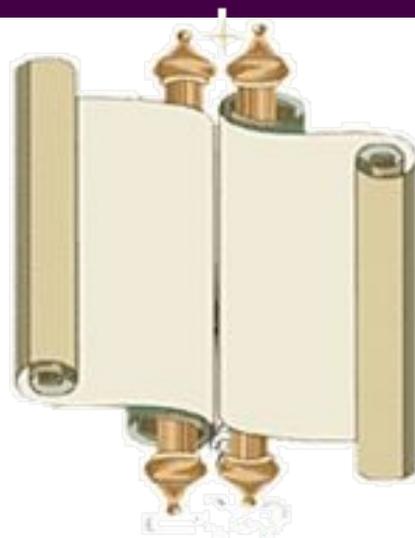


Механические колебания



Механическими колебаниями

называются
движения, которые
точно или
приблизительно
повторяются через
одинаковые
промежутки
времени



Условия возникновения механических колебаний

- Вывести тело из положения устойчивого равновесия
- Должна возникнуть сила, стремящаяся вернуть тело к положению равновесия
- Сила трения должна быть мала
- Ф-11-А Колебания шарика под действием силы упругости

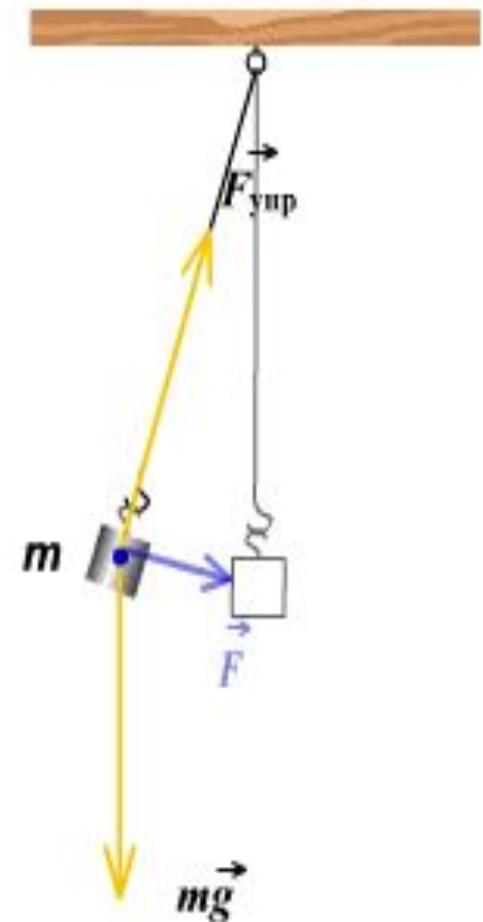
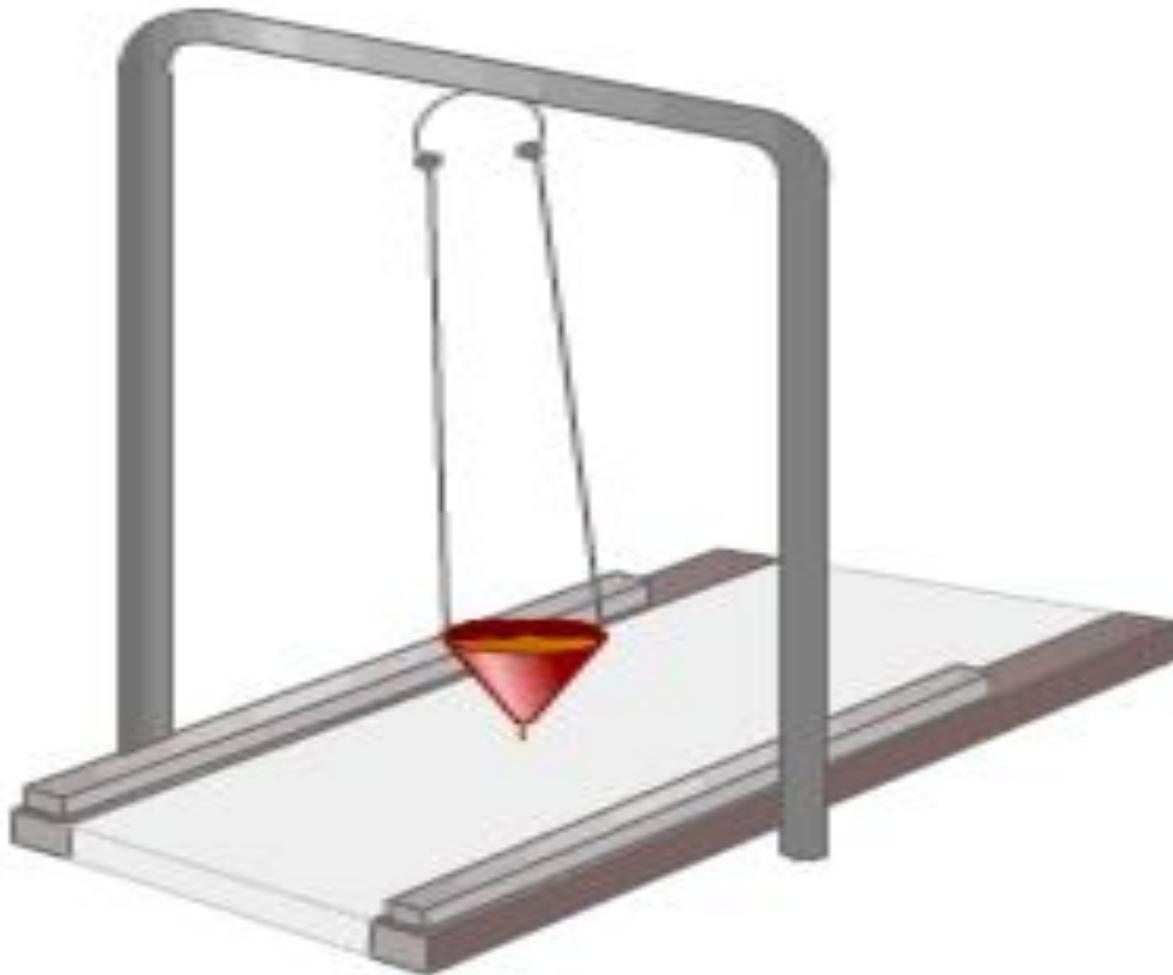


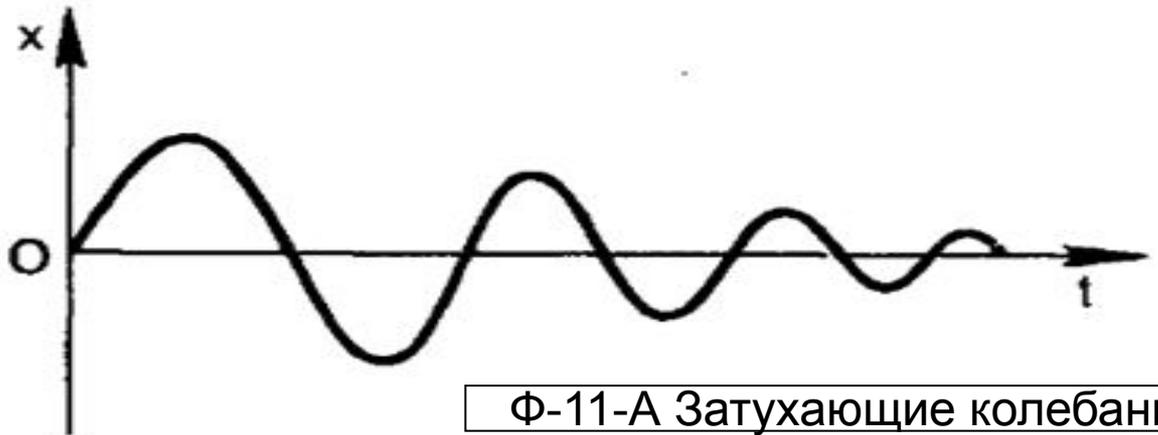
График механических колебаний



Виды колебаний

- 1) Свободные колебания - возникают под действием внутренних сил, после того как система выведена из положения устойчивого равновесия (математический маятник, ветка дерева)

