

Гармонические колебания

Колебания — периодически повторяющиеся отклонения физической системы от состояния равновесия.

Колебания бывают механические, электромагнитные и т.д.

Механические колебания — это периодически повторяющиеся смещения тела (системы) от точки равновесия.

Механические, как и прочие, колебания бывают гармонические и ангармонические.

Гармоническими называются колебания, происходящие по закону:

$$x = A \cos (\omega t + \varphi_0) + x_0$$

(закон гармонических колебаний)

A — амплитуда

$\omega t + \varphi_0$ — фаза

ω — циклическая частота

φ_0 — начальная фаза

x_0 — точка равновесия

$\omega = 2 \pi \nu$, ν — частота

$T = 1 / \nu$, T — период

Амплитуда — максимальное отклонение от точки равновесия.

Фаза — состояние колебания в текущий момент времени.

Начальная фаза — состояние колебаний в момент начала наблюдения.

Частота — количество колебаний в единицу времени (за 1 секунду).

Период — время, нужное для совершения 1 колебания.

Выбор подходящей системы отсчета может упростить закон колебательного движения!

Как правило, можно поместить начало координат в точку равновесия:

$$x_0 = 0,$$

часто можно выбрать время нахождения в крайнем положении за начало измерения времени:

$$\varphi_0 = 0,$$

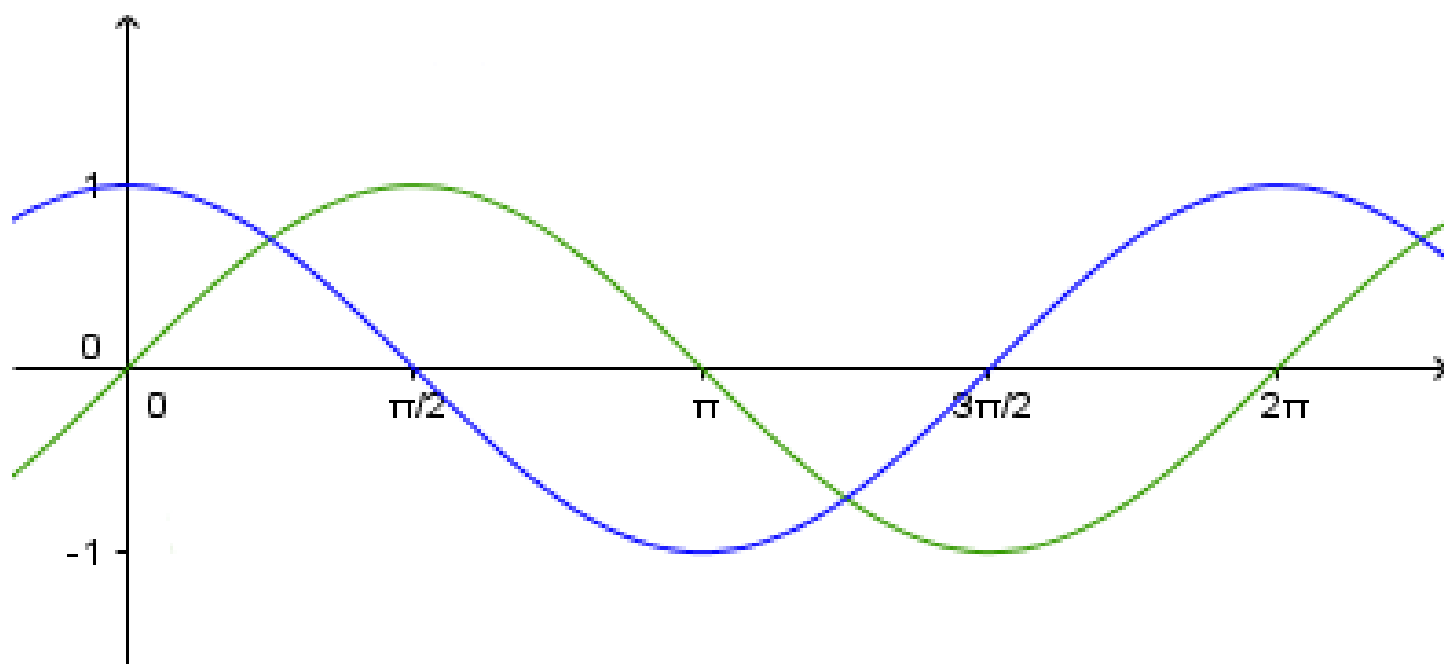
тогда

$$\mathbf{x = A \cos \omega t}$$

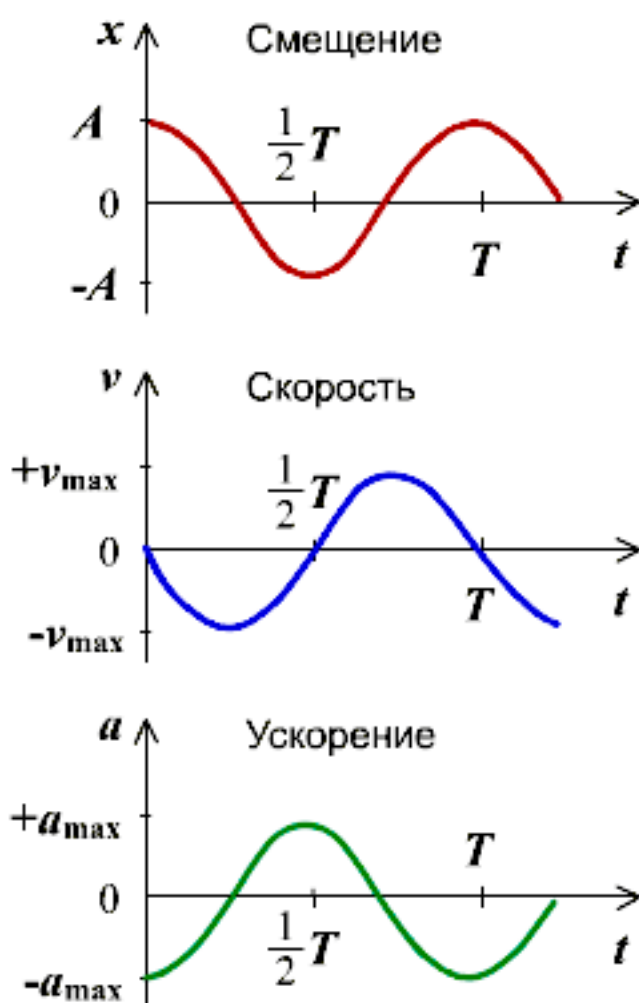
Другой удобный выбор начала измерения времени — прохождение точки равновесия, тогда

$$\mathbf{x = A \sin \omega t}$$

(синус можно заменить на косинус выбором начала отсчета).



Скорость и ускорение колеблются с тем же периодом:



Графики смещения, скорости, ускорения при гармонических колебаниях

Сравнение колебаний с разными амплитудами и периодами:

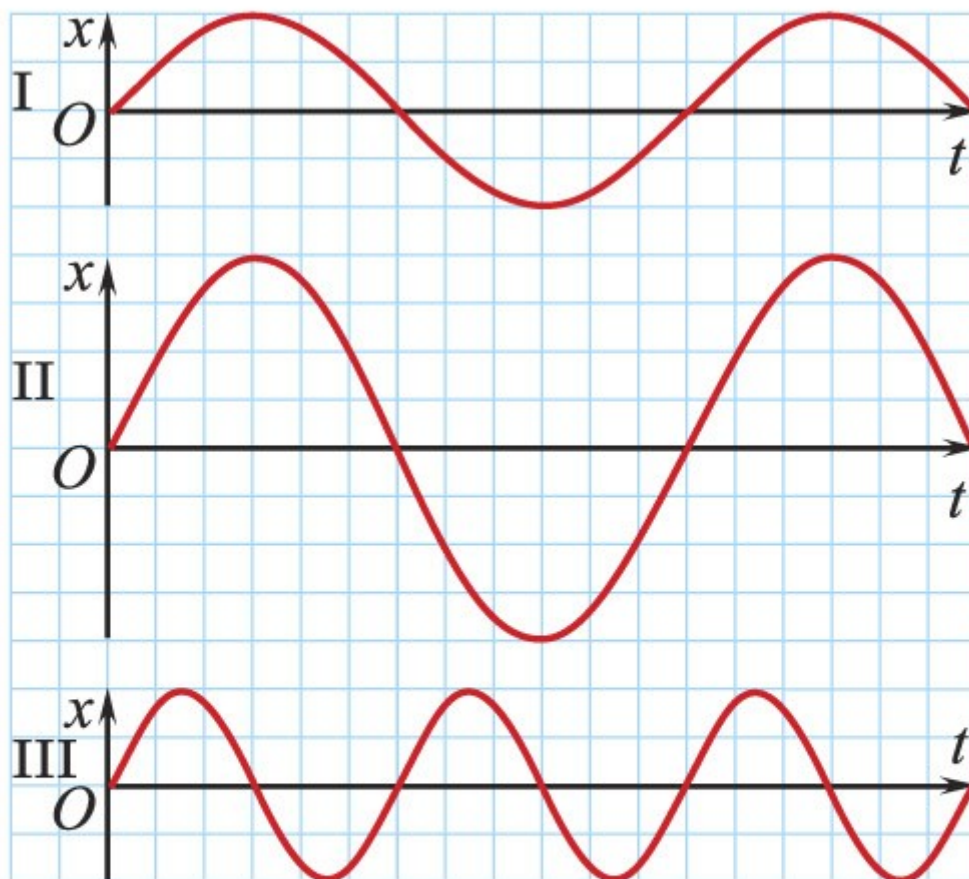
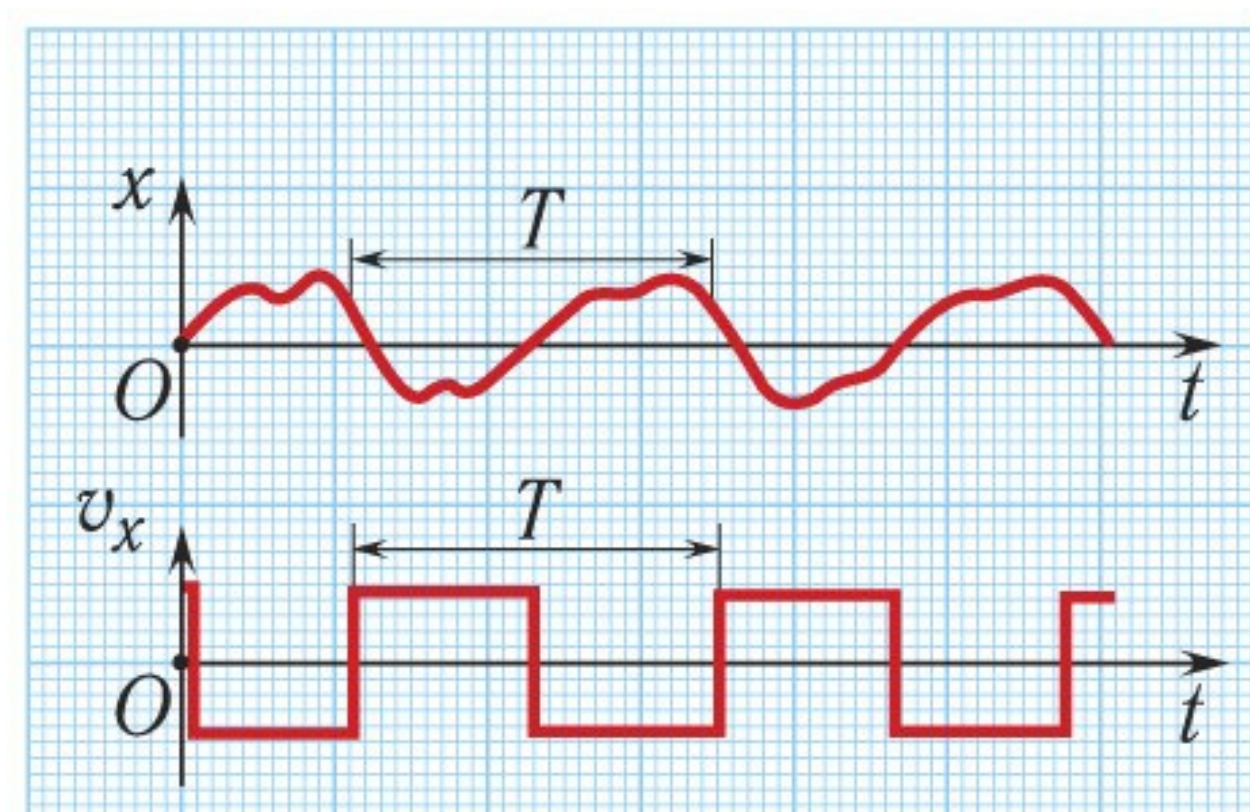


