

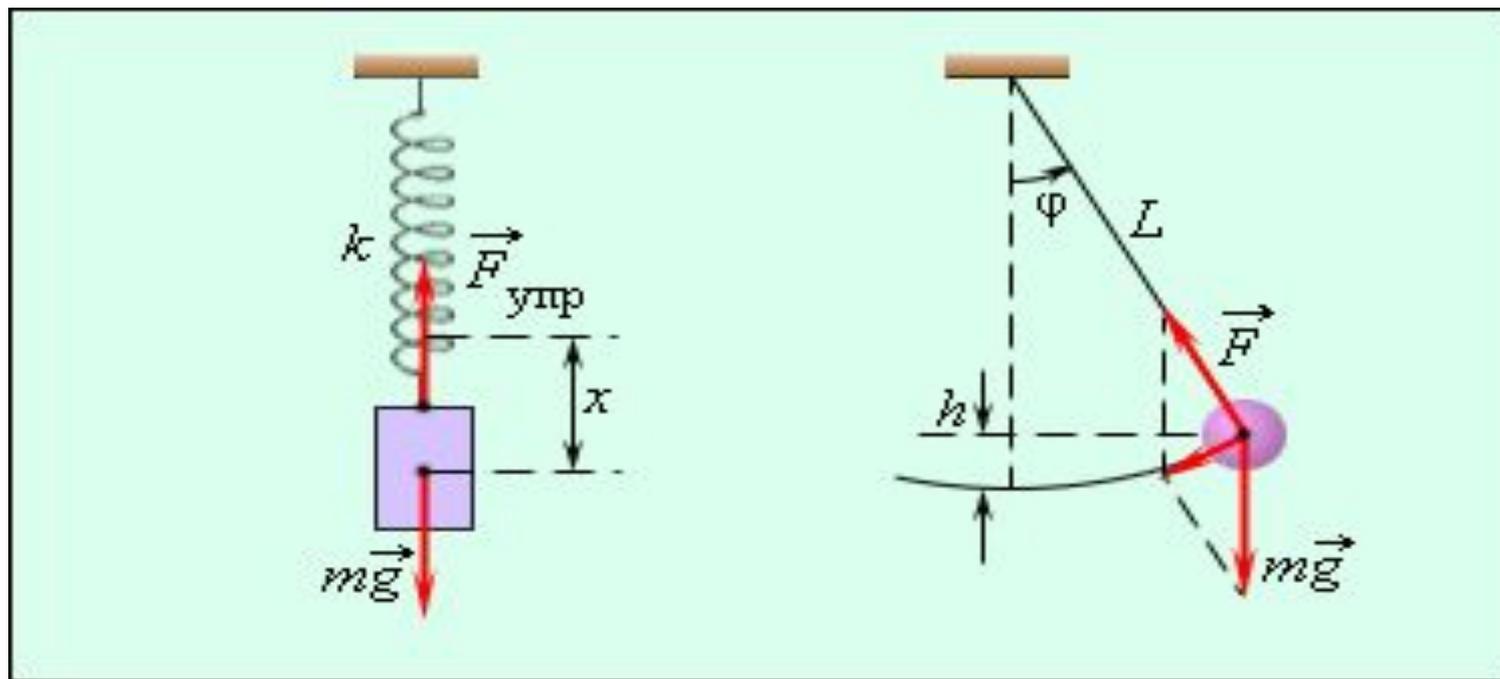
---

# Гармонические колебания

# Повторение пройденного

Какое движение называется колебательным?

Что является главным отличием колебательного движения от других видов движения?



# Повторение пройденного

---

- **Какие виды колебаний вы знаете?**
- **Какие колебания называются свободными ?**
- **Какие системы тел называются колебательными?**

# Давайте вспомним

Колебания –  
процесс, который  
частично или  
полностью  
повторяется через  
некоторый промежуток  
времени.

