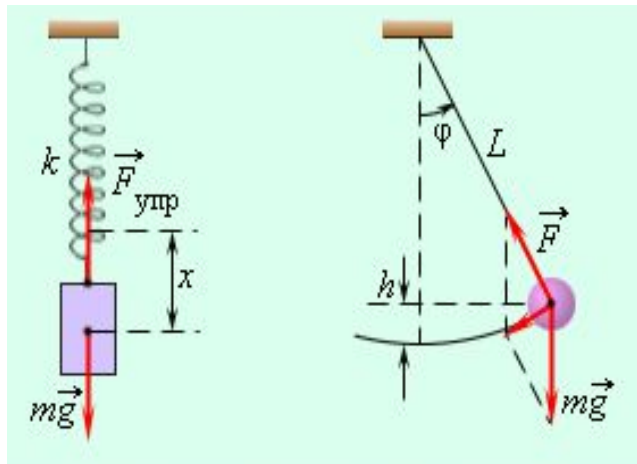


МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ



Цели и задачи уроков:

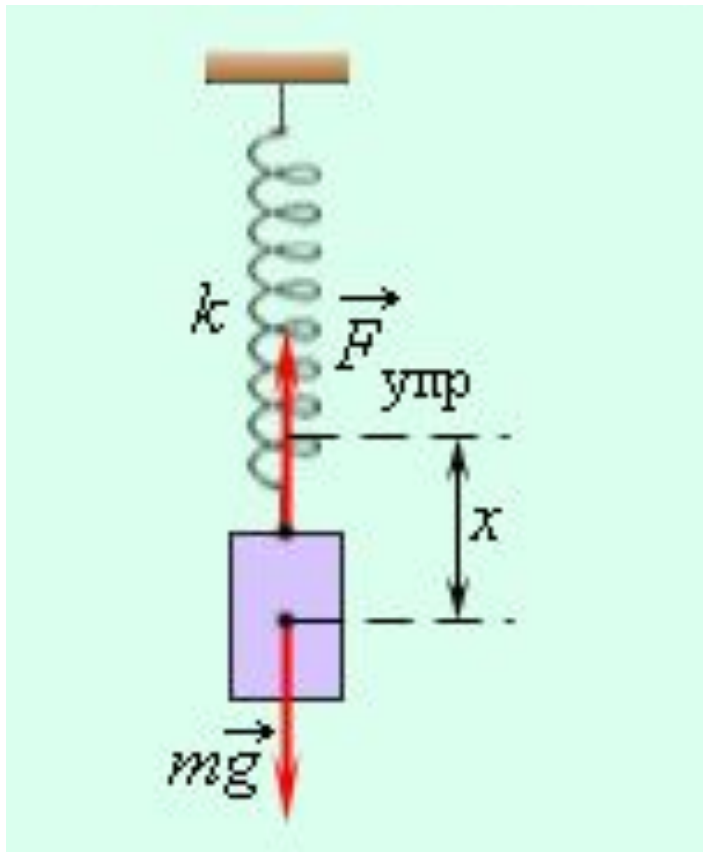
- ❖ формирование понятия о физической колебательной системе, представления о кинематических характеристиках колебаний, умения выделять наблюдать и описывать механические колебания физических систем;
- ❖ знакомство с динамическим описанием колебательного движения пружинного и нитяного маятников, с графическим описанием гармонических колебаний пружинного и нитяного маятников;
- ❖ формирование умений применять закон сохранения полной механической энергии при описании колебательного движения;
- ❖ знакомство с понятием о вынужденных колебаниях, резонансе, автоколебаниях, с применением данных понятий в технике.