Рис. 162

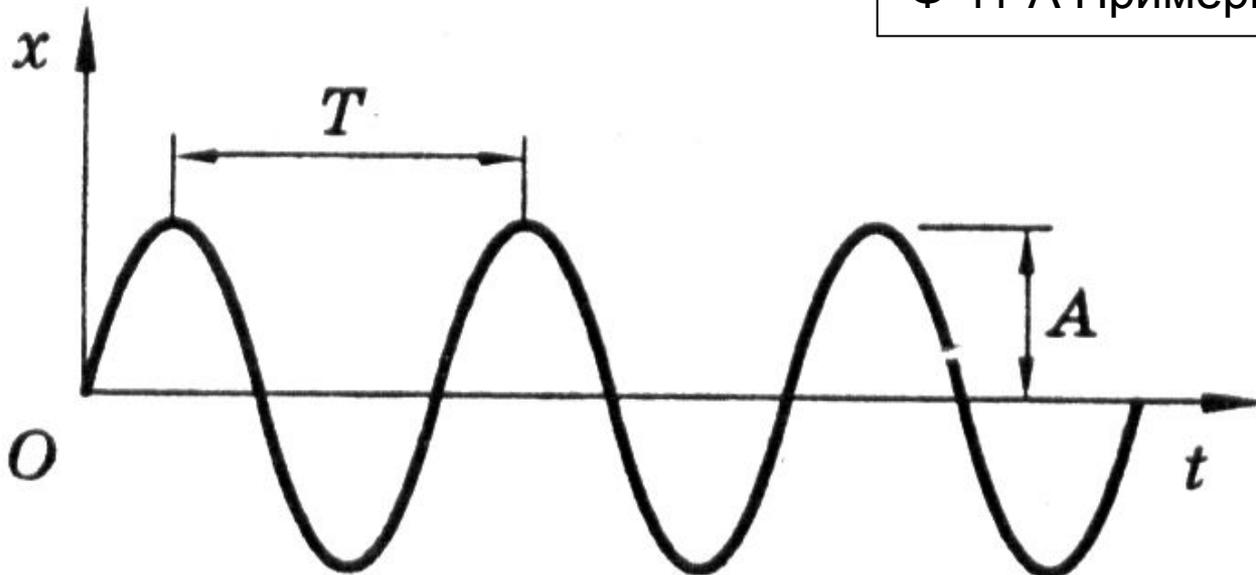


Затухающие колебания:

Виды колебаний

- 2) Вынужденные колебания – происходят под действием внешней периодической силы (поршень ДВС, игла швейной машинки)

Ф-11-А Примеры незатухающих колебаний



Незатухающие
колебания

Величины, характеризующие механические колебания.

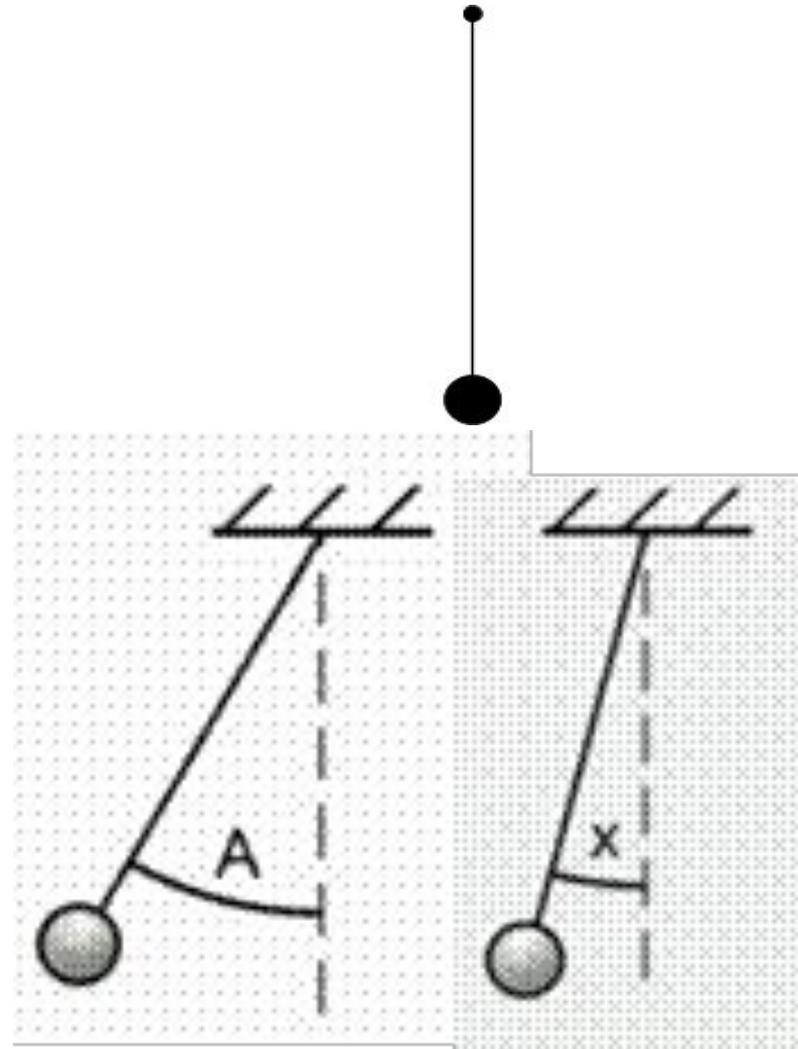
- Ф-11-В Механические колебания. Характеристики механического колебания



Величины, характеризующие механические колебания.

1). Смещение – это отклонение колеблющейся точки от положения равновесия в данный момент времени

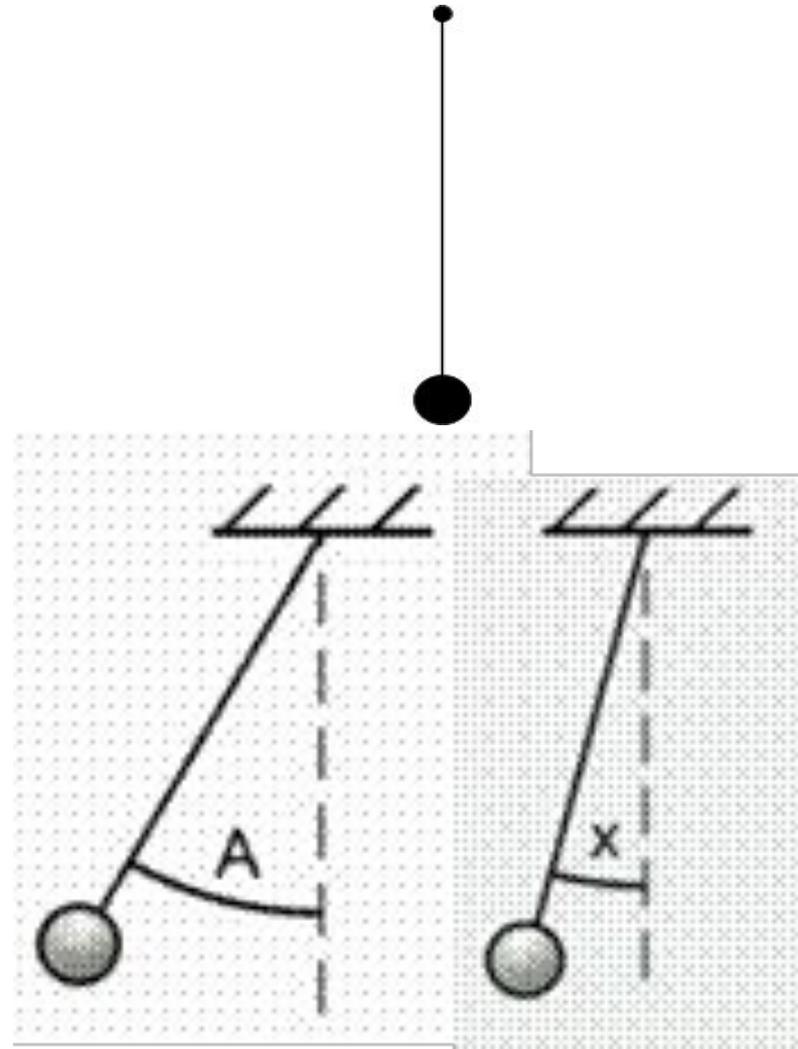
X – смещение – [м]