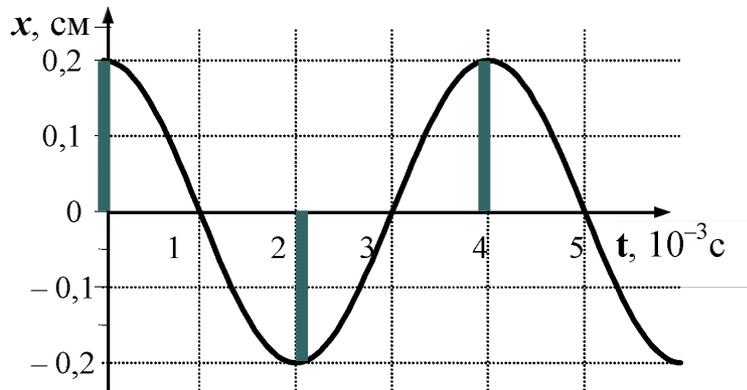
Например, ...



# Давайте вспомним

Амплитуда-

максимальное отклонение тела от положения равновесия.



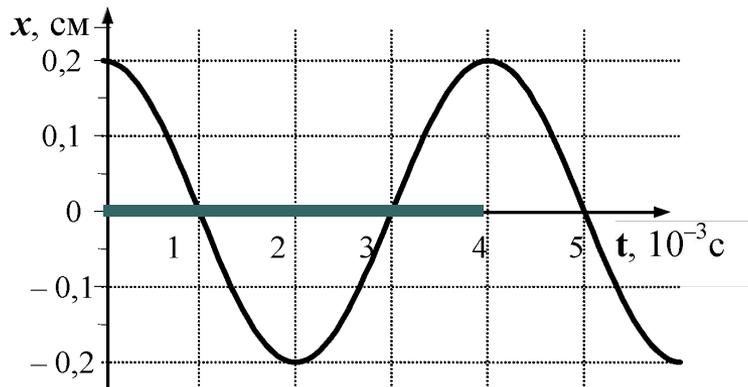
$$X_{\max} = 0,2 \text{ см}$$

# Давайте вспомним

---

Период-

время, за которое тело совершает одно полное колебание.



$$T = 4 \cdot 10^{-3} \text{ c}$$

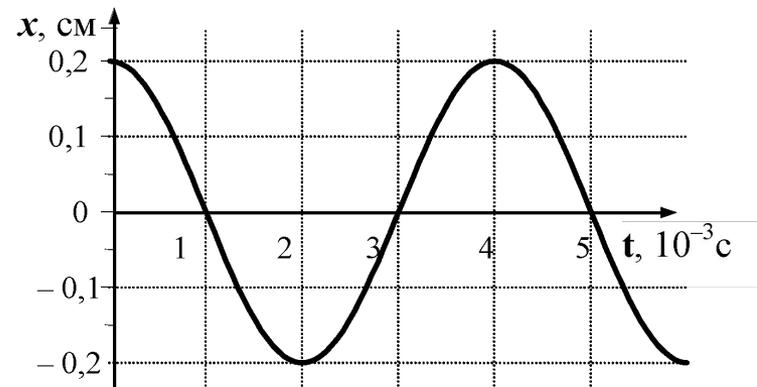
# Давайте вспомним

Частота-

число полных колебаний, совершенных за единицу времени.

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

$$\nu = \frac{1}{4 \cdot 10^{-3} \text{ с}} = 250 \text{ Гц}$$

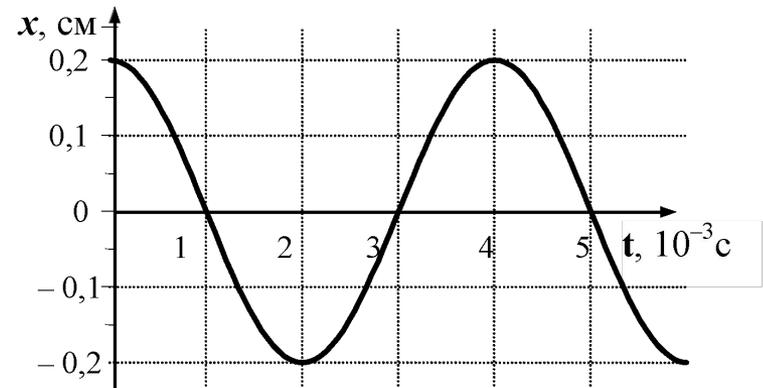


# Давайте вспомним

Циклическая частота -  
физическая величина, численно равная  
числу колебаний за  $2\pi$  секунд