Рис. 12. Графики колебательных процессов

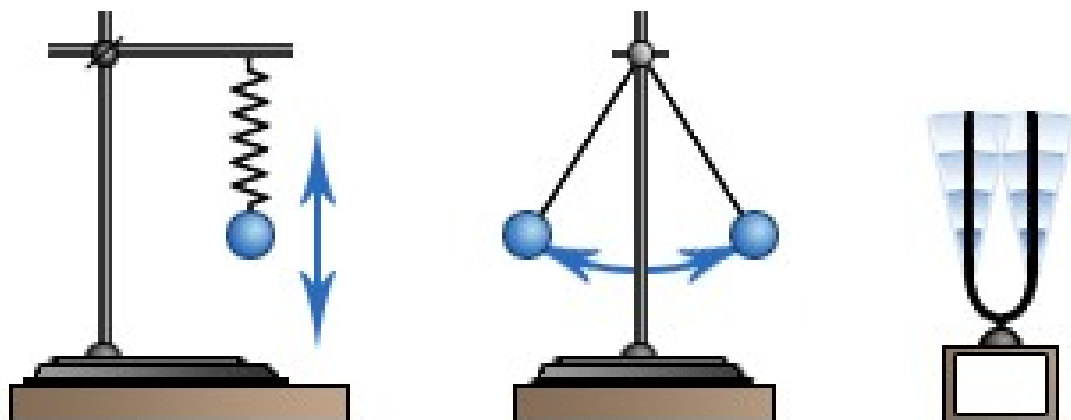
Примеры ангармонических колебаний:



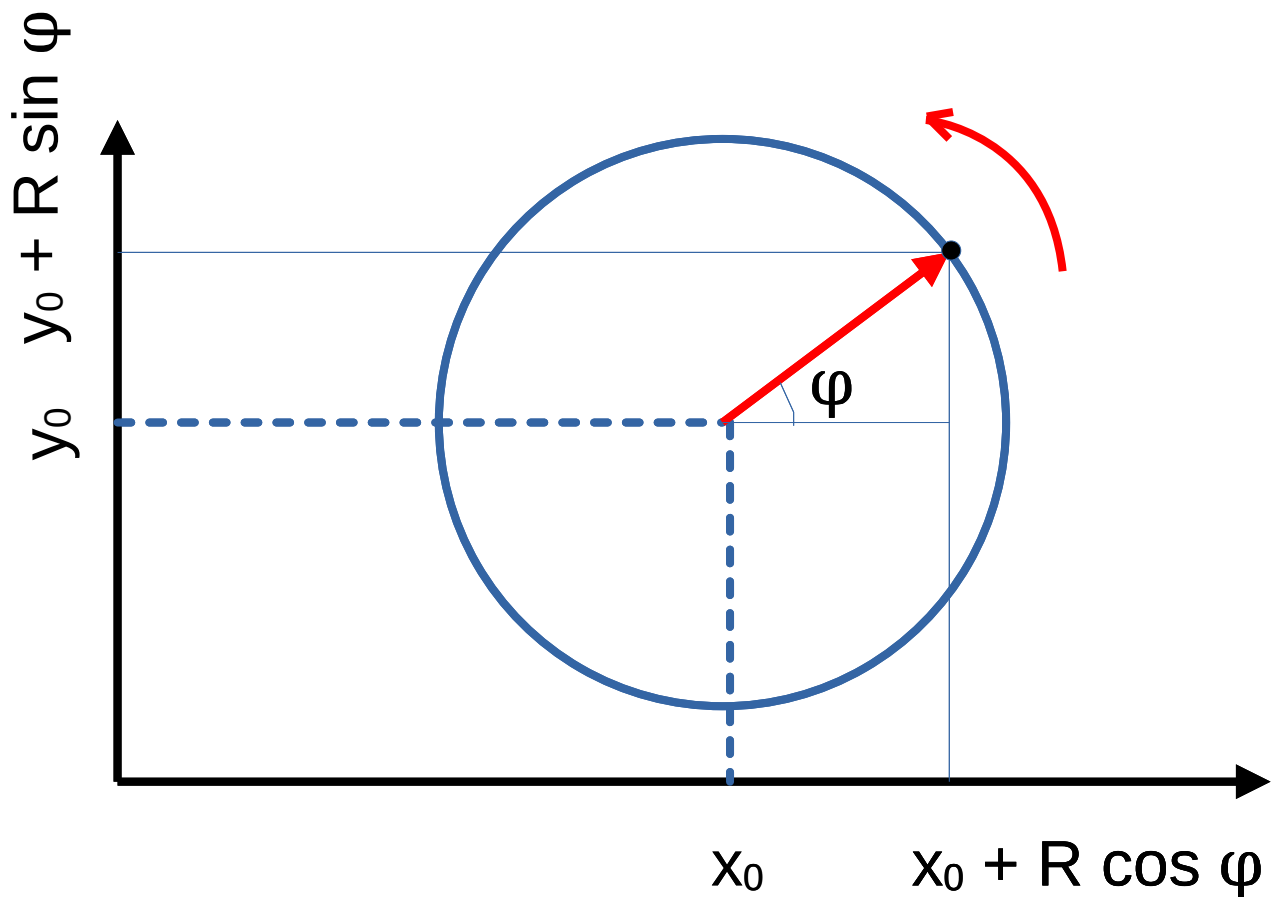
Демонстрационные приборы, наглядным образом создающие запись колебаний:



Примеры возникновения механических колебаний:



Связь движения по окружности с гармоническими колебаниями



точка равномерно движется по окружности в указанном направлении

$$A = R$$

$$\varphi = \omega t$$

$$x = x_0 + A \cos \omega t$$

(начальная фаза определяется выбором начала наблюдения, ее можно опустить)

Угловая скорость вращения и циклическая частота колебаний совпадают по величине, обозначены одинаково и измеряются в одних единицах.

Так же полностью совпадают период и частота.

Проекции вращения на оси координат являются гармоническими колебаниями

Затухающие колебания

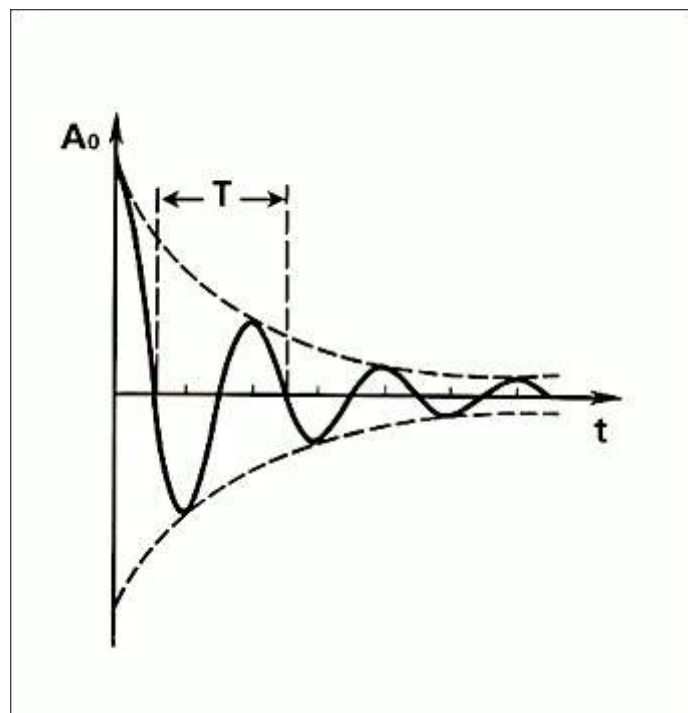
Бесконечно длящийся процесс колебаний в природе невозможен.