Величины, характеризующие механические колебания.

2). Амплитуда – это наибольшее смещение точки от положения равновесия (при незатухающих колебаниях амплитуда постоянна)

X_m – амплитуда – [м]



Величины, характеризующие механические колебания.

3). Период – это время одного полного колебания

T – период – [с]

n – количество колебаний - []

t – все время движения - [с]

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

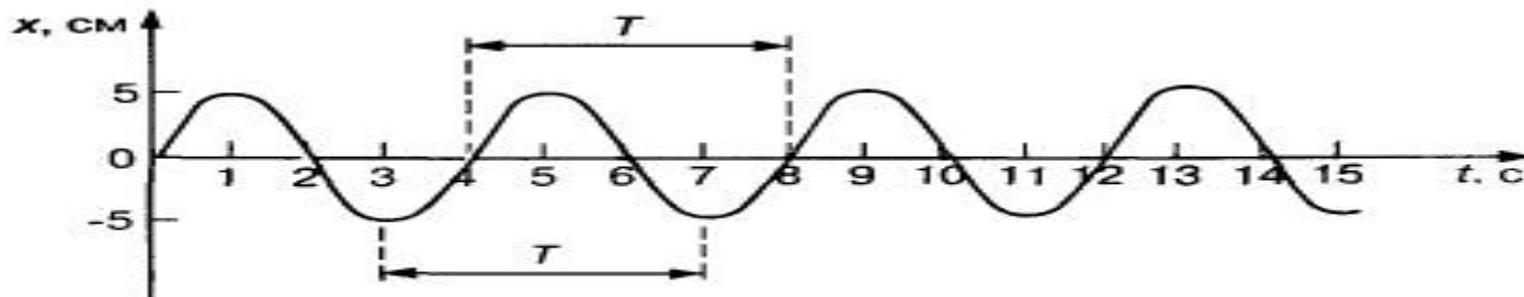


Рис. 34

Величины, характеризующие механические колебания.

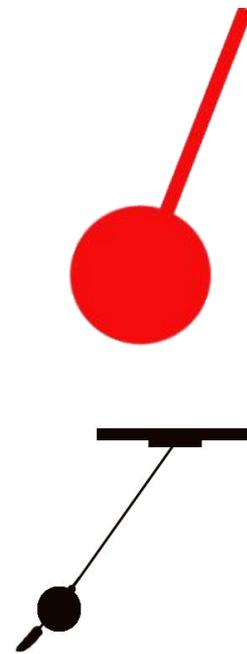
4). Частота – это число полных колебаний за единицу времени

ν (ню) – частота – [Гц] (Герц)

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

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

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



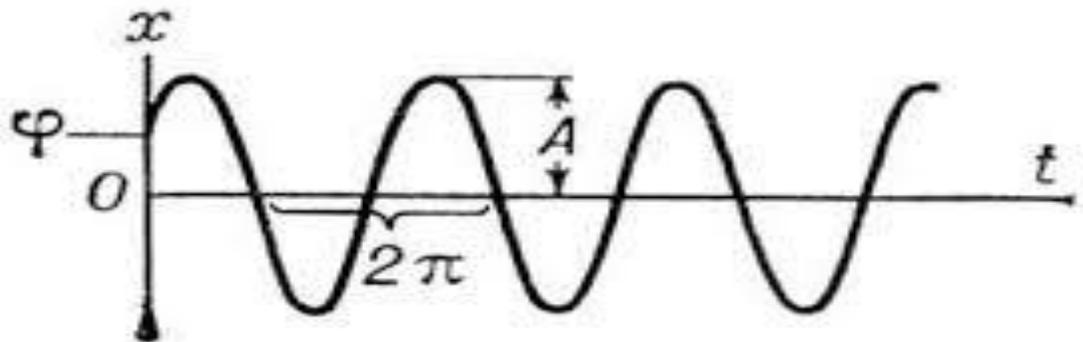
Величины, характеризующие механические колебания.

5). Циклическая частота – это число полных колебаний, которые совершаются за 2π секунд

ω – циклическая частота – $[c^{-1}]$

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

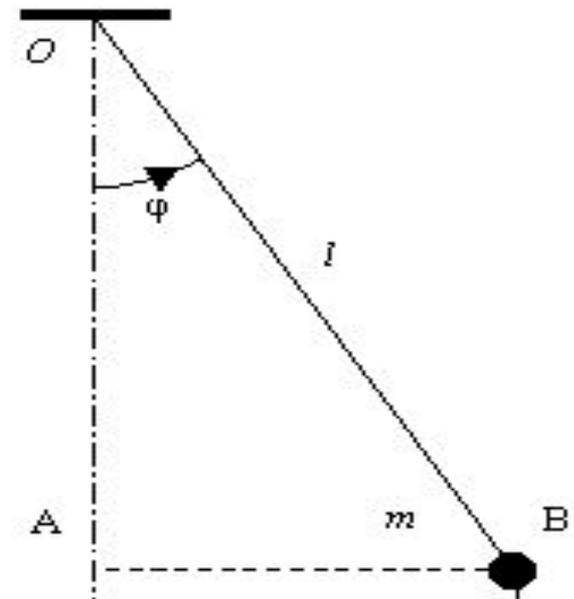
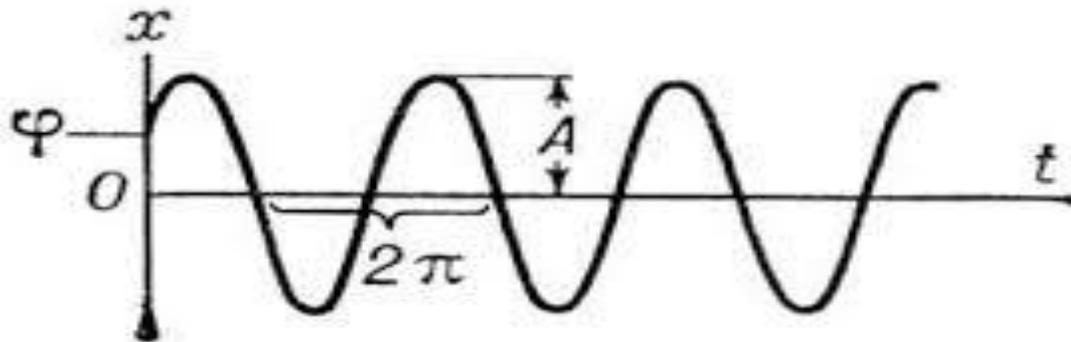
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$



Величины, характеризующие механические колебания.