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

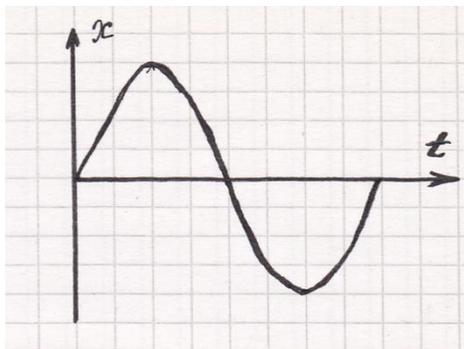
$$\omega = 2\pi 250 = 500\pi \text{ рад/с}$$



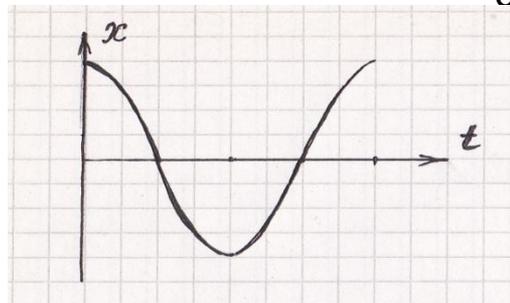
# Давайте вспомним

---

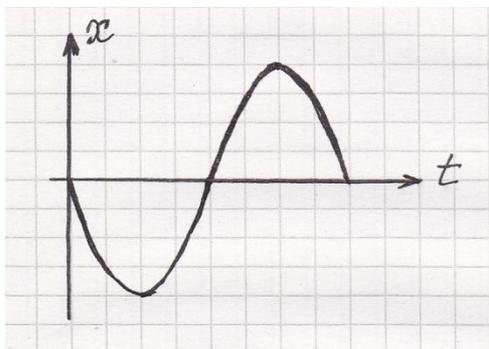
Начальная фаза  $\varphi_0 = 0$



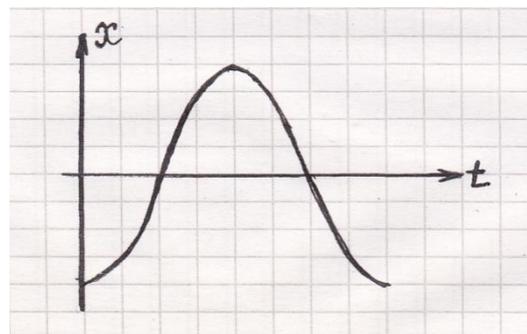
Начальная фаза  $\varphi_0 = \pi/2$



Начальная фаза  $\varphi_0 = \pi$



Начальная фаза  $\varphi_0 = 3\pi/2$



# ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

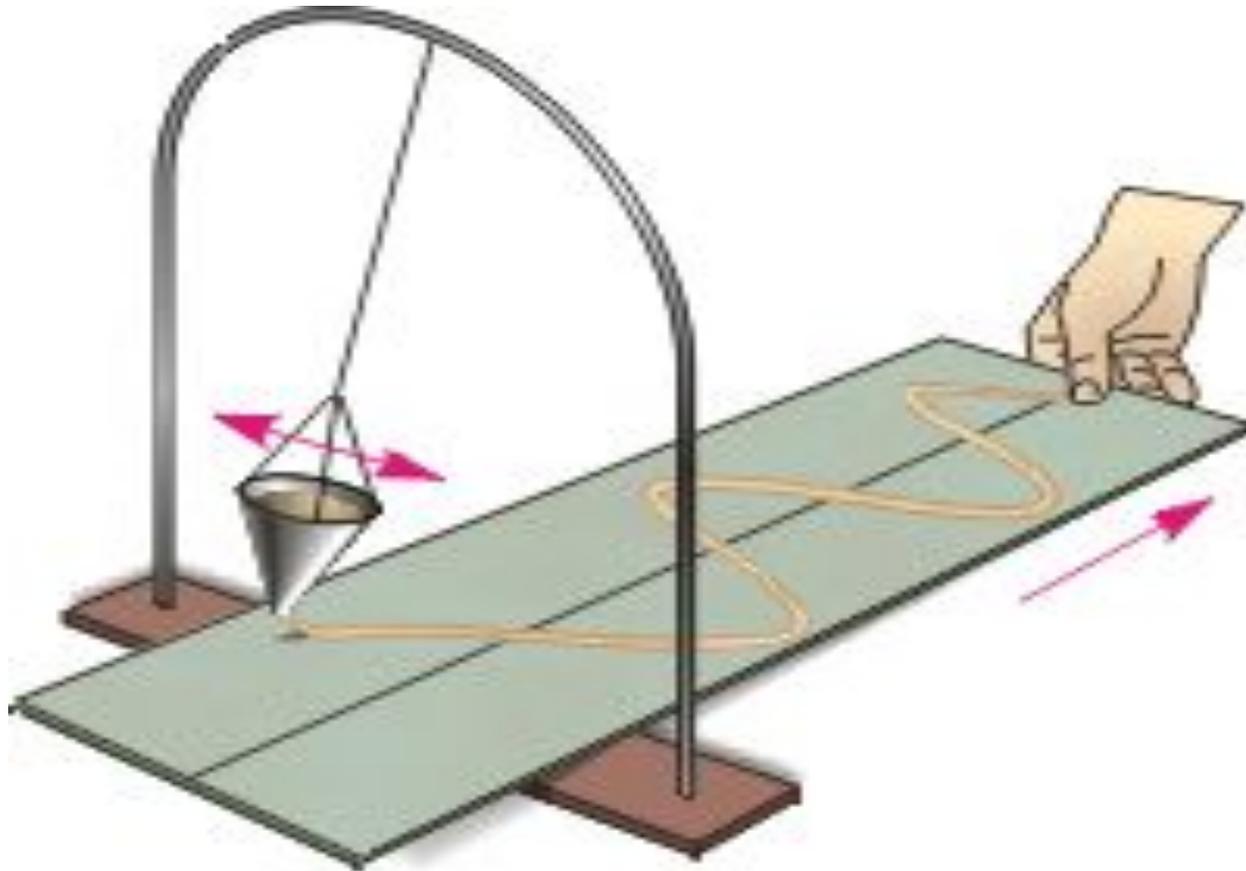
