ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГПС МЧС РОССИИ

Кафедра физики, математики и информационных технологий

Раздел 5. «Физика колебаний и волн»

Тема 5.1.1 Лекция

« **Кинематика Гармонических**

КОЛЕБАНИЯ в ПОЖАРНОМ ДЕЛЕ:

1 Гидроударные явления в пожарной струе, элементах НРС и трубах ППВ

2 Движение элементов двигателей (электро и внутр. сгорания) Пожарных Автомобилей

3 Колебания земной коры при землетрясениях

4 Цунами и морские волны, молнии, грозы, смерчи, торнадо….

5 Оглушительный рев двигателей и турбин

6 Колебательные процессы в пож-насосах , мотопомпах, электродвигателях

7 Инфракрасное излучение от горящих объектов и при процессы при лучистом теплообмене

8 Использование теории э/м колебаний (спектраль-ный анализ) в пожарной криминалистике.

Учебные вопросы:

1. Гармонические колебания и их характеристики.
2. Примеры гармонических колебаний.
3. Сложение гармонических колебаний.

1. Гармонические колебания и их характеристики

Колебаниями называют движения или процессы, обладающие ***повторяемостью*** во времени.
Колебания называют ***свободными*** (или *собственными)*, если они совершаются за счет первоначально сообщенной энергии при отсутствии последующих внешних воздействий.

Колебания, возникающие за счет внешней, периодически меняющейся силы, называют *вынужденными*.

Колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса или косинуса, называют *гармоническими*.

Уравнение гармонического колебания

$$x = A\sin(\omega t + \varphi),$$

A – амплитуда колебания;

ω - циклическая частота;

$(\omega t + \phi)$ - фаза колебания;

ϕ - начальная фаза колебания.

Время одного полного колебания называется *периодом*:

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

число полных колебаний в единицу времени, называется *частотой*:

$$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}.$$

Скорость и ускорение при гармонических колебаниях:

$$v = x' = A\omega\cos(\omega t + \varphi),$$

$$a = x'' = v' =$$

$$= -A\omega^2\sin(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$$

Сила, действующая на колеблющуюся материальную точку массой m:

$$F = ma = -m\omega^2 x.$$

Эта сила, независимо от физической природы, носит название *упругой силы*.

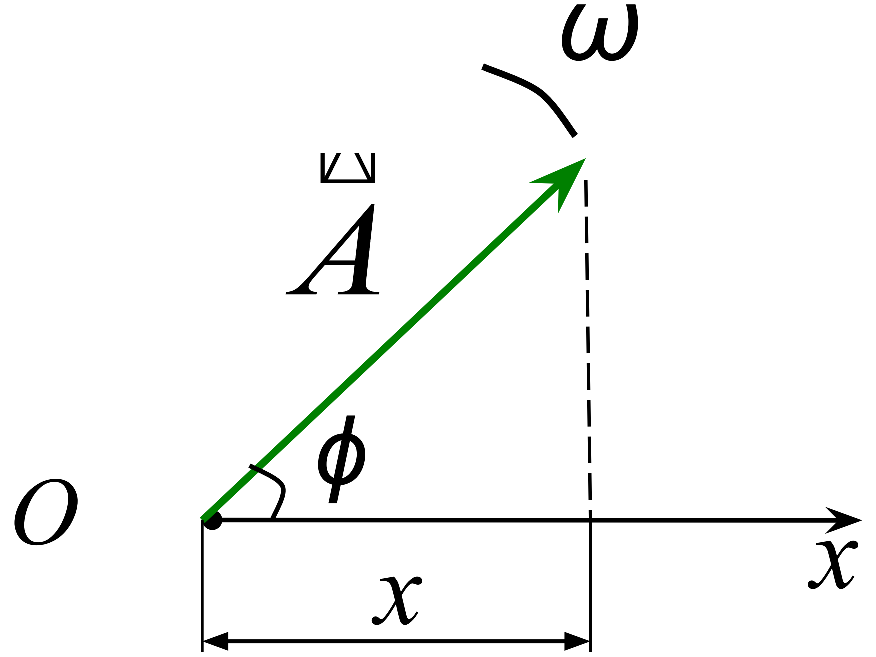
Уравнение движения для гармонических колебаний:

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

$$x'' + \omega^2 x = 0 \qquad (1)$$

Система, совершающая колебания, описываемые таким уравнением, называ-ется *гармоническим осциллятором*.

Гармонические колебания изображают графически <u>***методом векторных диаграмм***</u>.



