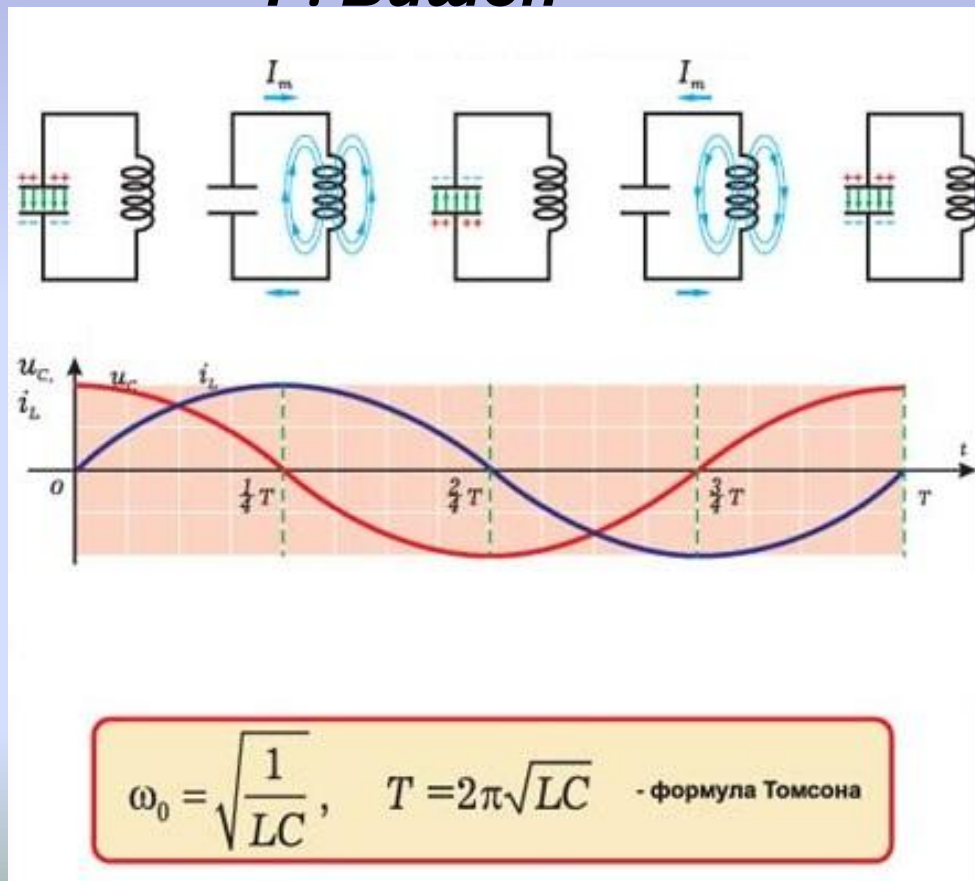


# Производная в электродинамике

Работа выполнена  
учителем физики высшей категории  
Пилипенко Н.К. и  
учителем математики Вассель С.В.

**«Мир, в котором мы живем, удивительно склонен к колебаниям: колеблются даже атомы, из которых мы состоим».**

**Р. Бишоп**



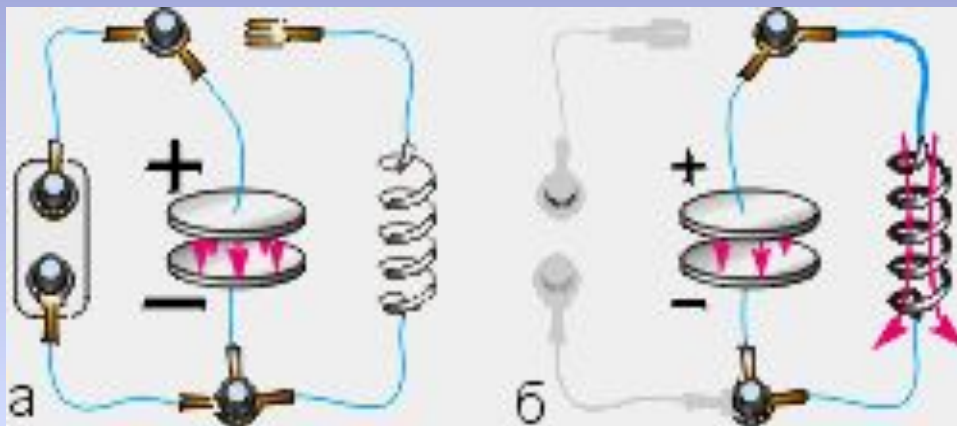
## Решение задач

- 1. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить колебания  $10^{-3}$  периодом с?
- 2. В каких пределах должны изменяться индуктивность катушки колебательного контура, чтобы в нем могли происходить колебания с частотой от 400 до 500 Гц? Емкость конденсатора равна 10 мкФ.