Содержание

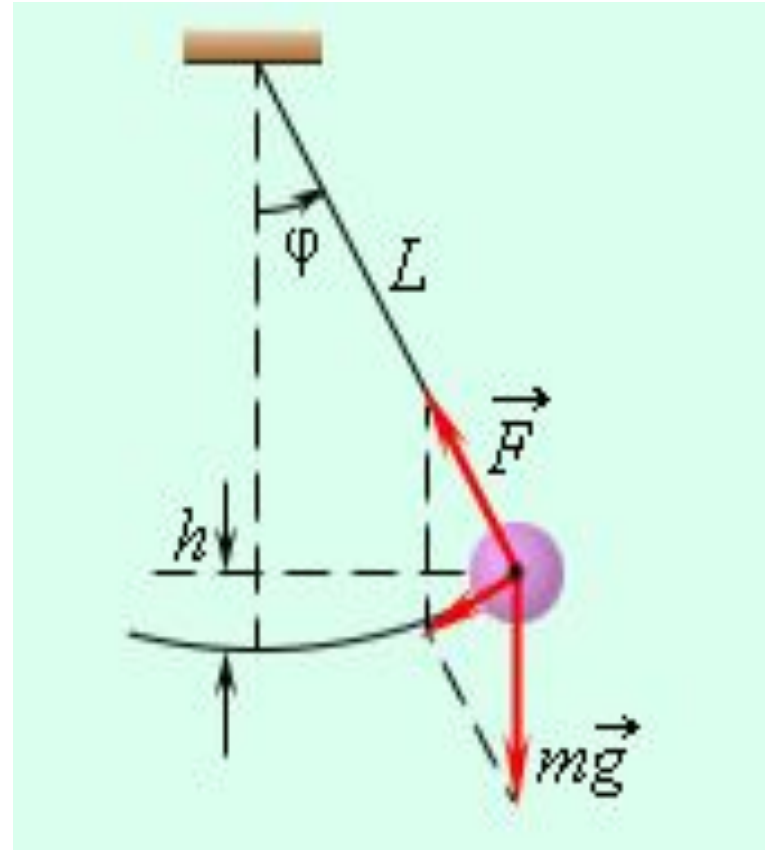
- ❖ Колебательные системы.
- ❖ Пружинный маятникПружинный маятник.
- ❖ Нитяной маятник.
- ❖ Свободные колебания. Условия их возникновения.
- ❖ Математический, физический маятники.
- ❖ Гармонические колебания.
- ❖ Уравнение колебательного движения и его решение.
- ❖ Характеристики колебательного движения.
- ❖ Зависимость периода и собственной частоты колебаний от свойств системы.
- ❖ Превращения энергии при гармонических колебанияхПревращения энергии при гармонических колебаниях.
- ❖ Вынужденные колебания. Резонанс.
- ❖ Автоколебания.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