---

- Колебания называются **периодическими**, если значения физических величин, изменяющихся в процессе колебаний, повторяются через равные промежутки времени. Простейшим типом периодических колебаний являются, так называемые, **гармонические колебания**.
- Любая колебательная система, в которой возвращающая сила прямо пропорциональна смещению, взятому с противоположным знаком, совершает **гармонические колебания**.

$$F = -kx$$

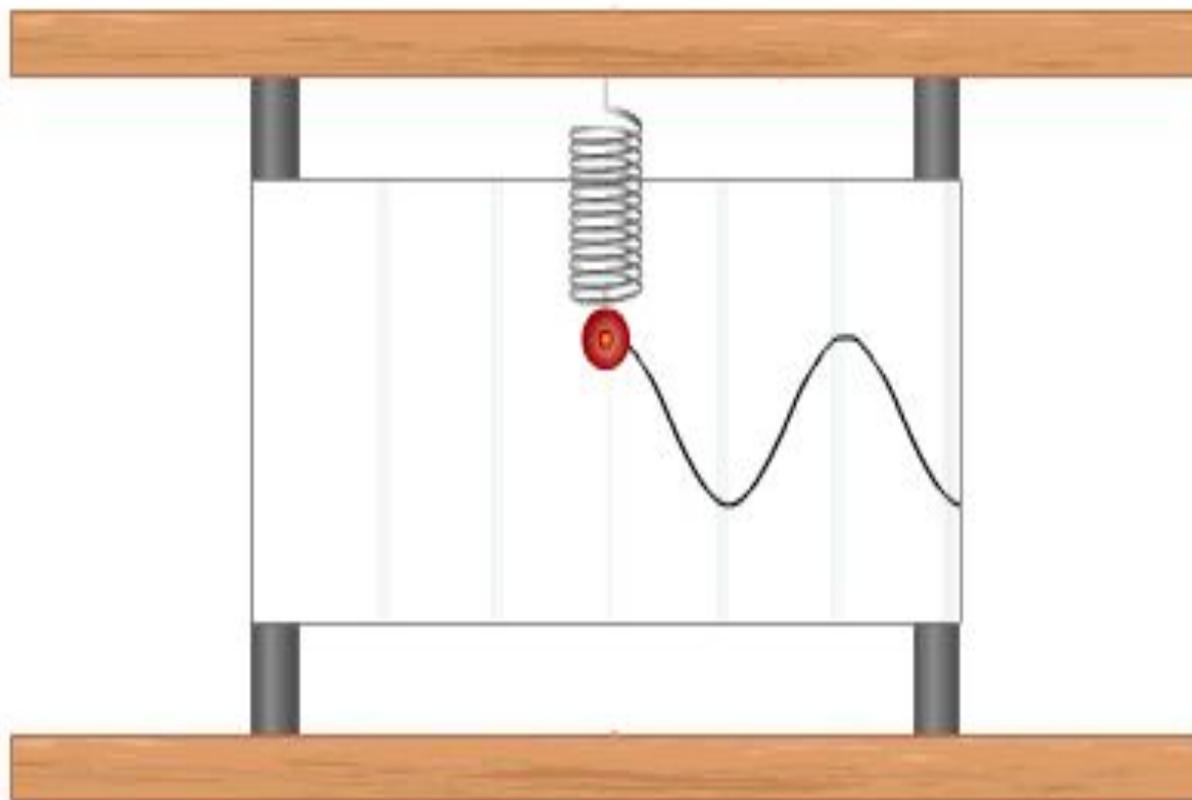
# ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

