

# Вынужденные колебания (решение задач)

Автор сценария семинара:  
Мамаева Ирина Алексеевна,  
Кострома, КГСХА.

## Цель семинара: формирование компетенций

- *способность оперировать основными понятиями вынужденных колебаний осциллятора;*
- *способность осуществлять выбор метода (способа) решения задач на исследование вынужденных колебаний осциллятора;*
- *решать задачи в области вынужденных колебаний осциллятора на базовом или повышенном уровне с применением кинематических уравнений колебаний.*

# ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

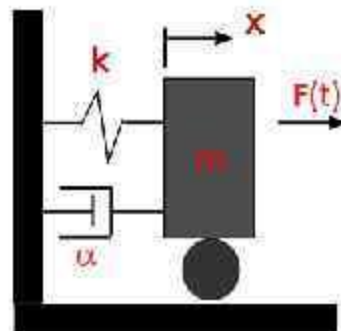
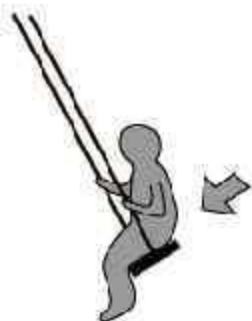
Действие	В чем заключается действие
1.Выделение объекта и явления	1.1. Чтение задачи, рассмотрение <i>физического явления</i> , о котором идет речь в задаче, повторное чтение задачи. 1.2. <i>Выбор модели</i> объекта и явления . 1.3. <i>Выделение условия и требования</i> задачи, краткая их запись. При необходимости добавление справочных данных
2.Выбор метода решения	2.1. <i>Рассмотрение условия и требования в тексте задачи с целью определения, какие методы (подходы) могли бы позволить решить задачу.</i> 2.2. <i>Выбор метода (методов) решения задачи с указанием особенностей применения метода к исследованию выбранной модели явления.</i>
3.Решение	3.1. <i>Применение метода (методов) решения и определение соотношения между величинами требования и условия задачи.</i> 3.2. <i>Вычисление значений искомых величин.</i>
4.Проверка полученного результата	4.1. <i>Уточнение, выполнено ли требование задачи.</i> 4.2. <i>Выбор метода проверки результата.</i> 4.3. <i>Проверка правильности полученного результата.</i>

# ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

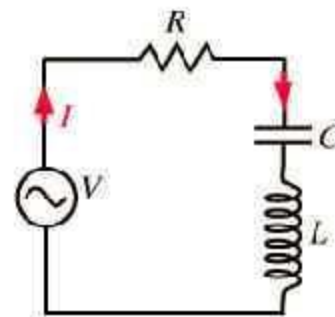
## Вынужденные колебания

Вынужденными называются колебания, возникающие в физической системе под действием периодически изменяющегося внешнего воздействия.

Вынужденные механические колебания возникают под действием периодически изменяющейся внешней силы.



Вынужденные электромагнитные колебания возникают при включении в электрическую цепь колебательного контура источника периодически изменяющейся ЭДС.



# ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ (ВЕЛИЧИНЫ)

$$A = |\xi_{max}|$$

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

$$\Phi = \omega t + \varphi_0$$

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

$$\varphi_0 = \Phi \quad (\text{при } t \text{ равном нулю})$$

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

Уравнения для определения характеристик колебаний осциллятора:

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}$$

$$U_c = \frac{q}{C};$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

# ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОСЦИЛЛЯТОРА (ЗАКОНЫ)

Вынужденные колебания осциллятора:

осциллятор + внешняя периодическая сила, например, такого вида

$$F = F_0 \cos \Omega t \quad \text{или} \quad \varepsilon_{\text{ист}} = \varepsilon_0 \cos \Omega t$$

В общем виде закон вынужденных колебаний – это неоднородное дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 \xi}{dt^2} + 2\beta \frac{d\xi}{dt} + \omega_0^2 \xi = \frac{F_0}{m} \cos \Omega t$$

