

Превращение энергии при колебательном движении. Вынужденные колебания.



Резонанс

Все перемены в натуре
случающиеся, такого суть
состояния, что, сколько чего у
одного тела отнимается, столько
присовокупится к другому

М. В.
Ломоносов

Амплитуд
а

Фаза
колебаний

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_0 \right)$$

Перио
д

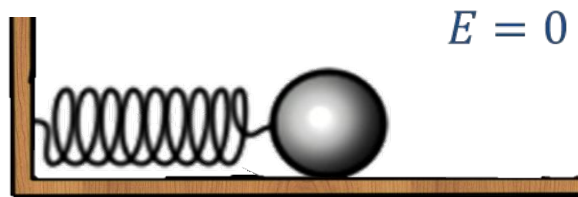
Начальна
я фаза

Амплитуда колебаний (A) — максимальное смещение тела от положения равновесия.

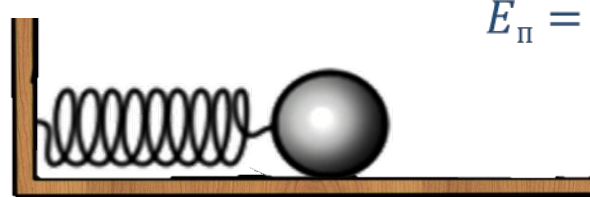
Период колебаний (T) — промежуток времени, в течение которого тело совершает одно полное колебание.

Частота (ν) — это величина обратная периоду и равная числу полных колебаний, совершаемых за 1 секунду.

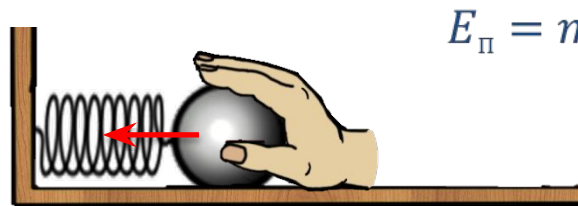
Фаза колебаний ($\omega t + \varphi_0$) — аргумент, который определяет состояние колебательной системы в любой момент времени



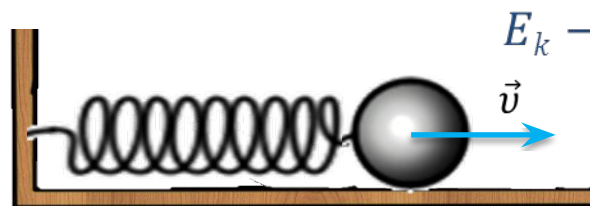
$$E = 0$$



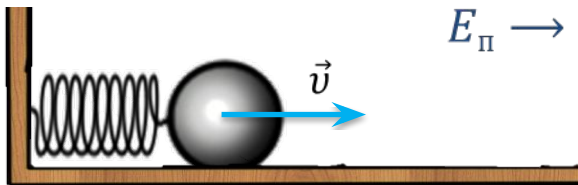
$$E_{\Pi} = 0; E_k = \max$$



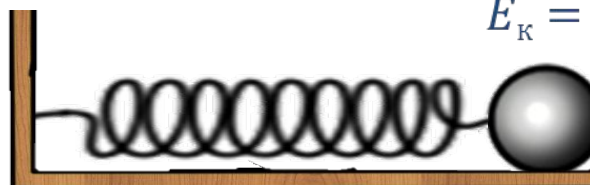
$$E_{\Pi} = \max$$



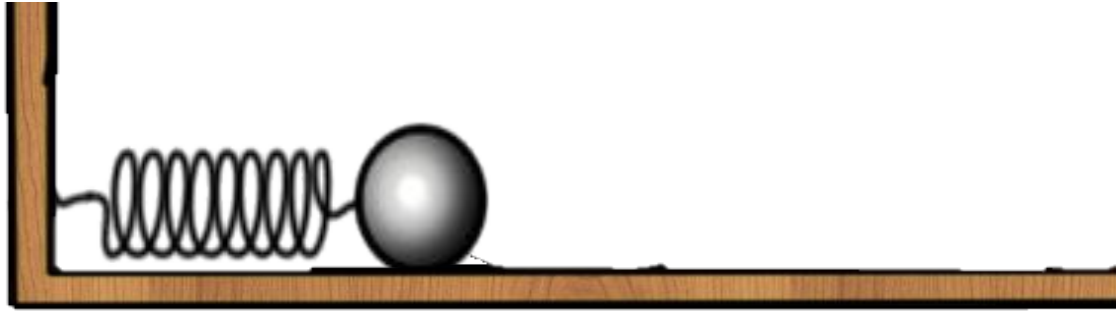
$$E_k \rightarrow E_{\Pi}$$



$$E_{\Pi} \rightarrow E_k$$



$$E_k = 0; E_{\Pi} = \max$$

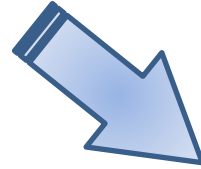


При колебаниях периодически происходит переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно

$$E = E_k + E_{\text{п}}$$

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

$$v = -\omega A \sin \omega t$$



Кинетическая

энергия

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_k = \frac{m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 - \cos 2\omega t)$$

Потенциальная

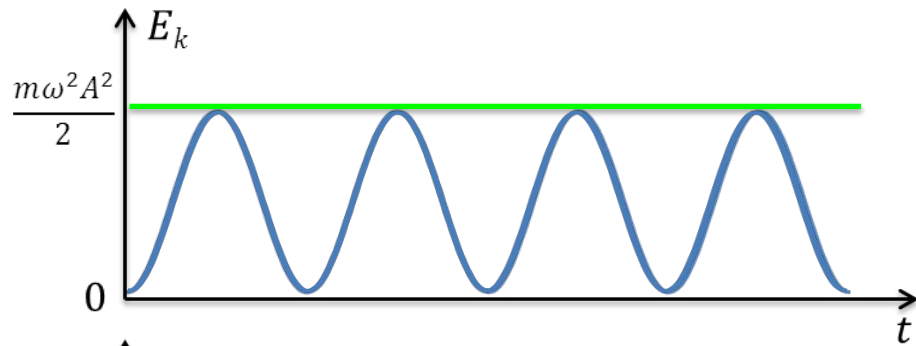
энергия

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$$

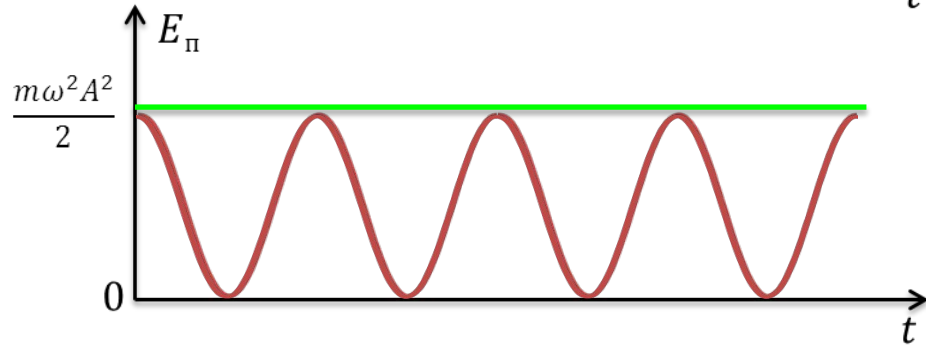
$$E_{\text{п}} = \frac{kA^2 \cos^2 \omega t}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 + \cos 2\omega t)$$



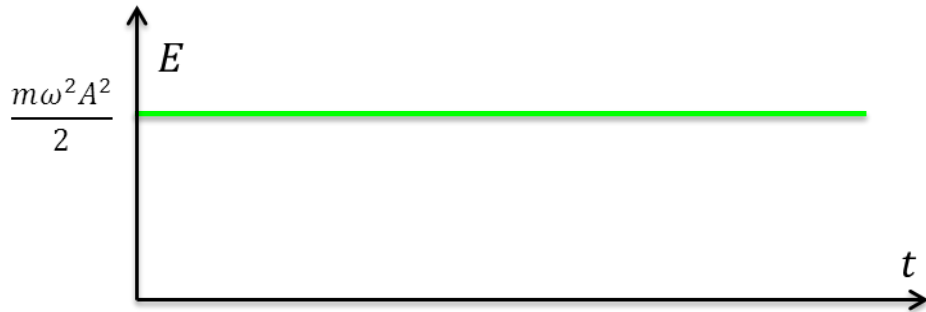
$$E = \frac{m\omega^2 A^2 \sin^2 \omega t}{2} + \frac{m\omega^2 A^2 \cos^2 \omega t}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$