---



# ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

---



# ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

$$X = A \sin \left( \frac{2\pi}{T} \right) t$$

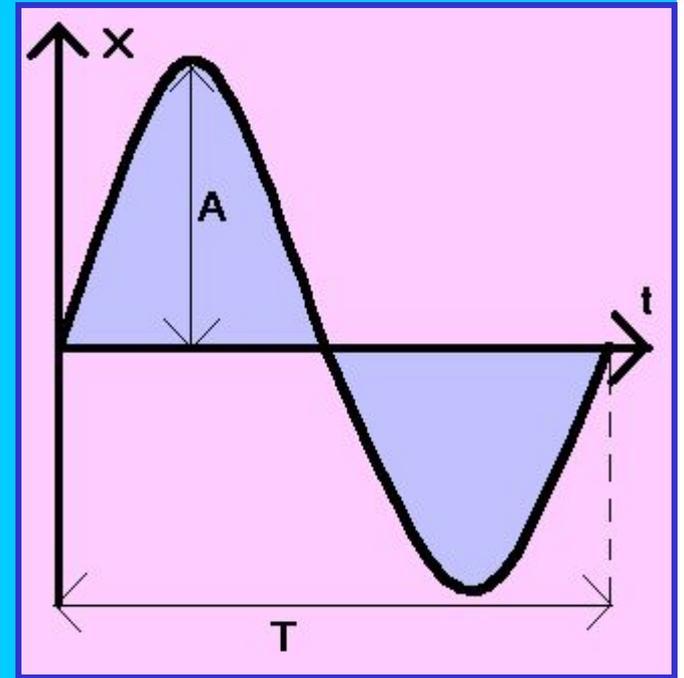
A-амплитуда колебания

(максимальное отклонение  
от положения равновесия)

T-период колебания

(время одного полного колебания)

t- текущее время



# Уравнение гармонических колебаний

---

*Гармонические колебания – это колебания, происходящие по закону синуса или косинуса*