Реальные колебания постепенно затухают и прекращаются.

Затухающие колебания - колебания, амплитуда которых уменьшается с течением времени

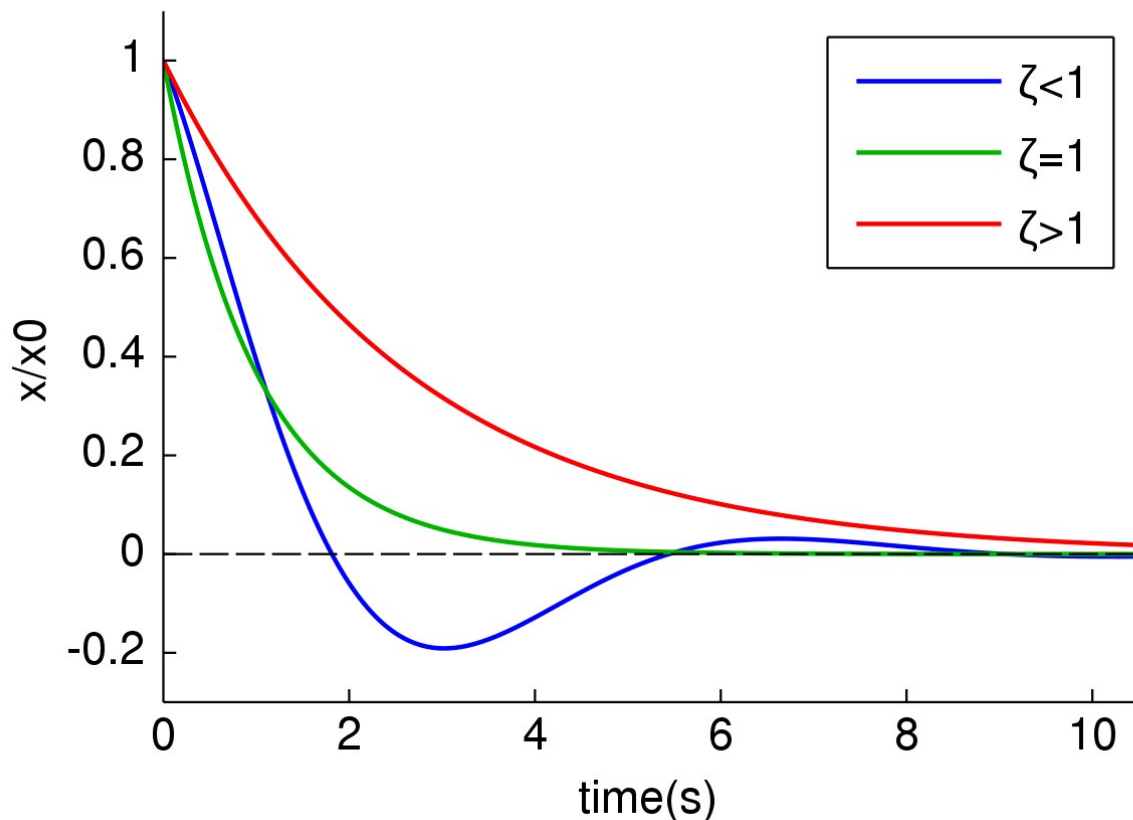
$$A = A_0 e^{-\beta t}, \quad A < A_0$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2, \quad \omega < \omega_0$$



β — коэффициент затухания

При сильном трении:



(здесь показан относительный коэффициент затухания ζ)