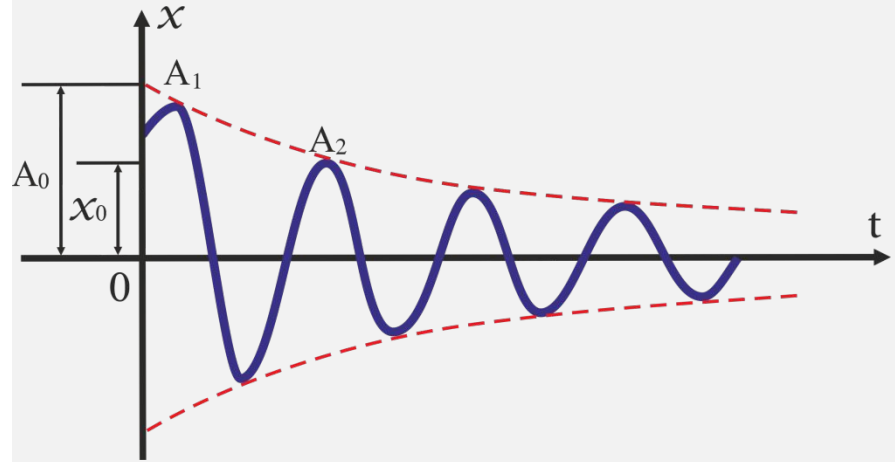
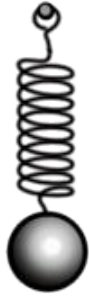
$$E_k = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 - \cos 2\omega t)$$



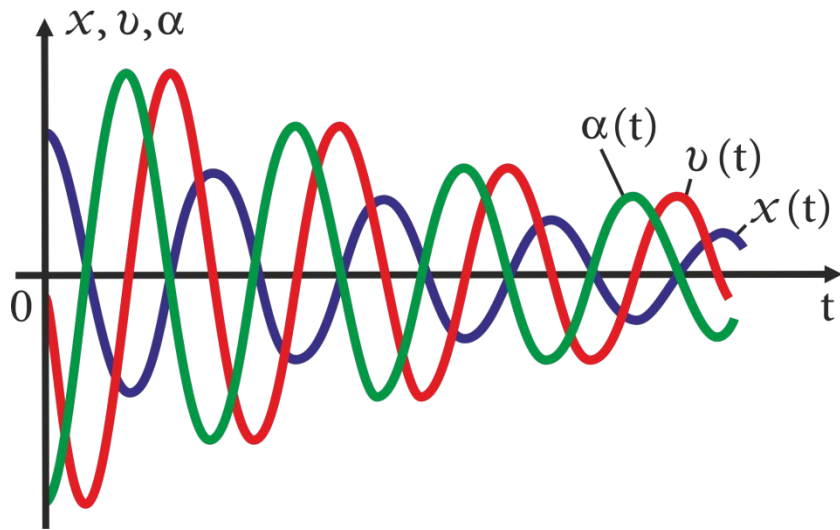
$$E_\pi = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 + \cos 2\omega t)$$



$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$



Колебания, амплитуда которых со временем уменьшается, называются **затухающими колебаниями**.



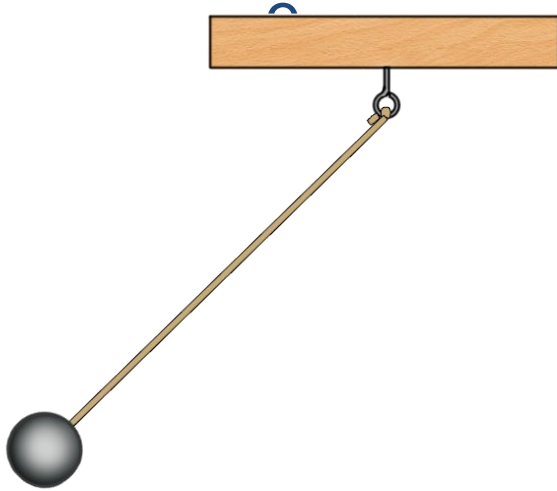
Свободные
колебания всегда
затухают за то или
иное время



Колебания,
происходящие под
действием внешней
периодической силы,
называются
вынужденными
колебаниями

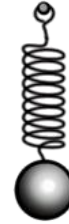
Основное отличие вынужденных колебаний от свободных