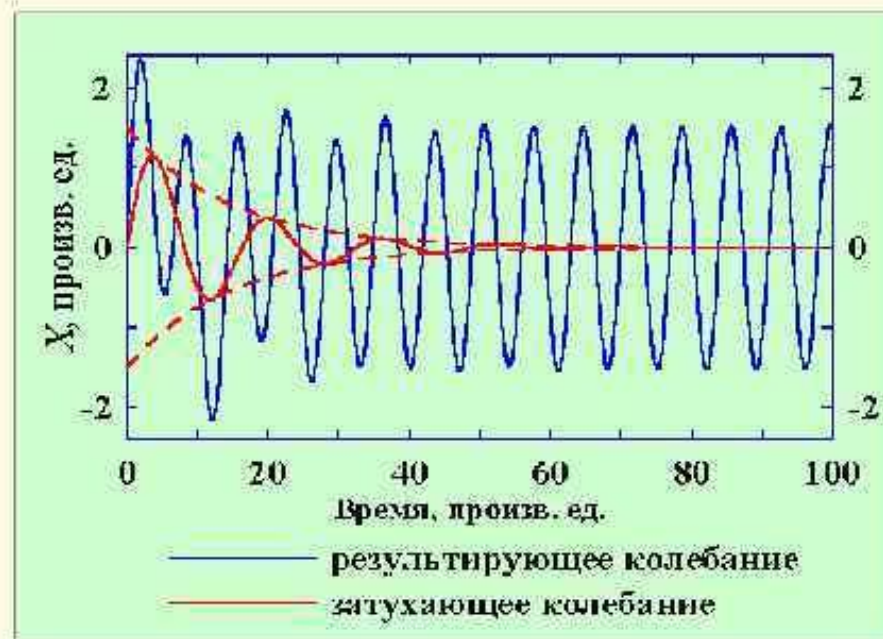
Решение данного уравнения в общем виде:

$$1) \quad \xi = \xi_* \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin(\omega t + \varphi_*)$$

$$2) \quad \xi = \xi_0 \cos(\Omega t + \varphi_0)$$

# ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ (ГРАФИК)

Вынужденные колебания.  
Установление колебаний.



$$x(t) = e^{-\beta t} A \cos(\omega t + \varphi_0) + B \cos(\Omega t + \varphi)$$

# ВЫНУЖДЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ (ЗАКОНЫ)

$$F = F_0 \cos \Omega t$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\gamma dx}{m dt} + \frac{k}{m} x = \frac{F_0}{m} \cos \Omega t$$

$$x = x_* \cdot e^{-\beta t} \cdot \sin(\omega t + \varphi_*)$$

$$x = x_0 \cos(\Omega t + \varphi_0)$$



# ВЫНУЖДЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ (ЗАКОНЫ И УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ)

$$F = F_0 \cos \Omega t$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\gamma dx}{m dt} + \frac{k}{m} x = \frac{F_0}{m} \cos \Omega t$$

$$x = x_0 \cos(\Omega t + \varphi_0)$$

$$x_0 = \frac{\frac{F_0}{m}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2 \Omega^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{2\beta \Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$$

# ВЫНУЖДЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

( ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ )

$$F = 20 \cos 5\pi t (H)$$

$$F = F_0 \cos \Omega t$$

$$x = x_0 \cos(\Omega t + \varphi_0)$$

$$x_0 = \frac{\frac{F_0}{m}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2 \Omega^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{2\beta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$$

# ВЫНУЖДЕННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

( ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ )

$$F = F_0 \cos \Omega t$$

$$x = 0,2 \cos\left(\frac{3\pi}{2}t + \frac{\pi}{4}\right) (\text{м})$$

$$x = x_0 \cos(\Omega t + \varphi_0)$$

$$x_0 m \sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2 \Omega^2} = F_0$$

$$x_0 = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2 \Omega^2}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{2\beta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$$

**Вывод:**

**«Обобщенный подход  
к решению задач**

**заключается в том, что...»**

**Успешного решения задач!**