6). Фаза колебаний – это физическая величина, определяющая отклонение колеблющейся точки от положения равновесия в данный момент времени

φ – фаза колебаний – [рад]



Гармонические колебания

это колебания, при которых изменения физических величин происходят по закону синуса или косинуса

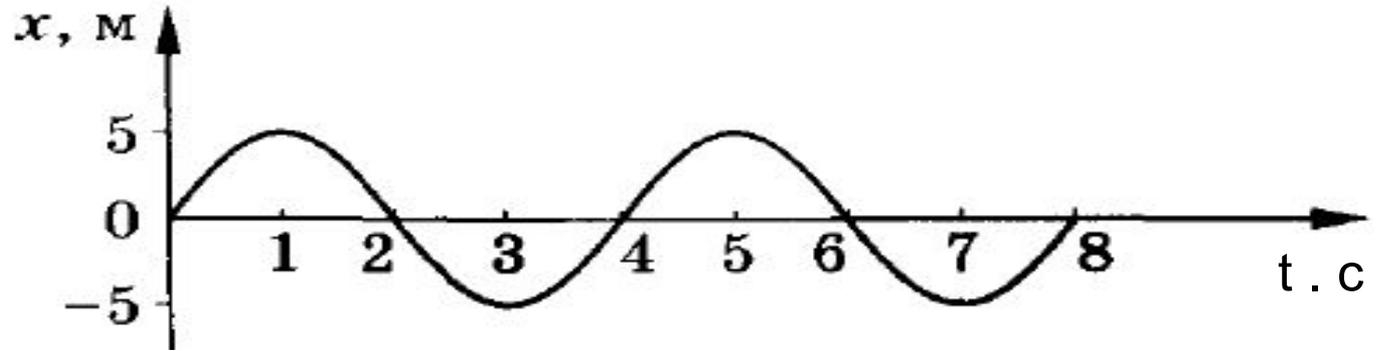


$$X = X_m \cdot \text{COS} (\omega t + \varphi_0)$$

$$X = X_m \cdot \text{sin} (\omega t + \varphi_0)$$



Задача № 1

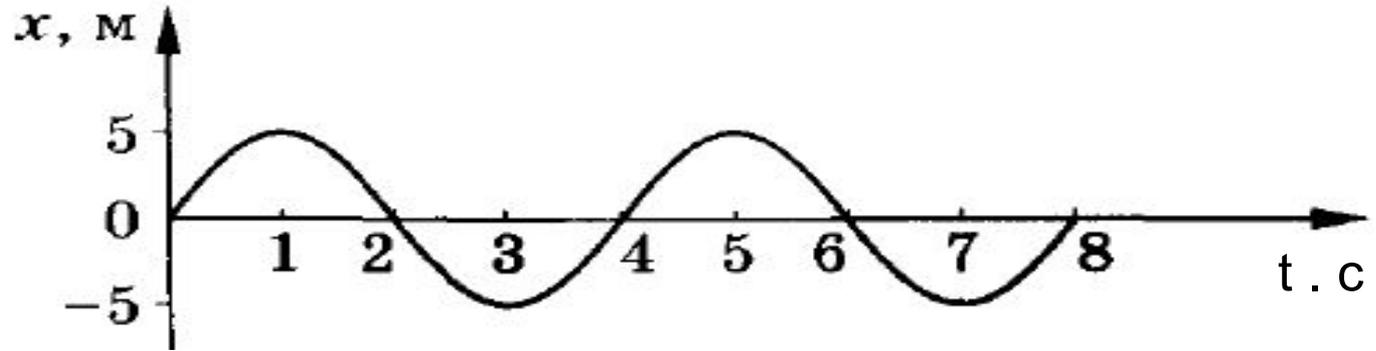


■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , γ , ω , φ

■ Решение:

Задача № 1

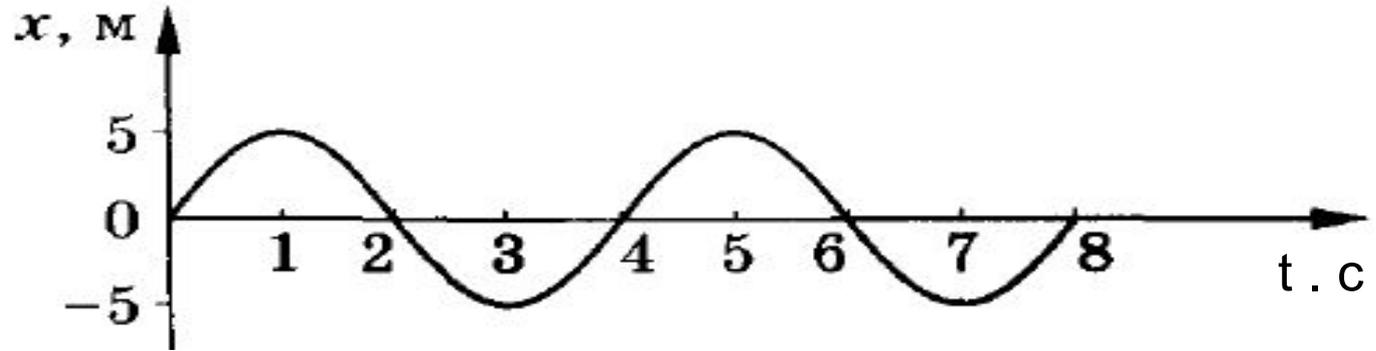


■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , γ , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4$ с,

Задача № 1

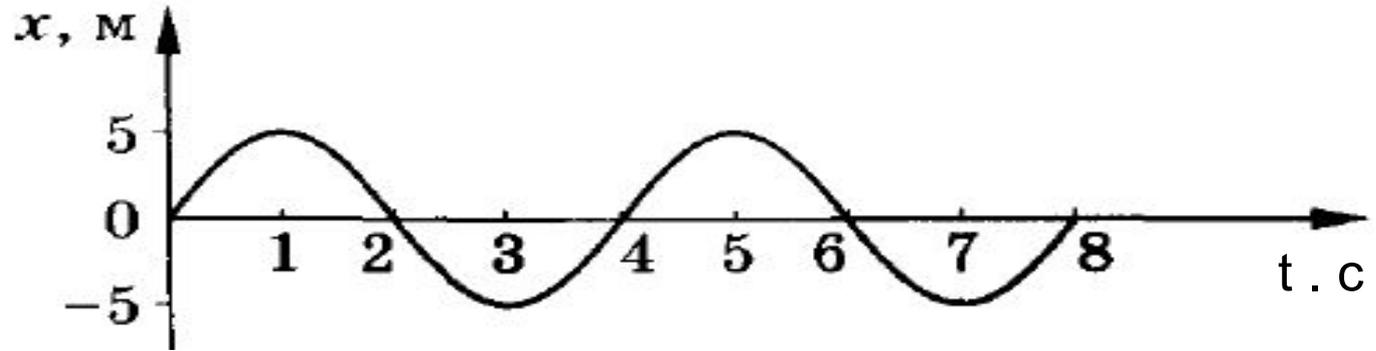


■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , γ , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4\text{с}$, $X_m = 5\text{м}$,