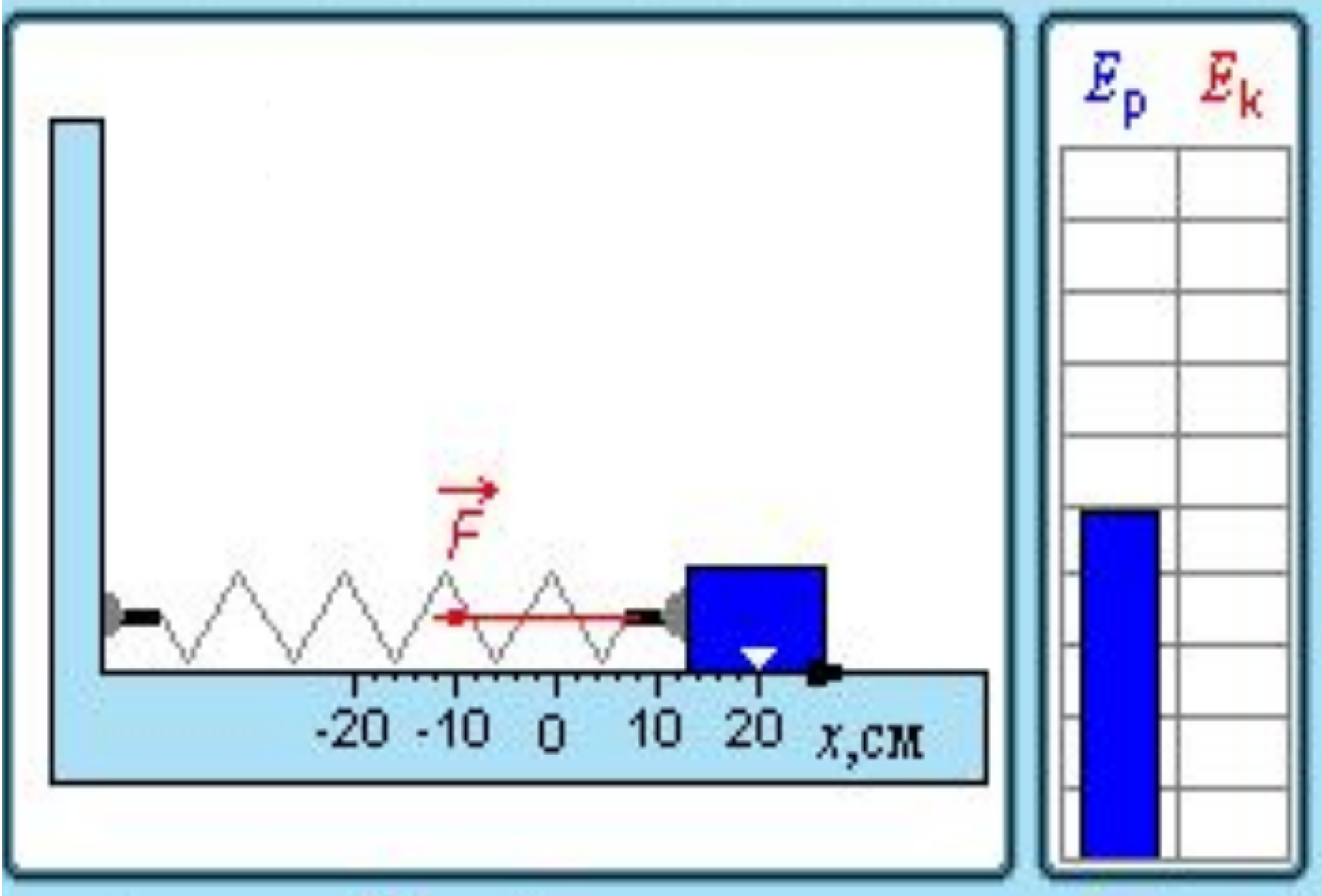
Пружинный маятник

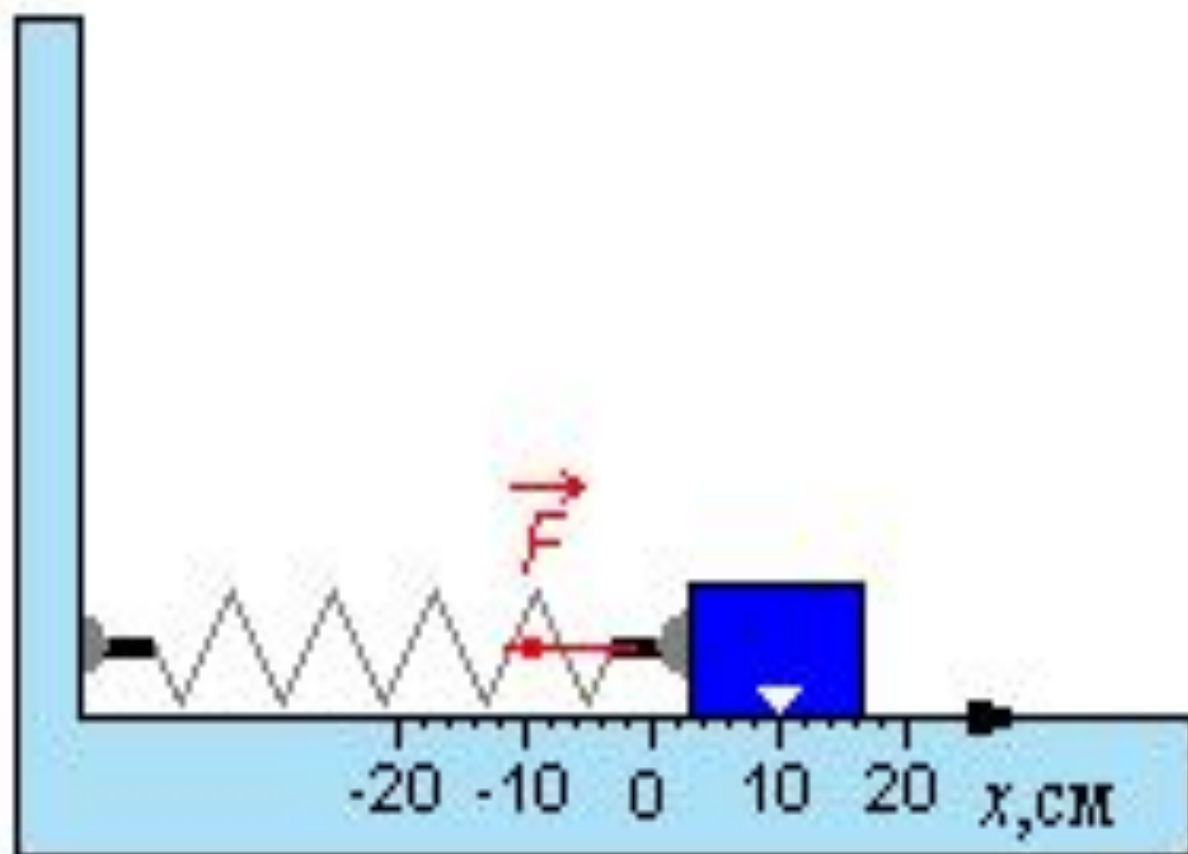


Нитяной маятник

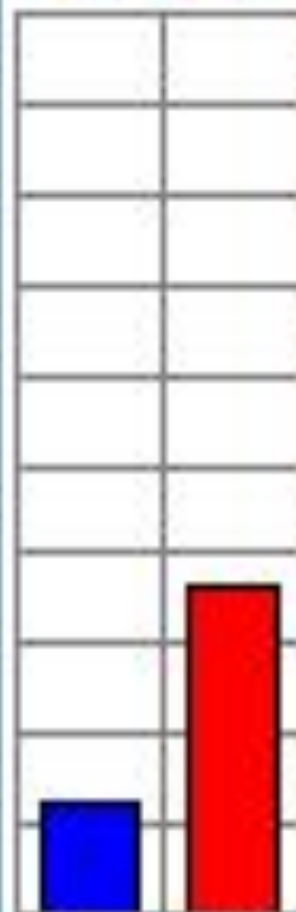


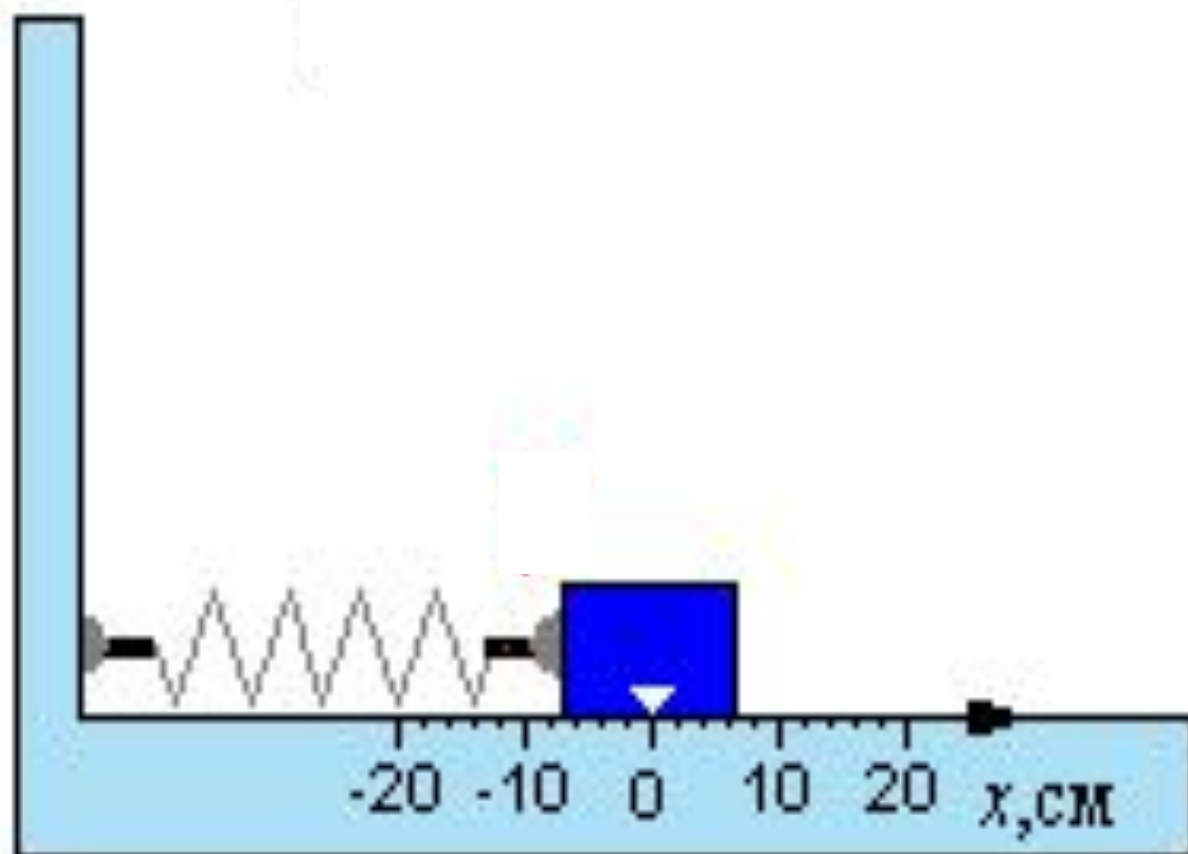