# Вопросы по теме «Электромагнитные колебания»

1. Какие колебания называются **гармоническими**?
2. Что такое **электромагнитные** колебания?
3. Какой ток называют **переменным**?
4. Что такое **фаза колебаний**?
5. Каким величинам электромагнитных колебаний аналогичны **потенциальная** и **кинетическая** энергии?
6. Из чего состоит **колебательный контур**?

# Принцип работы закрытого колебательного контура



**Рис. а**

**Конденсатор получает энергию от источника постоянного тока. Пластины заряжаются.**

**Как?**

**Как?**

**Рис. б**

**Избыток электронов устремляется через катушку к верхней пластине, возникает нарастающий электрический ток.**

**Чем станет катушка и что будет создавать?**

# Соответствие между механическими и электрическими величинами.

Механическая  
величина

Электрическая  
величина

Координата  $x$   
Скорость  $v_x$   
Масса  $m$   
Жесткость пружины  $k$   
Потенциальная энергия  $\frac{kx^2}{2}$   
Кинетическая энергия  $\frac{mv_x^2}{2}$

Заряд  $q$   
Сила тока  $i$   
Индуктивность  $L$   
Величина, обратная емкости  $\frac{1}{C}$   
Энергия электрического поля  $\frac{q^2}{2C}$   
Энергия магнитного поля  $\frac{Li^2}{2}$

# Свободные электрические колебания

Механические колебания – это периодические изменения в зависимости от времени **координаты**

Электромагнитные колебания – это периодические изменения в зависимости от времени

**заряда, тока, напряжения электрического**

**поля.** Распространение электромагнитных колебаний в пространстве происходит в виде **электромагнитных**

Процессы изменения физических величин схожи, а значит, описываются

одинаковыми уравнениями.

# Основные понятия электродинамики

Среди различных физических явлений  
электромагнитные колебания и волны занимают  
особое место.

Силой тока

называется величина,  
равная заряду,  
протекающему  
через поперечное  
сечение проводника за  
единицу времени.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} (*)$$

Формула (\*)  
справедлива для  
постоянного тока, при  
котором сила тока и его  
направление  
не изменяются со  
временем.

Если сила тока и его  
направление  
изменяются со  
временем, то такой ток  
называют  
переменным.  
Для переменного