Кинетическая энергия гармонических колебаний:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2} A^2 \omega^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

Максимальное значение кинетической энергии:

$$E_{k\max} = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

Потенциальная энергия гармонических колебаний равна работе упругой силы:

$$E_p = -\int F dx = \frac{m\omega^2 x^2}{2}$$

$$E_p = \frac{m}{2} A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$E_{p\max} = E_{k\max} = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

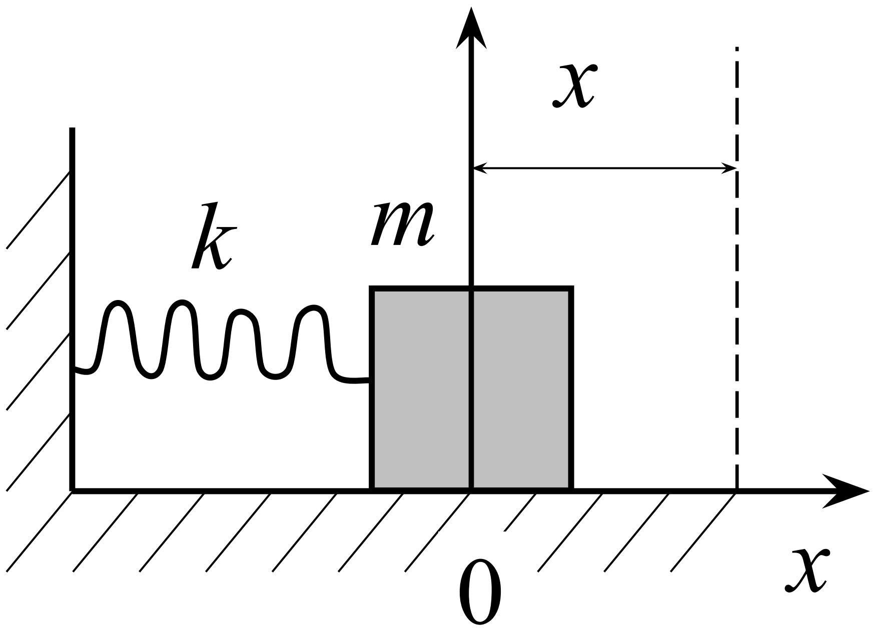
Полная энергия колебаний равна:

$$E = E_k + E_p = \frac{mA^2\omega^2}{2}$$

Полная энергия
при гармонических колебаниях остается **постоянной** величиной.

2. Примеры гармонических колебаний

Пружинный маятник



$$F = -kx,$$

где k – жесткость пружины.

$$mx'' = -kx$$

$$x'' + \frac{k}{m}x = 0$$

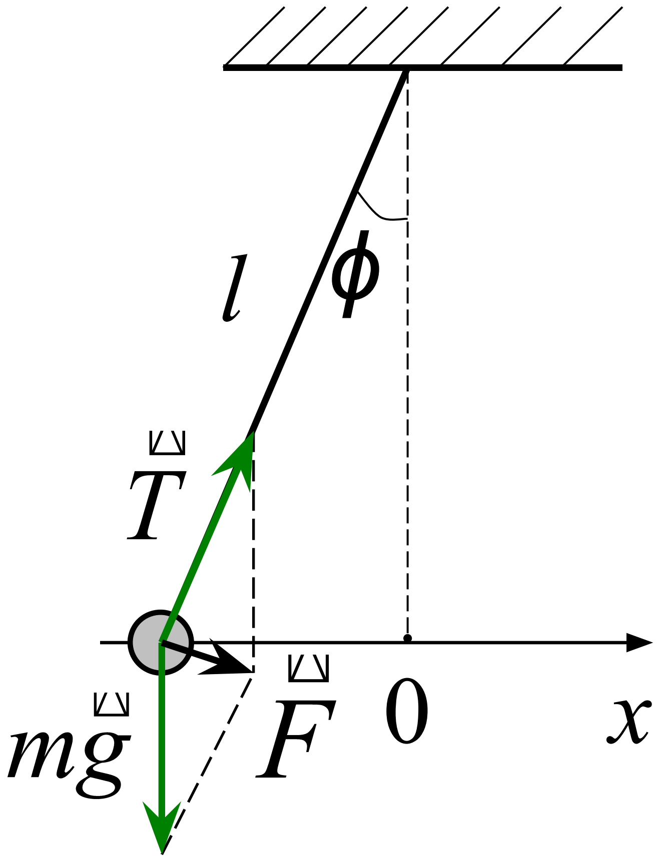
Сопоставляя с уравнением (1), находим циклическую частоту и период колебаний пружинного маятника:

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

Потенциальная энергия пружинного маятника:

$$E_p = \frac{m\omega^2 x^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

Математический маятник



$$F = -mg\sin\varphi,$$

$$\sin\varphi = \frac{x}{l},$$

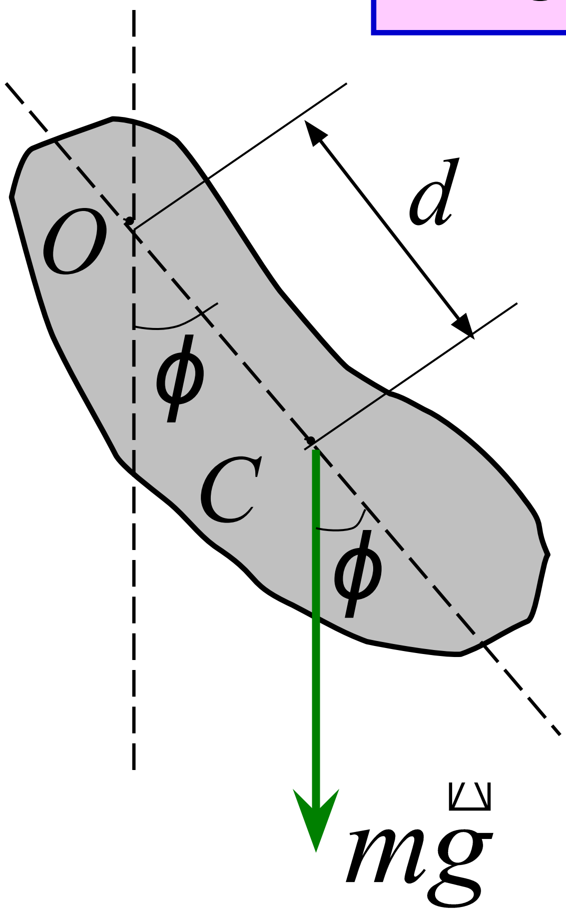
$$ma = -\frac{mg}{l}x.$$

$$x'' + \frac{g}{l}x = 0$$

Сопоставляя с уравнением (1), находим:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}, \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Физический маятник



$$M = J\varepsilon = J \cdot \varphi'',$$

$$M = -mgd\sin\varphi$$

d – расстояние от оси до центра масс маятника,
J – момент инерции.

При малых углах $\sin\phi \approx \phi$

$$J\varphi'' = -mgd\varphi,$$

$$\varphi'' + \frac{mgd}{J}\varphi = 0.$$

Сравнивая с уравнением (1), находим:

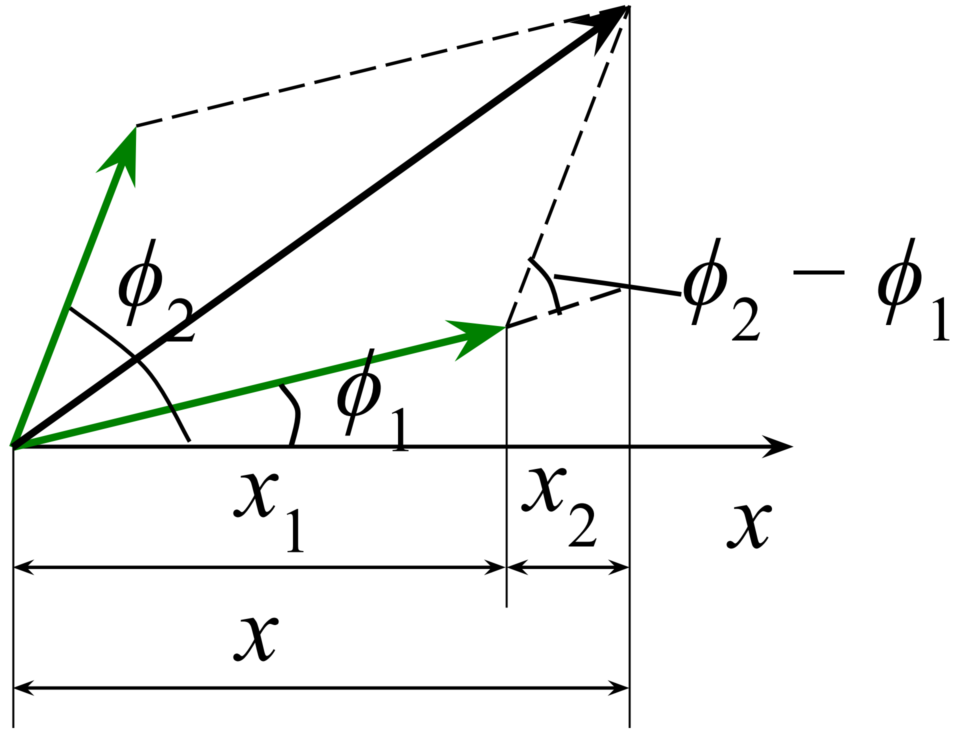
$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{J}},$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgd}}$$

