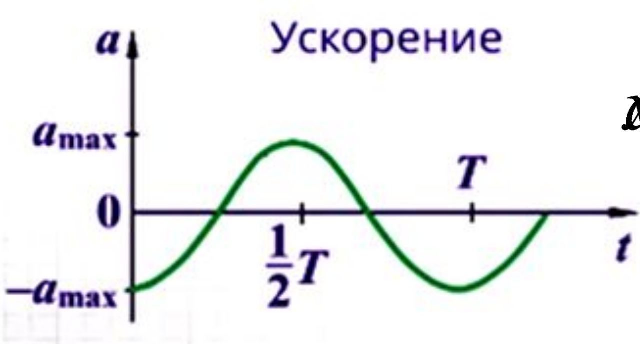


$$x = x_{\text{m}} \cos \omega_0 \cdot t$$

x_{m} – *амплитуда колебаний*

$$\upsilon = x' = \underbrace{-\omega_0 x_{\text{m}}} \sin \omega_0 \cdot t = -\upsilon_{\text{m}} \sin \omega_0 \cdot t$$

$\upsilon_m = \omega_0 x_m$ – *амплитуда колебаний скорости*

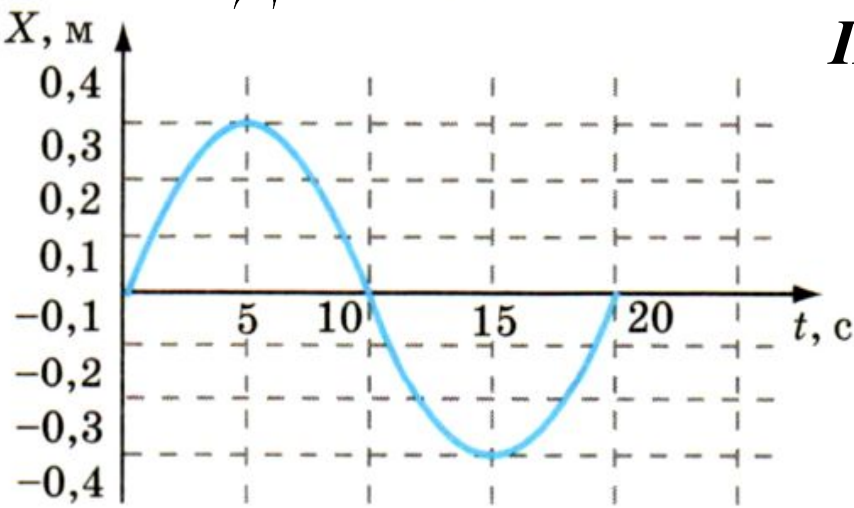


$$a = x'' = \underbrace{-\omega_0^2 x_{\text{m}}} \cos \omega_0 \cdot t = -a_{\text{m}} \cos \omega_0 \cdot t$$

$a_m = \omega_0^2 x_m$ – *амплитуда колебаний ускорения*

Задача 1. На рисунке представлен график зависимости координаты колеблющегося точки от времени. Определите амплитуду колебаний, период, частоту колебаний, циклическую частоту. Запишите уравнение для координаты колеблющейся точки. График зарисовать.

Дано:



Найти: $x_m = ?\ T = ?\ \nu = ?$

$\omega_0 = ?$ уравнение $x = x(t)$

Решение:

По графику: $x_m = 0{,}3\text{м}$

$T = 20\text{с}$

$\nu = \dfrac{1}{T}$ $\qquad \nu = 0{,}05$ Гц

$\omega_0 = 2\pi\nu$ $\qquad \omega_0 = 0{,}1\pi$ рад/с

$$x = x_{\max} \sin \omega_0 \cdot t$$

$$x = 0{,}3 \sin 0{,}1\pi \cdot t$$

Задача 2. Материальная точка совершает гармонические колебания согласно уравнению

$$x = 2\cos\left(\frac{\pi}{3}\cdot t + \frac{\pi}{4}\right)$$

в котором все величины заданы в единицах СИ. Найти амплитуду, начальную фазу φ_0 и период колебаний.

Дано:

$x = 2cos\left(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$

$x_m = ?$

$\varphi_0 = ?$

$T = ?$

Решение:

$$x = x_m \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$$

$$x = 2\cos\left(\frac{\pi}{3}\cdot t + \frac{\pi}{4}\right) \qquad x_{max} = 2м$$

если t = 0 $\Rightarrow$ $\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$

$$\omega_0 = \frac{\pi}{3}\, рад/с \qquad T = \frac{2\pi}{\omega_0} \qquad T = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{3}} = 6(c)$$

Решить задачу. **Запишите уравнение гармонического колебательного движения точки x(t), совершающей колебания с амплитудой x_m = 8 см, если за t = 1 мин совершается N = 120 колебаний и начальная фаза колебаний равна $\varphi_0 = 45°$.**

Дано:	Решение:
$x_m = 8см = 0{,}08м$	$x = x_m \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$
$t = 1мин = 60с$	
$N = 120$	
$\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$	
$x = x(t)$	