Пружинный маятник



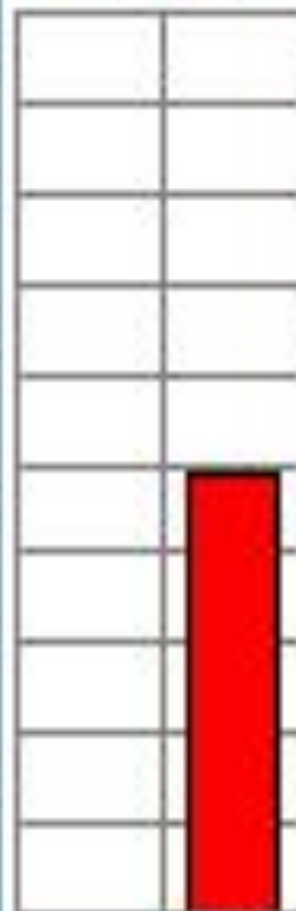


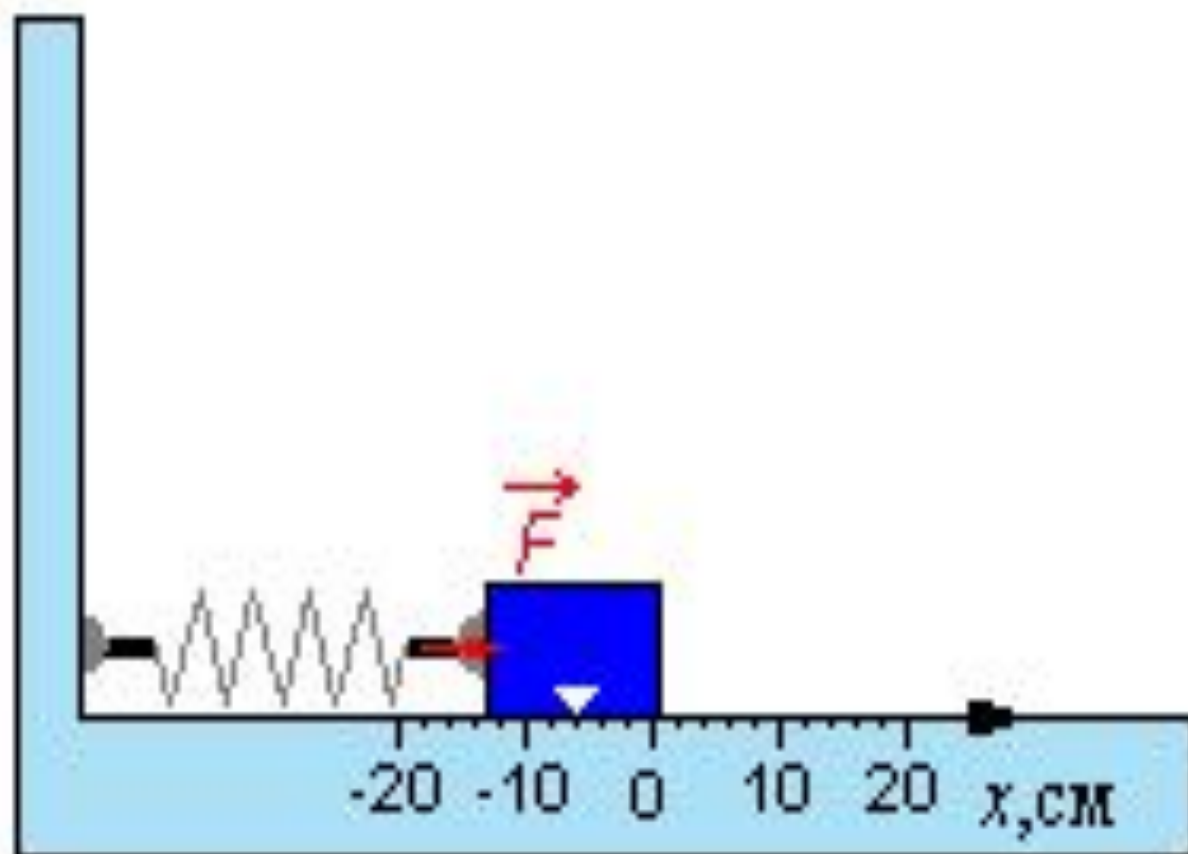
E_p E_k



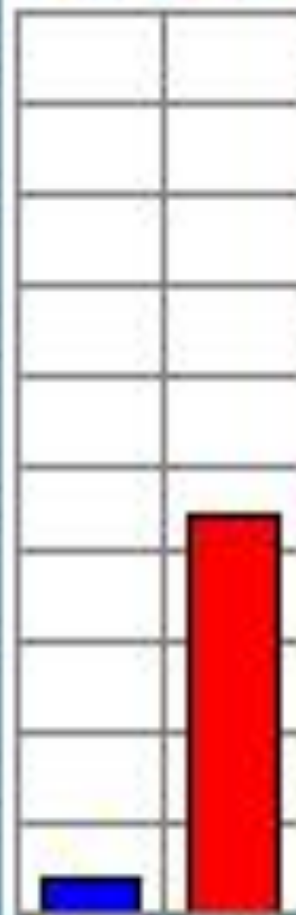


E_p E_k

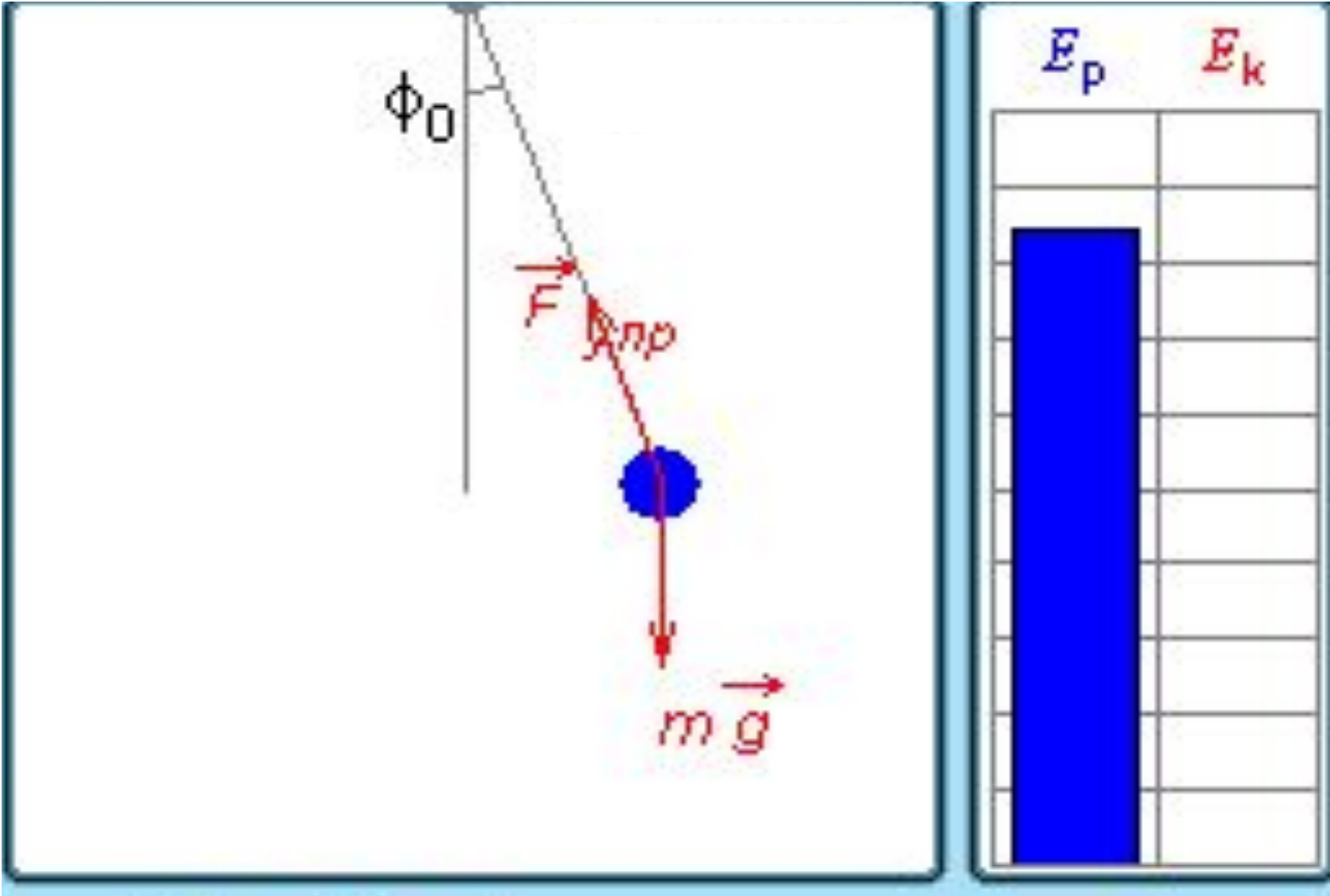