Свободны



Вынужденны

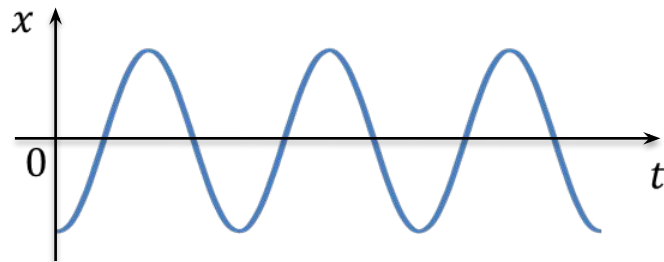
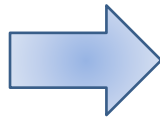
е



Основные характеристики вынужденных колебаний

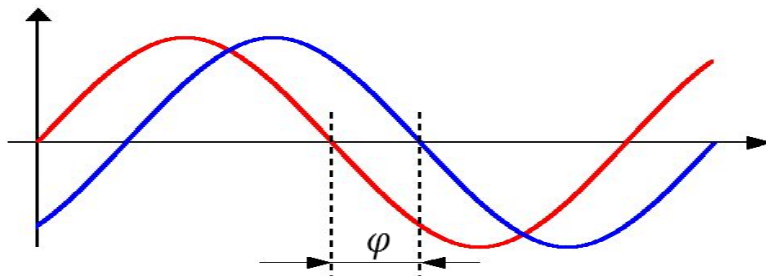
1. Внешнее воздействие навязывает системе свой закон колебаний.

$$F_x = m\omega^2 A \cos(\omega t + \pi)$$



2. Частота вынужденных колебаний равна частоте изменения вынуждающей силы.

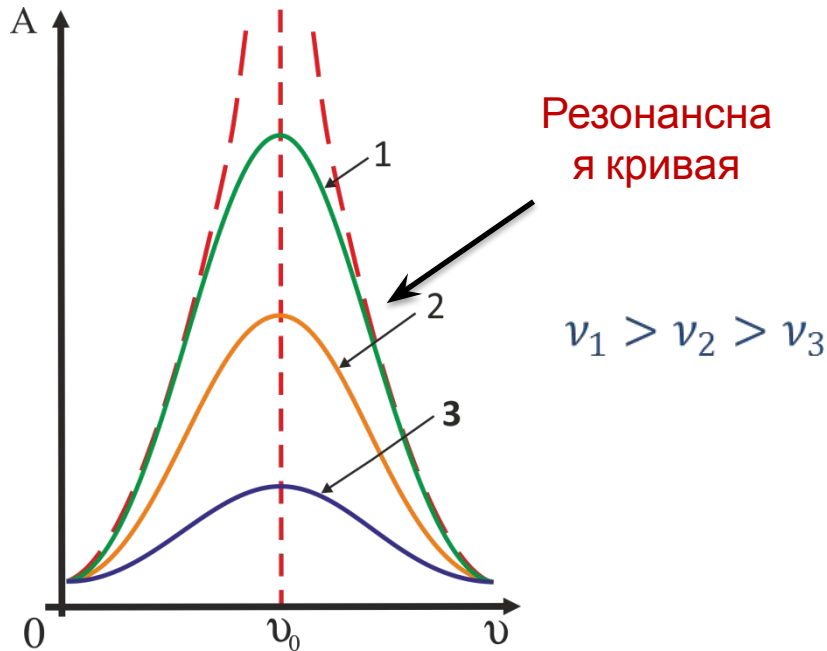
3. Между вынужденными колебаниями и колебаниями внешней силы существует разность фаз.



4. Амплитуда вынужденных колебаний тем больше, чем больше амплитуда вынуждающей силы.

5. Амплитуда вынужденных колебаний зависит от частоты вынуждающего воздействия.

При $\nu \rightarrow \nu_0 \Rightarrow A \uparrow$



Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынужденных колебаний к частоте собственных называется **резонансом**.

ν — резонансная частота.