Задача № 1

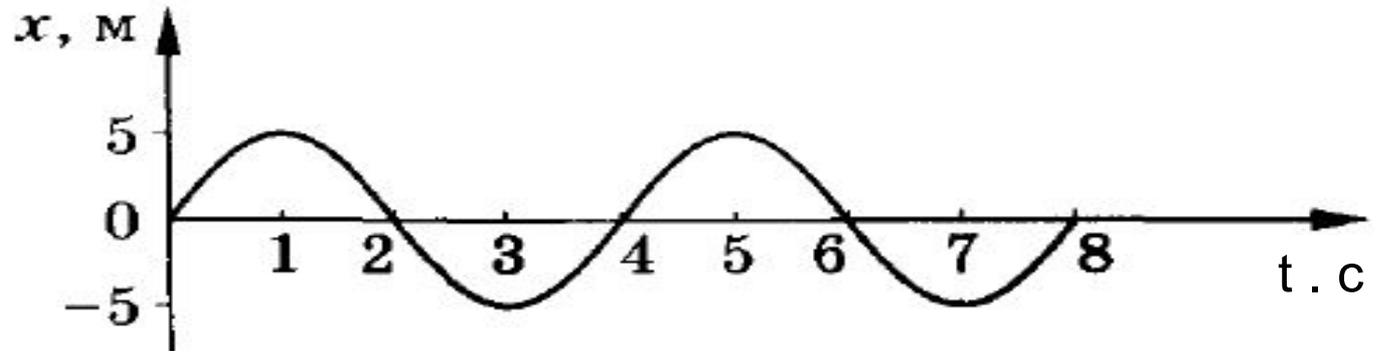


■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , γ , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4$ с, $X_m = 5$ м, $\varphi_0=0$ рад

Задача № 1



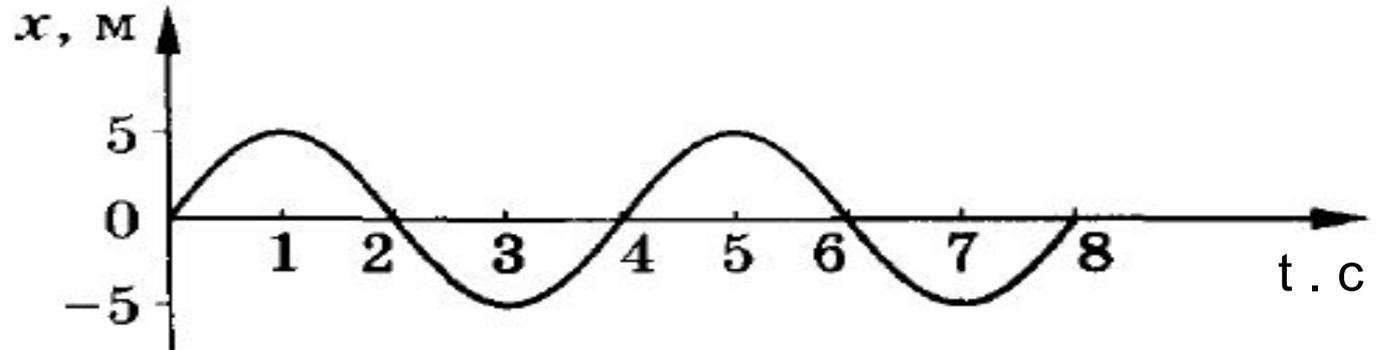
■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4$ с, $X_m = 5$ м, $\varphi_0=0$ рад

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T}$

Задача № 1



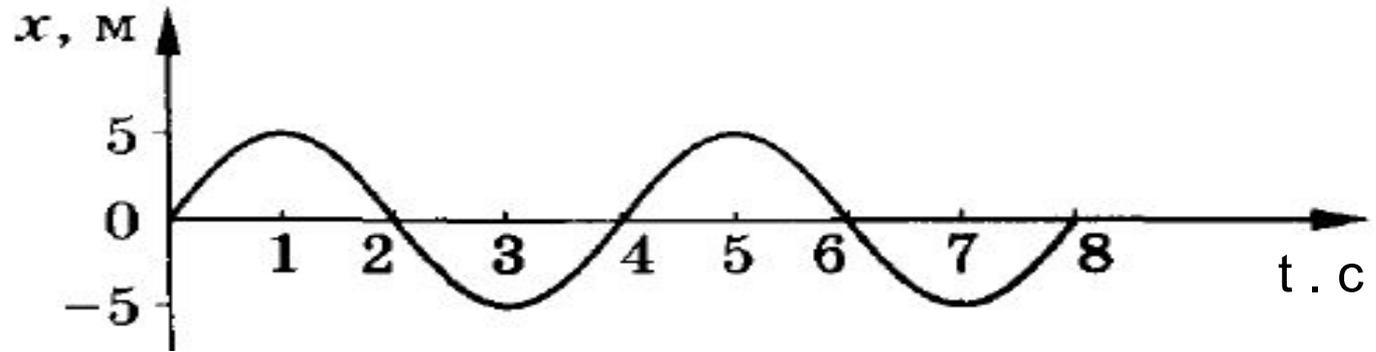
■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4\text{с}$, $X_m = 5\text{м}$, $\varphi_0=0\text{рад}$

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Гц}$

Задача № 1



■ Дано:

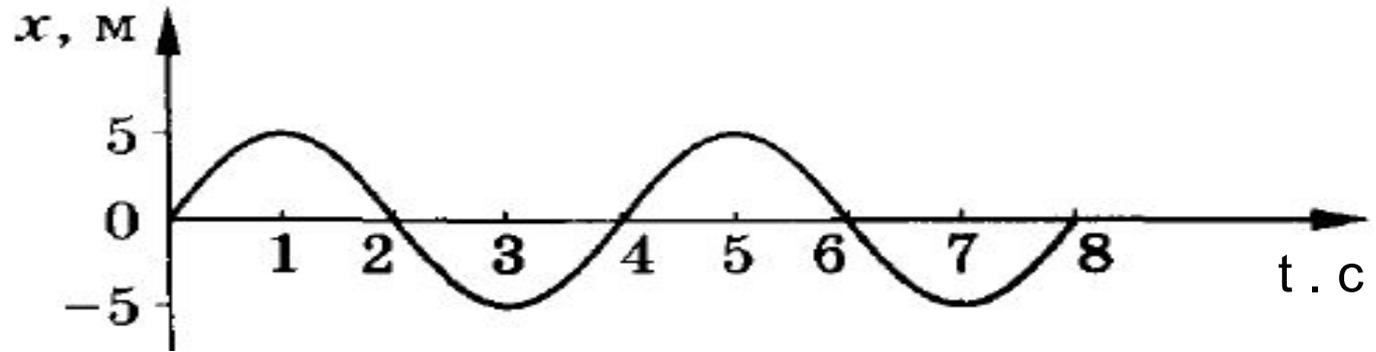
■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4\text{с}$, $X_m = 5\text{м}$, $\varphi_0=0\text{рад}$

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Гц}$

$\omega = 2\pi\nu$

Задача № 1



■ Дано:

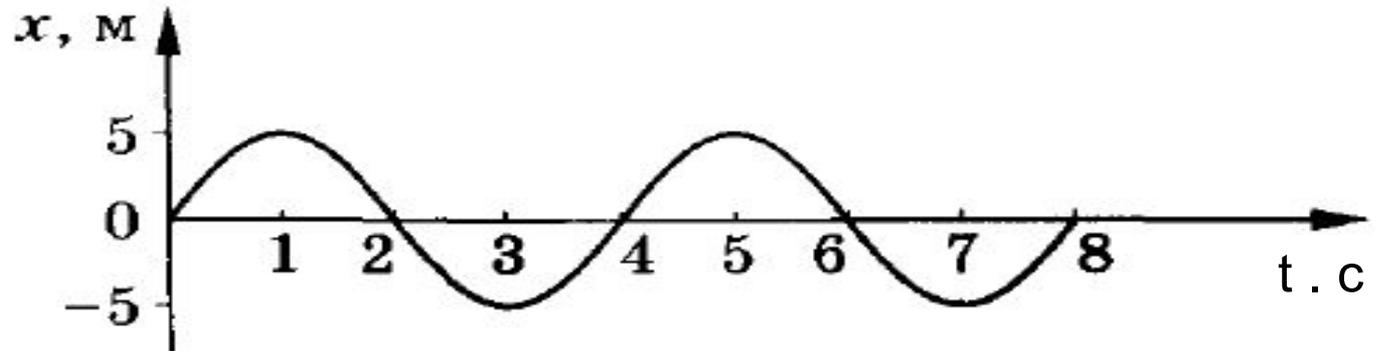
■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4$ с, $X_m = 5$ м, $\varphi_0=0$ рад

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25$ Гц

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25$

Задача № 1



■ Дано:

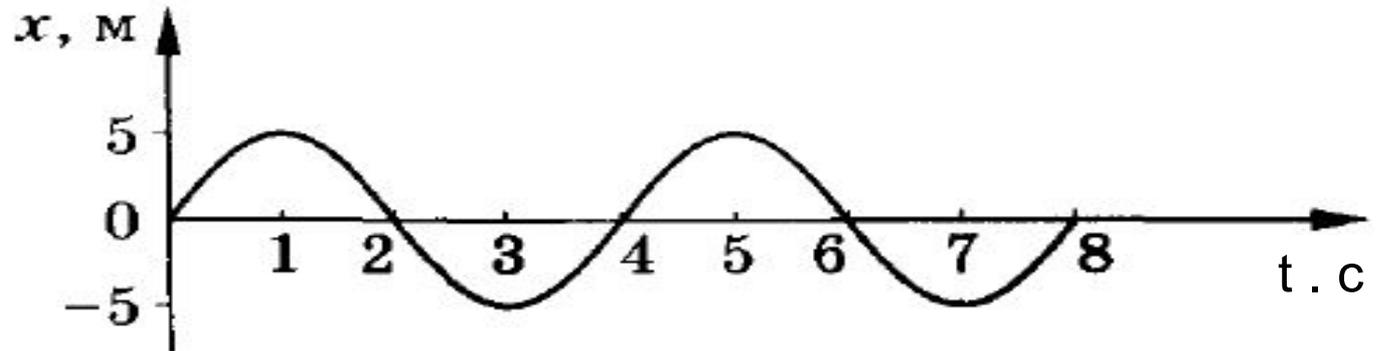
■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4$ с, $X_m = 5$ м, $\varphi_0=0$ рад

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25$ Гц

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 = 0,5\pi$

Задача № 1



■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

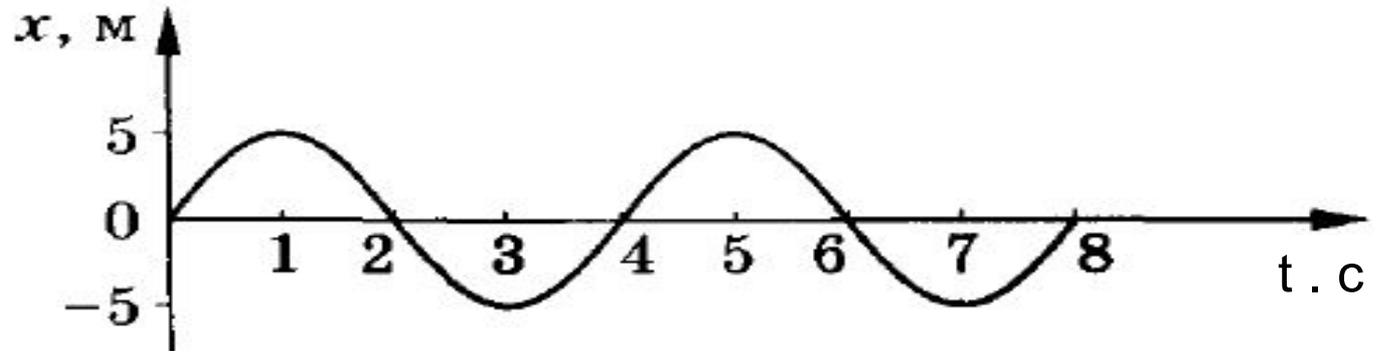
■ Решение: По графику: $T=4$ с, $X_m = 5$ м, $\varphi_0=0$ рад

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25$ Гц

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 = 0,5\pi$

$X = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) =$

Задача № 1



■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

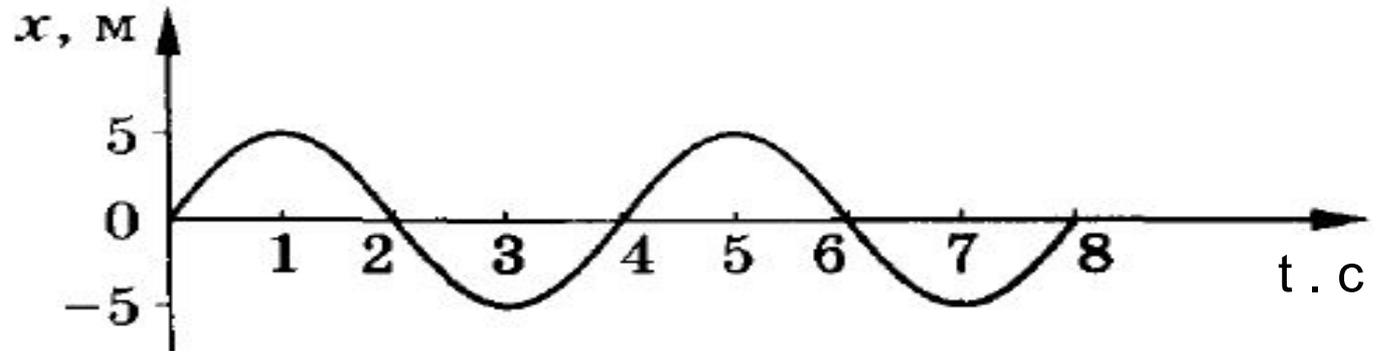
■ Решение: По графику: $T=4$ с, $X_m = 5$ м, $\varphi_0=0$ рад

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25$ Гц

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 = 0,5\pi$

$X = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = 5$

Задача № 1



■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

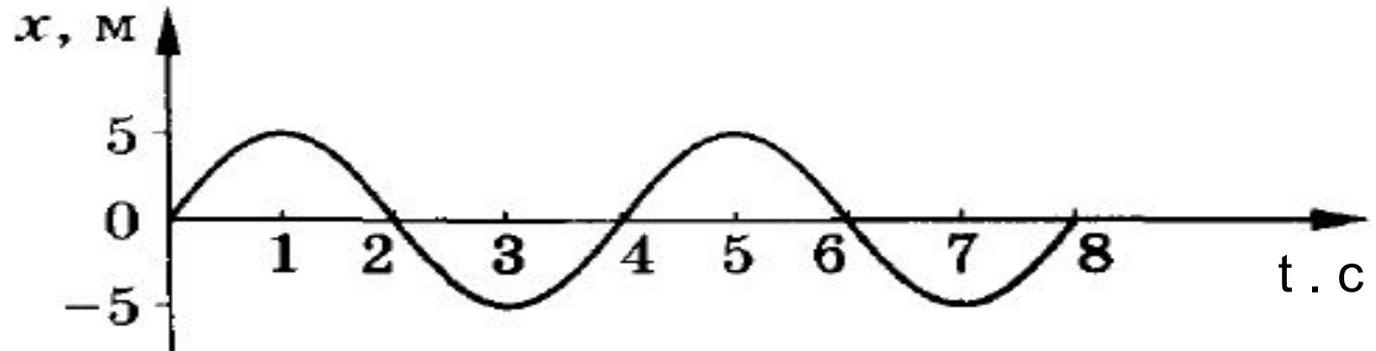
■ Решение: По графику: $T=4\text{с}$, $X_m = 5\text{м}$, $\varphi_0=0\text{рад}$