$X_m$  – амплитуда колебаний

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

$\varphi_0$  – начальная фаза колебаний

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

$\omega$  – циклическая частота

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

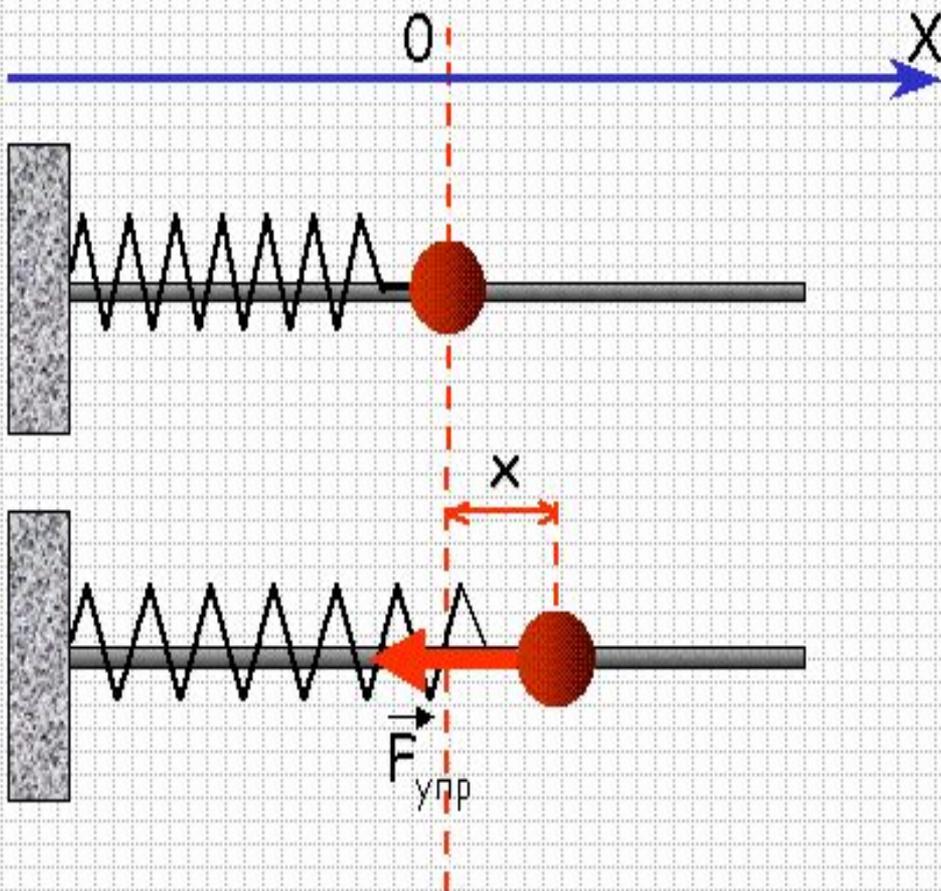
$\varphi = \omega t + \varphi_0$  – фаза колебаний в данный момент времени

# ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

---

График косинуса в начальный момент имеет максимальное значение, а график синуса имеет в начальный момент нулевое значение. Если колебание начинаем исследовать из положения равновесия, то колебание будет повторять синусоиду. Если колебание начинаем рассматривать из положения максимального отклонения, то колебание опишет косинус. Или такое колебание можно описать формулой синуса с начальной фазой .

# Период колебания пружинного маятника

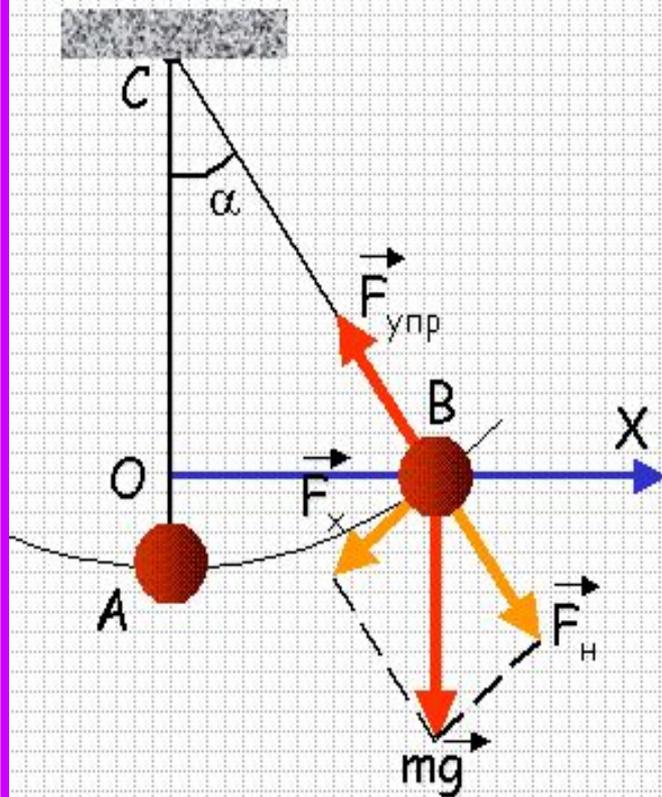


$$\left. \begin{aligned} F_x &= ma_x \\ F_x &= -kx \end{aligned} \right\} ma_x = -kx$$
$$a_x = -\frac{k}{m}x$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