E_p E_k



Нитяной маятник



Свободные колебания

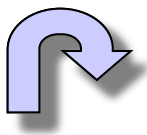
Механическими колебаниями называют движения тел, повторяющиеся точно (или приблизительно) через одинаковые промежутки времени.

Свободные колебания совершаются под действием внутренних сил системы после того, как система была выведена из положения равновесия.

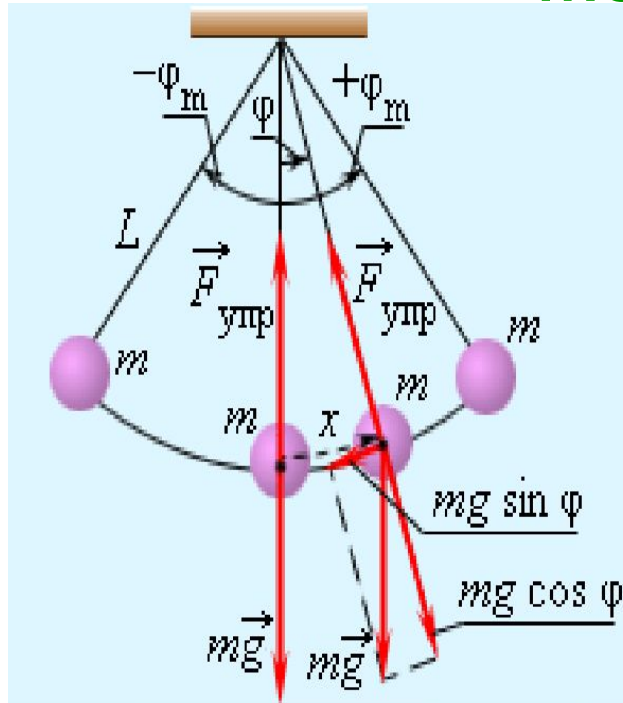
Условия возникновения свободных колебаний.

Во-первых, при выведении тела из положения равновесия в системе должна возникать сила, направленная к положению равновесия и стремящаяся вернуть тело в положение равновесия.