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Гц}$

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 = 0,5\pi$

$X = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = 5 \cdot \sin(\dots)$

Задача № 1



■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

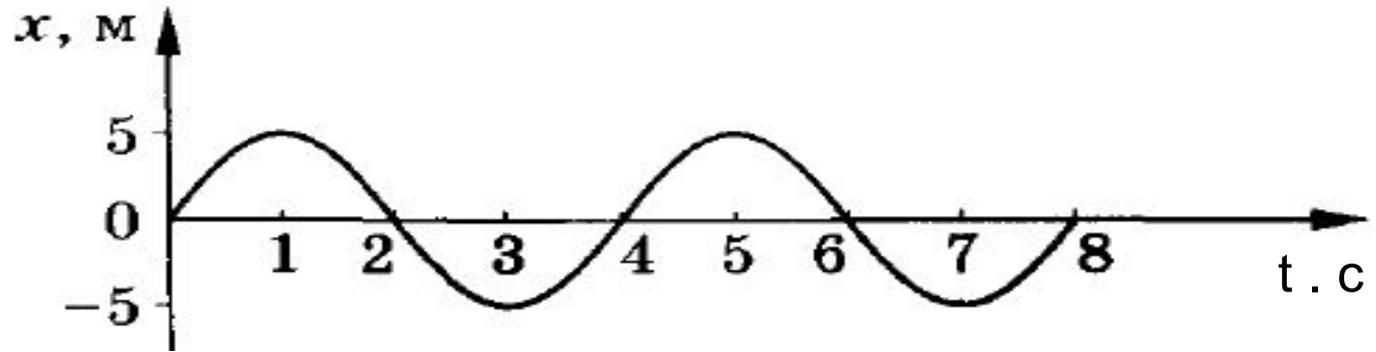
■ Решение: По графику: $T=4\text{с}$, $X_m = 5\text{м}$, $\varphi_0=0\text{рад}$

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Гц}$

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 = 0,5\pi$

$X = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = 5 \cdot \sin(0,5\pi t)$

Задача № 1



■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

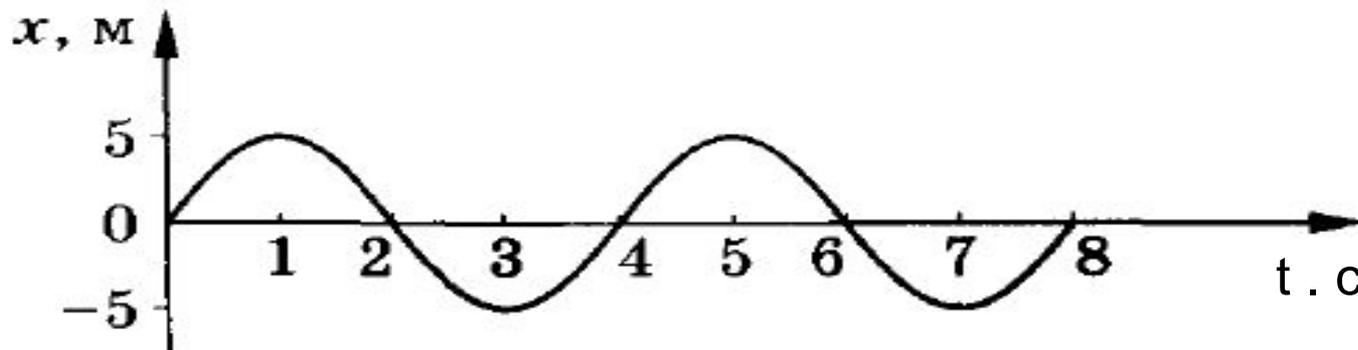
■ Решение: По графику: $T=4$ с, $X_m = 5$ м, $\varphi_0=0$ рад

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25$ Гц

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 = 0,5\pi$

$X = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = 5 \cdot \sin(0,5\pi t)$

Задача № 1



■ Дано:

■ Найти: X , X_m , T , ν , ω , φ

■ Решение: По графику: $T=4\text{с}$, $X_m = 5\text{м}$, $\varphi_0=0\text{рад}$

С помощью формул: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ Гц}$

$\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot \pi \cdot 0,25 = 0,5\pi$

$X = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = 5 \cdot \sin(0,5\pi t)$

Ответ: $T=4\text{с}$, $X_m = 5\text{м}$, $\varphi_0=0\text{рад}$, $\omega=0,5\pi \text{ с}^{-1}$ $\nu = 0,25\text{Гц}$

$X = 5 \cdot \sin(0,5\pi t)$

Колебательные системы

- 1) Математический маятник –
материальная точка, подвешенная
на невесомой нерастяжимой нити

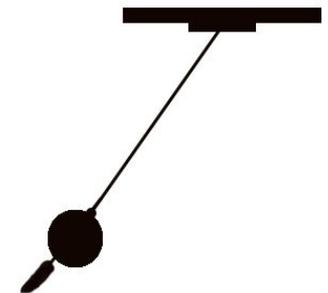
ℓ – длина маятника – [м]

g – ускорение свободного падения

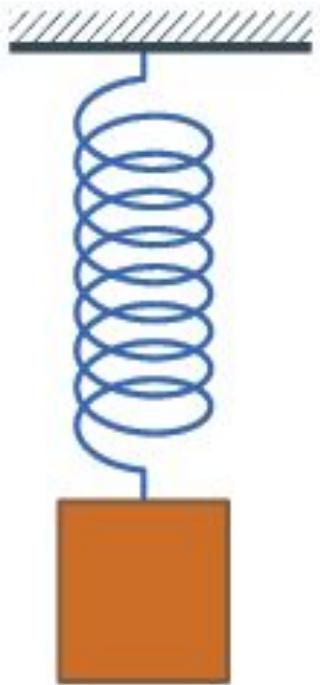
$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

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

$$\nu = \nu_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}}$$



Колебательные системы



2) Пружинный маятник – это груз, подвешенный на пружине

k – жесткость пружины – [Н/м]

m – масса груза – [кг]

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

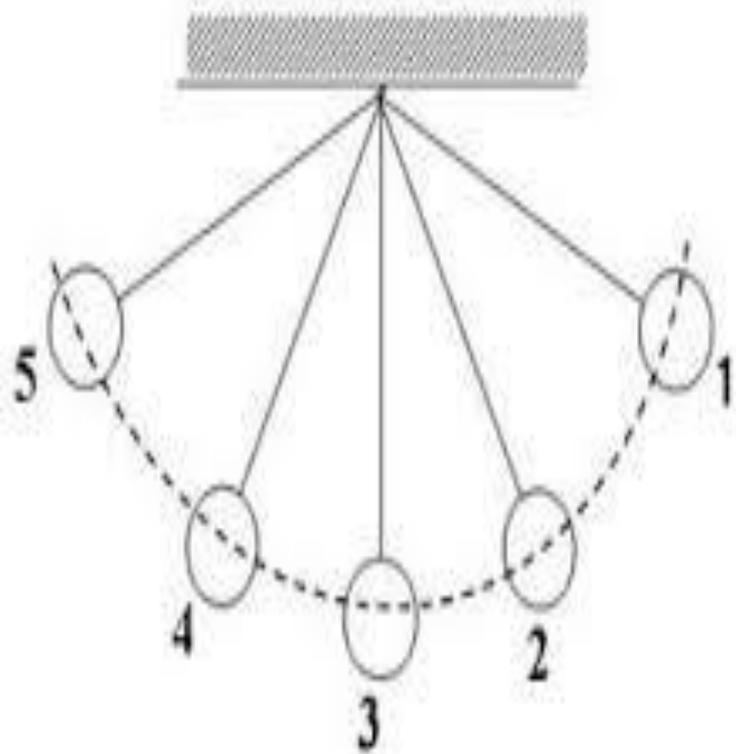
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