Примеры резонанса

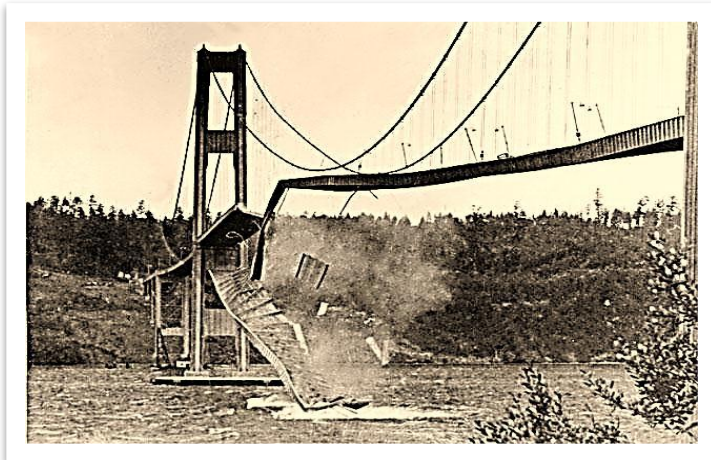




2 февраля

1905

Обрушение Египетского моста в
Санкт-Петербурге



7 ноября 1940

года

Разрушение Такомакского моста в
США

Итоги

урока

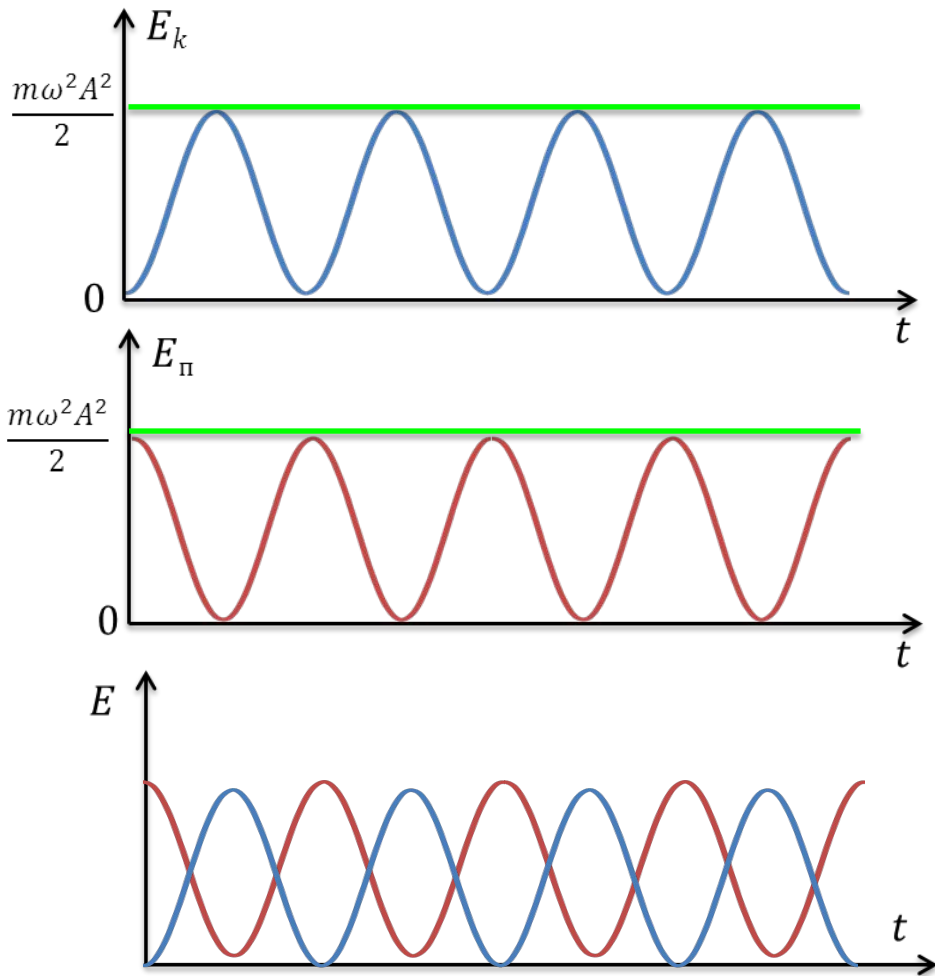
При колебаниях периодически происходит переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно.

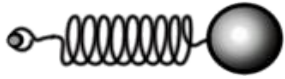
$$E = E_k + E_{\text{п}}$$

$$E_k = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 - \cos 2\omega t)$$

$$E_{\text{п}} = \frac{m\omega^2 A^2}{4} (1 + \cos 2\omega t)$$

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$





Колебания, амплитуда которых со временем уменьшается, называются **затухающими колебаниями**.

Колебания, происходящие под действием внешней периодической силы, называются **вынужденными колебаниями**.

Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынужденных колебаний к частоте собственных называется **резонансом**.