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

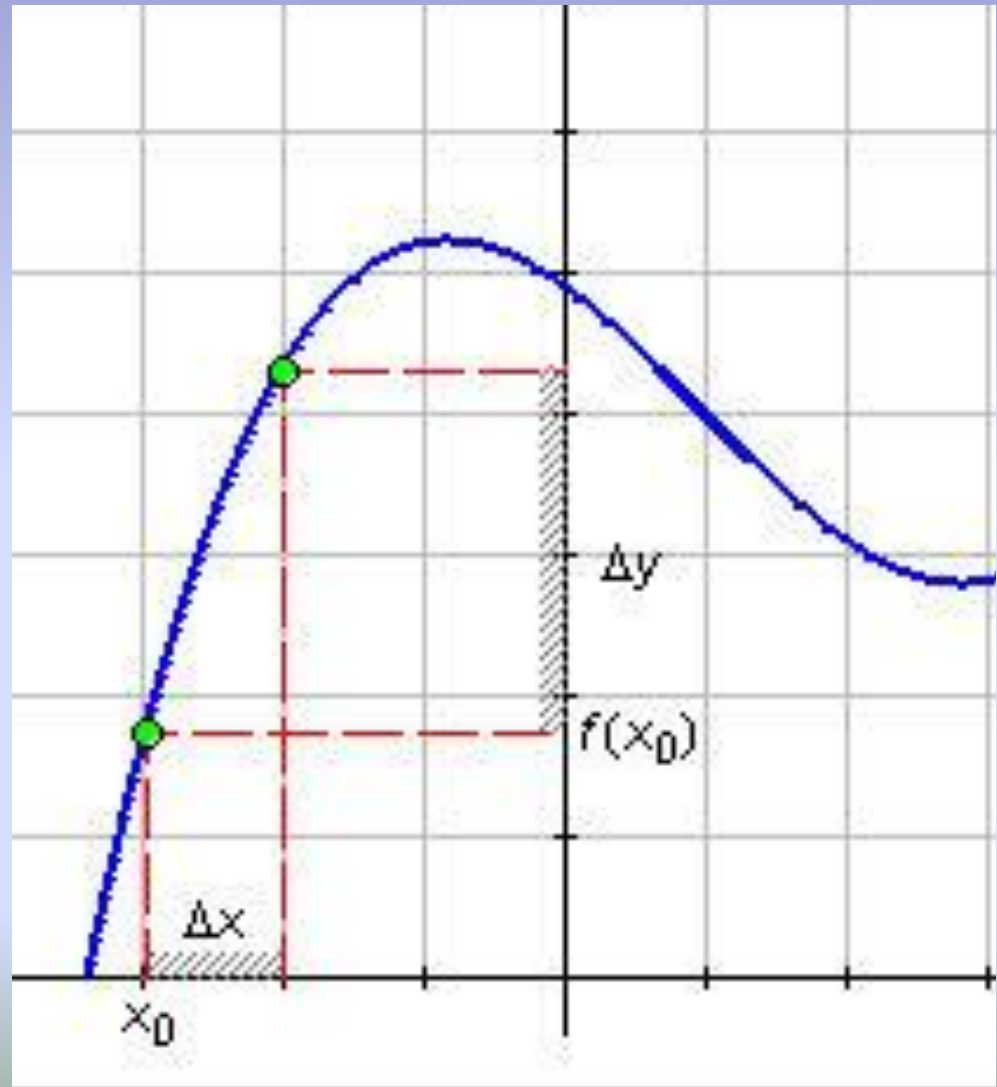
$$\Delta t \rightarrow 0$$

$$i = q'$$



# Производная функции

Рассмотрим график  
непрерывной  
функции  
на  $x$  от  $x_0$  до  $x_0 + \Delta x$   
от до



# Приращение функции. Понятие производной.

$$\Delta x = x - x_0$$

- приращение аргумента в точке  $x_0$

$$\Delta f = f(x) - f(x_0) = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)$$

- приращение функции  $f(x)$  в точке  $x_0$   
которое соответствует

приращению

$$\frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

- разностное  
отношение

# Определение производной

Производной функции  $y = f(x)$  в точке  $x_0$  называется число, к которому стремится отношение

$$\frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

при  $\Delta x$ , стремящемся к 0.

Это число обозначается  $f'(x_0)$ , т. е.

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f}{\Delta x}$$

# Элементарные формулы:

$$(x^2)' = 2x$$

$$(x^3)' = 3x^2$$

$$(kx + b)' = k \quad (k, b \in R)$$

$$C' = 0 \quad (C - \text{константа})$$

# Способы записи производных

- Способ

**Лагранжа**  $f'(x_0); f''(x_0); f'''(x_0), \text{ и т. д.}$

- Способ

**Лейбница**

$$\frac{d^n f}{dx^n}(x_0)$$

- Способ

**Ньютона**

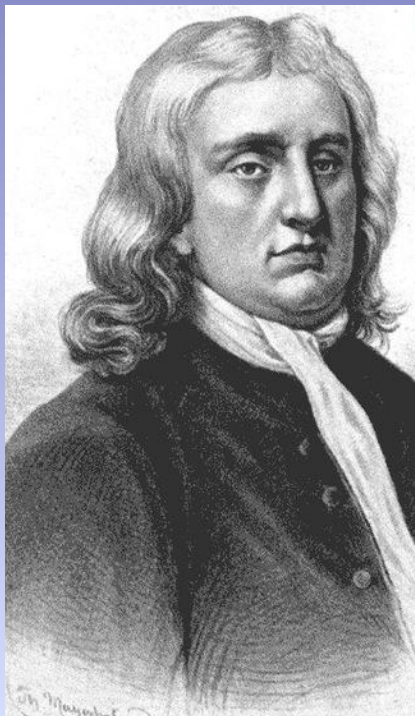
$$\dot{x}(t_0); \ddot{f}(x_0)$$

- Способ

**Эйлера**

$$D^n f(x_0)$$

**Производная** – основное понятие дифференциального исчисления, характеризующее скорость изменения функции. Определяется как предел отношения приращения функции к приращению ее аргумента при стремлении приращения аргумента к нулю, если таковой предел существует. Функцию, имеющую конечную производную, называют дифференцируемой. Процесс вычисления производной называется **дифференцированием**.