Колебательные системы

3) Баллистический маятник (Ф-10-В)

Превращение энергии при механических колебаниях



	E_p	E_k
1	max	0
2		
3	0	max
4		
5	max	0

Резонанс



Резонанс



Резонанс

Резонанс – это явление возрастания амплитуды колебаний при приближении частоты вынуждающей силы к собственной частоте колебательной системы.

Примеры: качели

Ф-11-В Явление механического резонанса



Резонанс

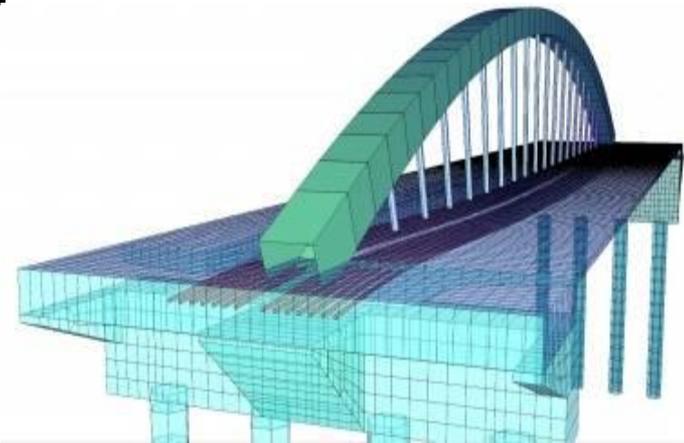
С энергетической точки зрения создаются наилучшие условия для передачи энергии от внешнего источника к колебательной системе.



Применение резонанса:



- ✚ Для измерения частоты вибраций (частотомеры)
- ✚ В акустике
- ✚ При расчетах балок, мостов, станков, перекрытий.



Опыт Фуко



Жан Бернард
Леон Фуко
(1819–1868)

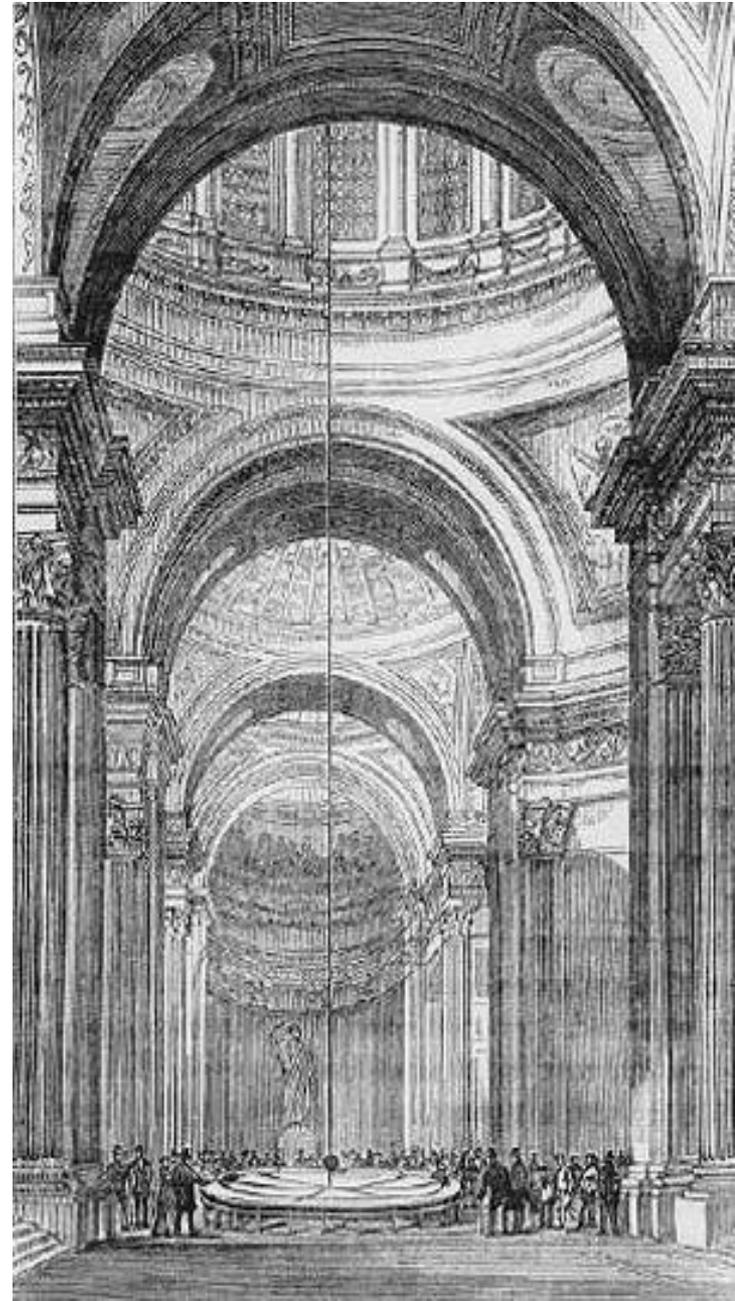
■ Тот факт, что Земля вращается вокруг своей оси, сегодня известен каждому школьнику. Однако не всегда люди были убеждены в этом: обнаружить вращение Земли, находясь на ее поверхности, достаточно трудно.

■ В середине XIX века Жан Бернард Леон Фуко смог провести опыт, который демонстрирует вращение Земли достаточно наглядно. Опыт этот был проведен неоднократно, а публично сам экспериментатор представил его в 1851 году в здании Пантеона в Париже.

Опыт Фуко

- Здание Парижского Пантеона в центре венчает громадный купол, к которому была прикреплена стальная проволока длиной 67 м. К этой проволоке подвесили массивный металлический шар. Масса шара составляла от 25 до 28 кг. Проволока крепилась к куполу таким образом, чтобы получившийся маятник мог качаться в любой плоскости.

- Маятник совершал колебания над круглым постаментом диаметром 6 м, по краю которого был насыпан валик из песка. При каждом качании маятника острый стержень, укрепленный на шаре снизу, оставлял на валике отметку, сметая с ограждения песок.



Опыт Фуко



- В России маятник Фуко длиной 98 м был установлен в Исаакиевском соборе в Санкт-Петербурге.
- Обычно показывался такой эксперимент – устанавливался на полу спичечный коробок чуть поодаль от плоскости вращения маятника. Пока гид рассказывал о маятнике, плоскость его вращения поворачивалась и стержень, укрепленный на шаре, сбивал коробок.

Опыт Фуко



- Модель маятника Фуко, расположенного в южном полушарии Земли.
- Изображенная на анимации траектория движения соответствует случаю, когда маятник приводится в движение коротким толчком из положения равновесия
- Ф-10-А Опыт Фуко