# Период колебания пружинного маятника



$$F_x = mg \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{x}{l}$$

$$F_x = - \frac{mg}{l} x$$

$$ma_x = - \frac{mg}{l} x$$

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

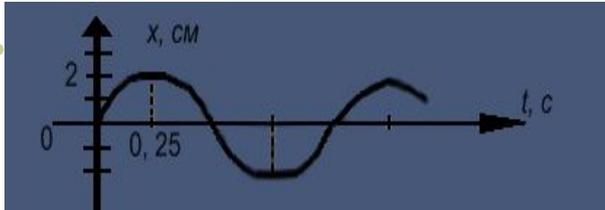
$$\sqrt{\frac{g}{l}} = \omega$$

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

## Вариант №1

№1 По графику гармонического колебания определите амплитуду  $A$ , частоту  $\nu$  и период  $T$  колебания.

- $A=4$
- $T=1$



№2 Какое из перечисленных ниже движений является механическим колебанием?

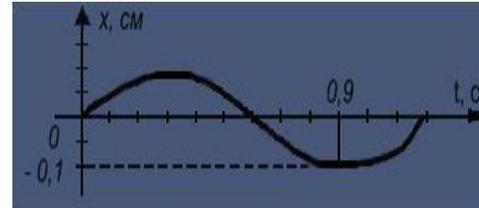
1. движение качелей
2. движение мяча, падающего на землю.

- а) только 1                      б) только 2  
в) 1 и 2                         г) ни 1, ни 2.

## Вариант №2

№1 По графику гармонического колебания определите амплитуду  $A$ , частоту  $\nu$  и период  $T$  колебания.

- $A=0.1$
- $T=1.2$



№2 Какое из перечисленных ниже движений является механическим колебанием?

1. движение звучащей струны гитары
2. движение спортсмена, совершающего прыжок в длину.

- а) ни 1, ни 2                      б) 1 и 2  
в) только 1                        г) только 2

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:  $k = 30 \text{ (Н/м)}$

Тело, прикреплённое к пружине совершает колебания с периодом  $T$ . Если увеличить массу на 60 грамм, то период удваивается. Найти первоначальную массу тела.

Дано:

$$M_2 = M_1 + 60 \\ T_2 = 2T_1$$

Найти:

$$M_1 = ?$$

Решение:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{M_1}{K}} \Rightarrow T_1^2 = 4\pi^2 \frac{M_1}{K}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{M_2}{K}} \Rightarrow T_2^2 = 4\pi^2 \frac{M_2}{K}$$

$$\frac{4\pi^2 \frac{M_1}{K}}{4\pi^2 \frac{M_2}{K}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{4}$$

$$\begin{cases} \frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{4} \\ M_2 = M_1 + 60 \end{cases} \Rightarrow \frac{\quad}{M_1 + 60} = \frac{1}{4}$$

$$M_1 = 20 \text{ г}$$

Ответ:  $M_1 = 20 \text{ г}$

Два маятника отклонены от положения равновесия и одновременно отпущены. Первый маятник, длина которого 4 метра, совершил 15 колебаний. Второй за тоже время совершил 10 колебаний. Какова длина второго маятника.

Дано:

$$\begin{aligned}L_1 &= 4 \\ N_1 &= 15 \\ N_2 &= 10 \\ t_1 &= t_2\end{aligned}$$

Найти:

$$L_2 = ?$$

Решение:

$$\frac{t}{N_1} = 2\pi \sqrt{\frac{L_1}{g}} \Rightarrow \frac{t^2}{N_1^2} = 4\pi^2 \frac{L_1}{g}$$

$$\frac{t}{N_2} = 2\pi \sqrt{\frac{L_2}{g}} \Rightarrow \frac{t^2}{N_2^2} = 4\pi^2 \frac{L_2}{g}$$

$$t_1 = \frac{4\pi^2 L_1 N_1}{g} \qquad t_2 = \frac{4\pi^2 L_2 N_2}{g}$$

$$t_1 = t_2$$

$$\frac{4\pi^2 L_1 N_1}{g} = \frac{4\pi^2 L_2 N_2}{g}$$

$$L_1 N_1 = L_2 N_2$$

$$L_2 = \frac{L_1 N_1}{N_2}$$

$$L_2 = \frac{4 \cdot 15}{10} = 6 \text{ (м)}$$

Ответ:  $L_2 = 6 \text{ м}$