**И. НЬЮТОН** разработал дифференциальное и интегральное исчисление одновременно с **Г. Лейбницем** и независимо от него. Создание математического анализа сводит решение соответствующих задач до технического уровня. Появился комплекс понятий, операций и символов, ставший отправной базой дальнейшего развития математики.



# Скорость изменения функции

Процессы, описанные зависимостью  $y = f(x)$ , происходят в различных областях науки, техники и мирового сообщества.

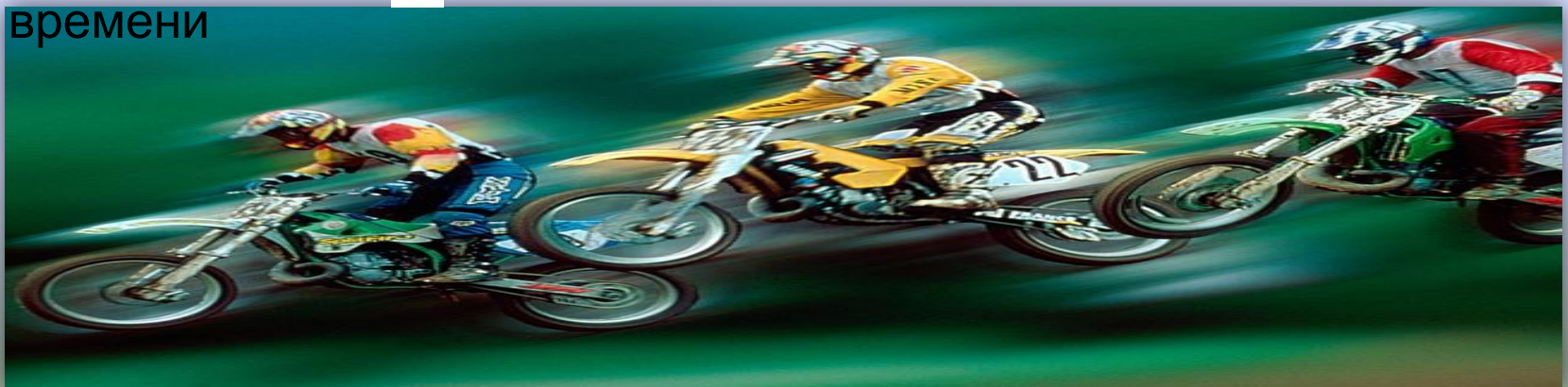
**Скорость изменения**  $x_0$  **и есть функция производной** функции.

Рассмотрим такую область физики, как механика. Закон прямолинейного

движения описывается зависимостью  $s(t)$ . Тогда  $v(t_0) = s'(t_0)$  выражает **мгновенную скорость** движения в момент  $t_0$ .

Время  $a(t_0) = s''(t_0)$  **выражает мгновенное** производная  $t_0$ . **ускорение** в

времени





# Физический смысл производной

Физический смысл производной  $x'(t)$  от непрерывной функции  $x(t)$  в точке  $t_0$  - есть мгновенная скорость изменения величины функции, при условии, что изменение аргумента стремится к нулю.

**Мгновенная скорость** (величина пути, пройденного за мгновение)

и есть **производная** величина от функции, описывающей путь по времени.