3. Сложение гармонических колебаний

Сложение колебаний одного направления и частоты

$$\begin{cases} x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \\ x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$$



уравнение результирующего колебания:

$$x = x_1 + x_2 = A\cos(\omega t + \varphi),$$

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$tg\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$$

Точка, участвуя в двух гармонических колебаниях ***одного направления и одинаковой частоты***, совершает гармоническое колебание ***в том же*** направлении и с ***той же*** частотой, что и складываемые колебания.

Сложение взаимно перпендикулярных колебаний

$$\begin{cases} x = A\cos\omega t \\ y = B\cos(\omega t + \alpha), \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{x}{A} = \cos\omega t \\ \dfrac{y}{B} = \cos(\omega t + \alpha) = \cos\omega t\cos\alpha - \sin\omega t\sin\alpha \end{cases}$$

$$\sin \omega t = \sqrt{1 - \left(\frac{x}{A}\right)^2}$$

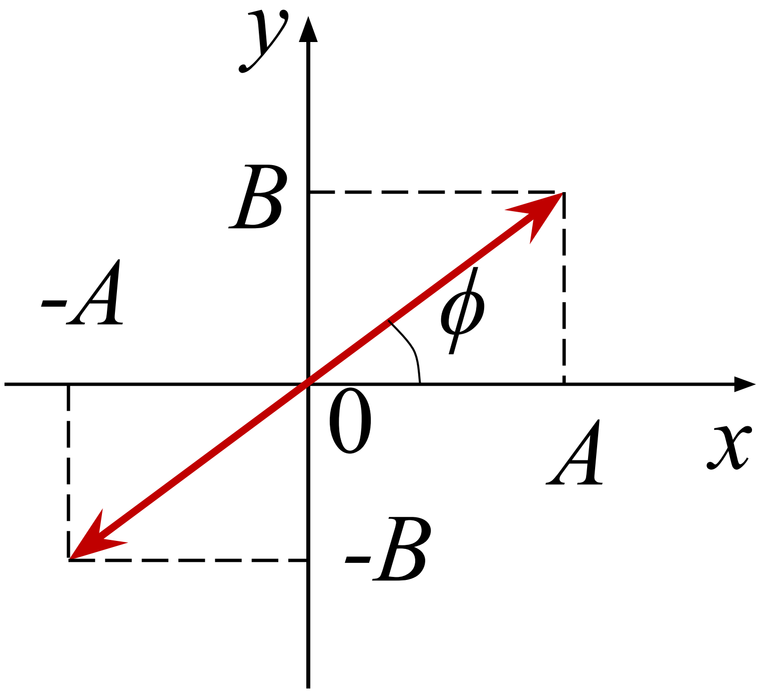
$$\frac{x^2}{A^2} - \frac{2xy}{AB}\cos\alpha + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2\alpha$$

траектория результирующего колебания имеет форму эллипса.

а) $\alpha = m\pi$ (m = 0, ±1, ±2, …).

Тогда sinα = 0 и cosα = 1,
и *эллипс вырождается*
в отрезок прямой:

$$y = \pm \frac{B}{A} x$$



Амплитуда результирующего колебания:

$$A_1 = \sqrt{A^2 + B^2}$$

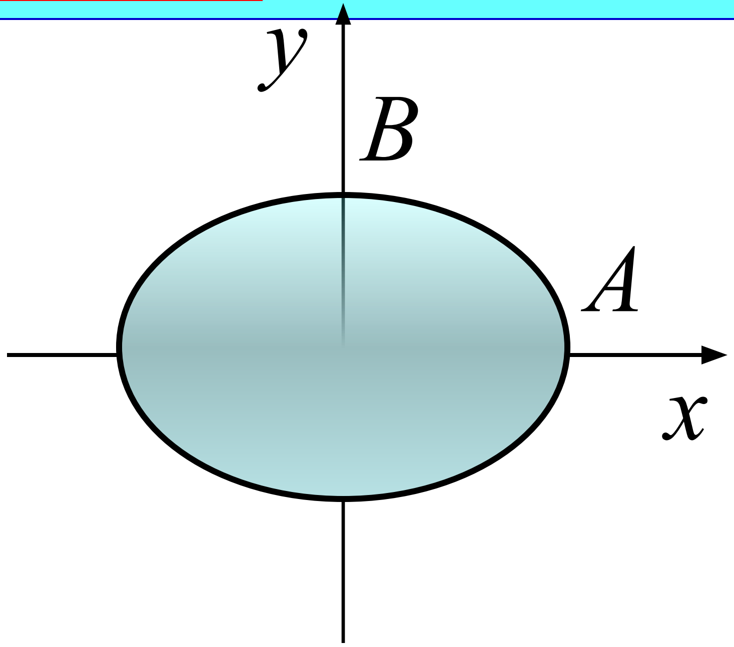
Прямая составляет с осью x угол:

$$\varphi = arctg\frac{B}{A}$$

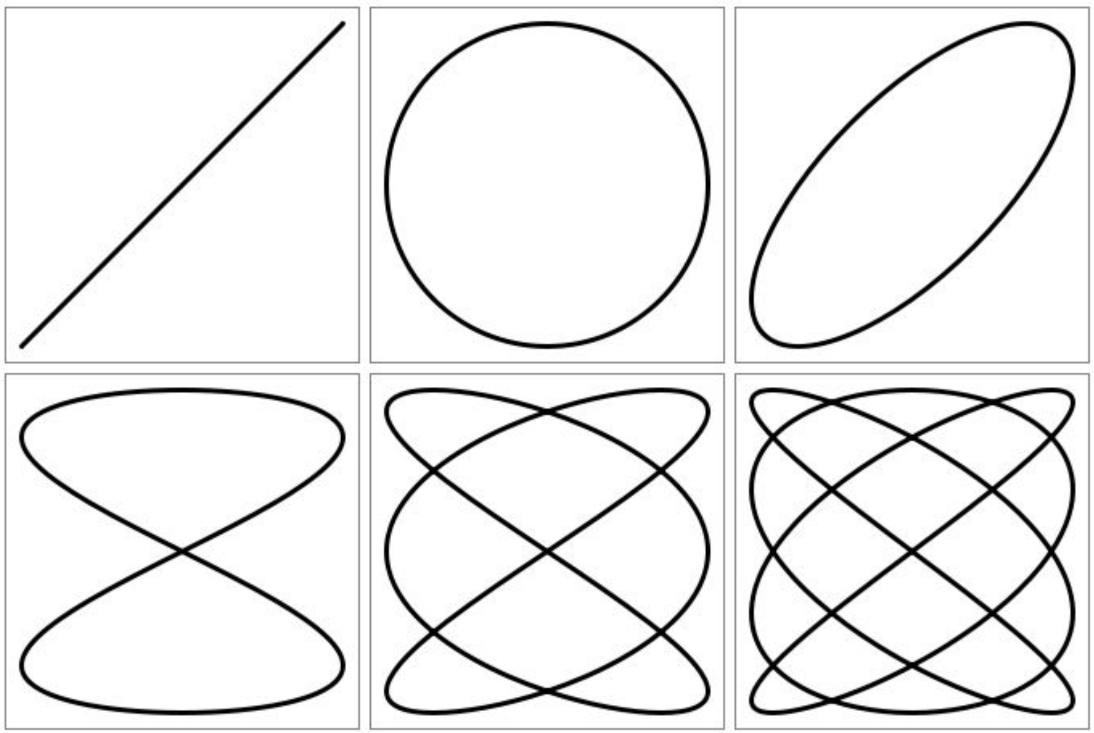
б) $\alpha = (2m+1)\dfrac{\pi}{2}$ (m = 0, ±1, ±2, …).

В этом случае sinα = 1 и *cos*α = 0, и траектория точки - **эллипс**

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1$$



Замкнутые траектории, прочерчиваемые точкой, совершающей два взаимно перпендикулярных колебания, называют ***фигурами Лиссажу***.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Итак,
мы изучили следующие учебные вопросы:

1. Гармонические колебания и их характеристики.
2. Примеры гармонических колебаний.
3. Сложение гармонических колебаний.

Задание на самоподготовку:

1. Изучить рекомендуемую литературу § § 140 – 145.

Рекомендуемая литература:

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: изд-во «Академия», 2012