# Аналогия в механике и электродинамике

**Механика**

***a***

$$v(t) = s'(t)$$

$$a(t) = s''(t)$$

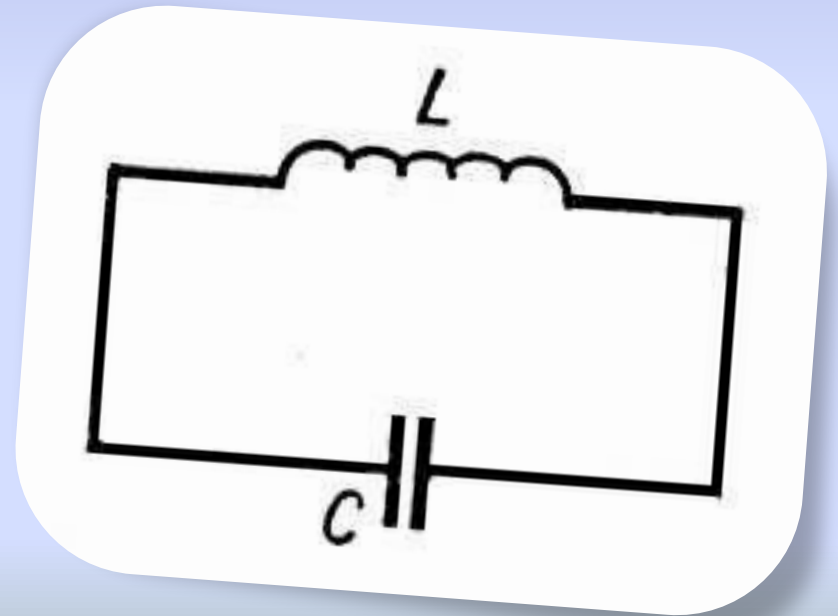
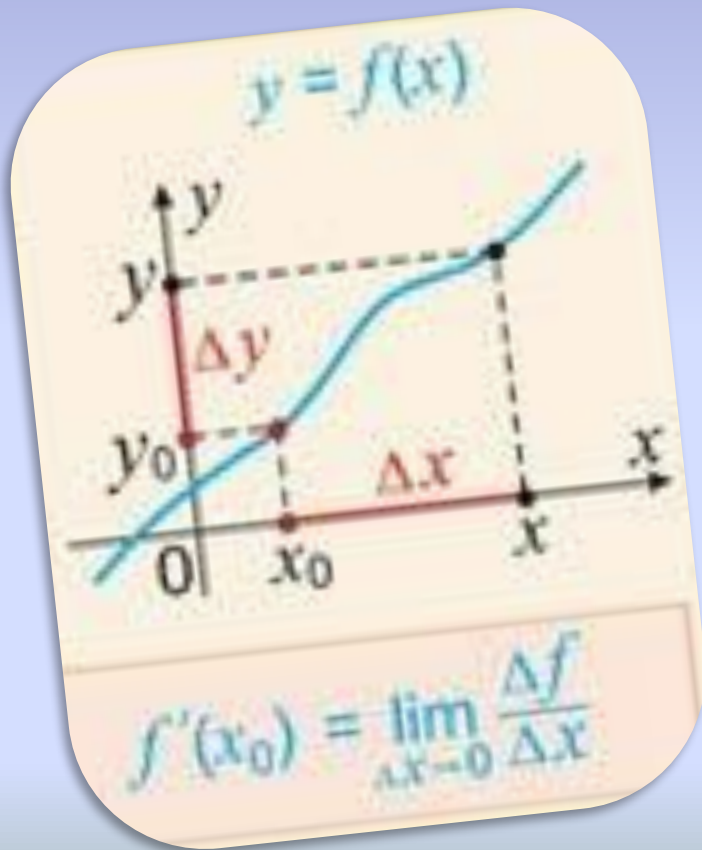
**Электродинамика**

***ка***

$$i(t) = q'(t)$$

$$-\frac{q(t)}{LC} = q''(t)$$

# Производная в электродинамике



# Закон сохранения энергии

# Правила дифференцирования

$$1. C' = 0$$

$$2. x' = 1$$

$$3. (f + g)' = f' + g'$$

$$4. (fg)' = f'g + fg'$$

$$5. (Cf)' = Cf'$$

$$6. \left(\frac{f}{g}\right)' = \frac{f'g - fg'}{g^2} \dots (g \neq 0)$$

$$7. f'(g(x)) = f'(g) \cdot g'(x)$$

# Элементарные формулы:

$$(x^2)' = 2x$$

$$(x^3)' = 3x^2$$

$$(kx + b)' = k \quad (k, b \in R)$$

$$C' = 0 \quad (C - \text{константа})$$

# Уравнение электромагнитных колебаний в контуре

**Полная энергия в контуре остается постоянной во времени.**

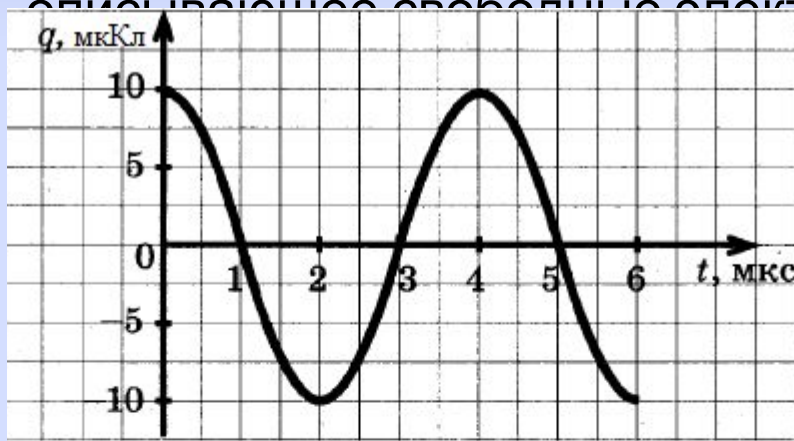
**Продифференцируем равенство по времени**

# Гармонические колебания заряда и тока

Колебательный контур – это простейшая система, где наблюдаются свободные гармонические колебания.

Уравнение 
$$-\frac{q(t)}{LC} = q''(t)$$
 - это основное уравнение,

описывающее свободные электрические колебания в контуре.

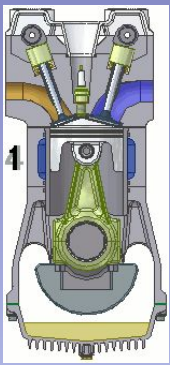


$$q = q_m \cos \omega_0 t$$

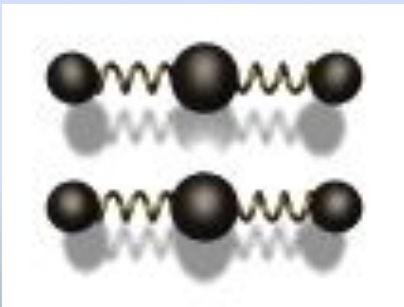
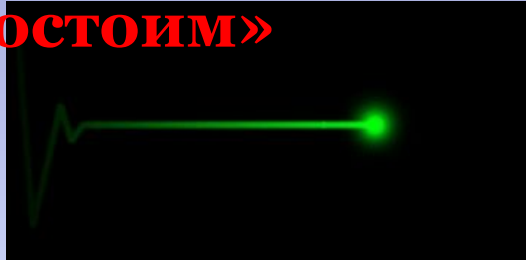
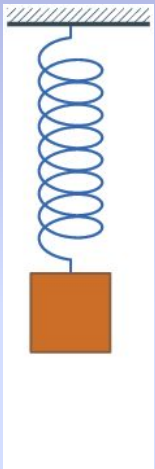
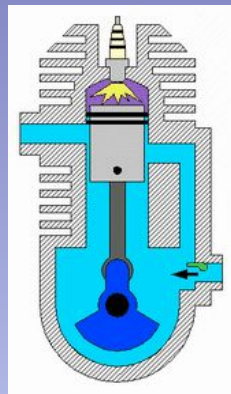


$$i = -\omega_0 q_m \sin \omega_0 t$$





**«Мир, в котором мы живём удивительно склонен к колебаниям..... Колеблются даже атомы, из которых мы состоим»**



# Роль математики в физических процессах

Там, где требуется рассчитать не только некоторые состояния, но и изменения состояний, процессы, движения в самом широком смысле слова, - там всюду математик приходит к дифференциальному уравнению.

Без них невозможно математическое описание любого процесса, невозможен его расчет, и, стало быть, невозможно и управление процессом.

Картина мира, которую нарисовала классическая физика, выполнена в технике дифференциальных уравнений.

Рожденный пустыней  
Колеблется звук,  
Колеблется синий  
На нитке паук.  
Колеблется воздух,  
Прозрачен и чист,  
В сияющих звездах  
Колеблется лист.

Н.Заболоцкий



# Домашнее задание

- **Физика**

Колебательный контур состоит из катушки индуктивности 4 Гн и конденсатора 1 мкФ. Амплитуда колебаний заряда на обкладках конденсатора равна 100 мкКл. Напишите уравнение зависимости  $q(t)$   $i(t)$   $v(t)$  ?

- **Алгебра**

Стр. 229-231, задание 5 (стр.232)

№ 777, 779 ( $(kx + b)' = k$ )