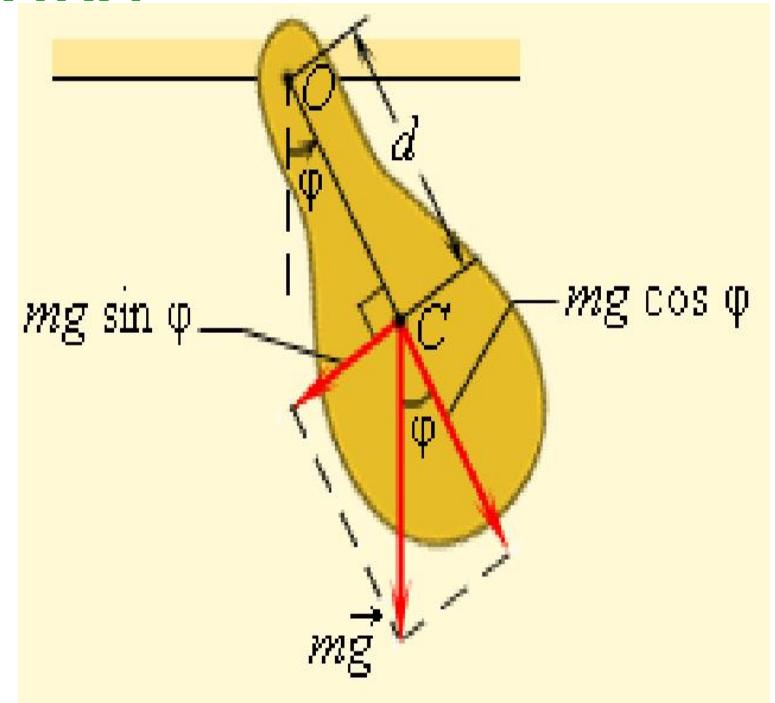
Во-вторых, трение в системе должно быть достаточно мало.



Математический и физический маятники



Математическим маятником называют тело небольших размеров, подвешенное на тонкой нерастяжимой нити, масса которой пренебрежимо мала по сравнению с массой тела.



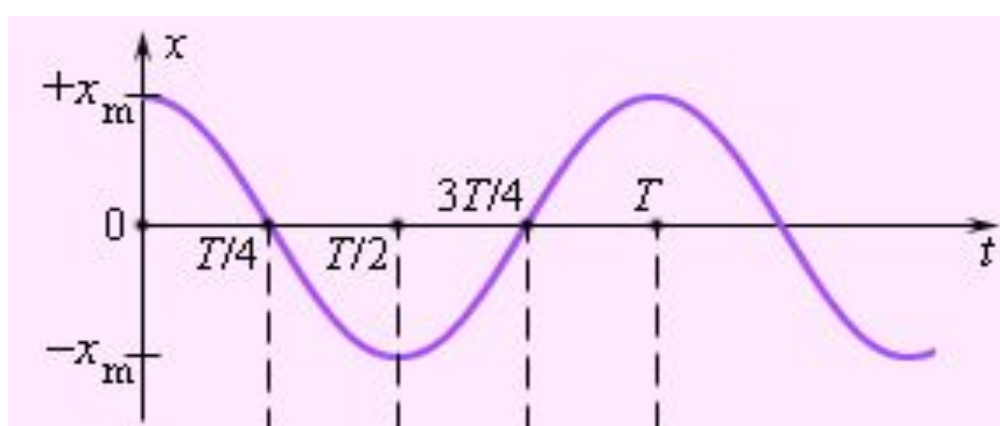
Физическим маятником называют любое тело, насаженное на горизонтальную ось вращения, способное совершать в поле тяготения свободные колебания.

Периодические изменения физической величины в зависимости от времени,
происходящие по закону синуса или косинуса, называются
гармоническими колебаниями.

$$x = x_m \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$X = x_m \sin(\omega t + \phi_0)$$

ОСЦИЛОГРАММА колебательного движения



Уравнение колебательного движения и его решение

Второй закон Ньютона для груза на пружине

$$ma = -kx, \Rightarrow$$

$$a = -k/m x, \text{ т. е.}$$

$$a \sim -x$$

Для математического маятника второй закон Ньютона записывается в виде

$$ma_{\tau} = -mg \sin x/l$$

Для малых углов $\sin x/l \approx x/l$

$$\Rightarrow a_{\tau} = -g/l x, \text{ т. е.}$$

$$a \sim -x$$

$$x'' \sim -x$$

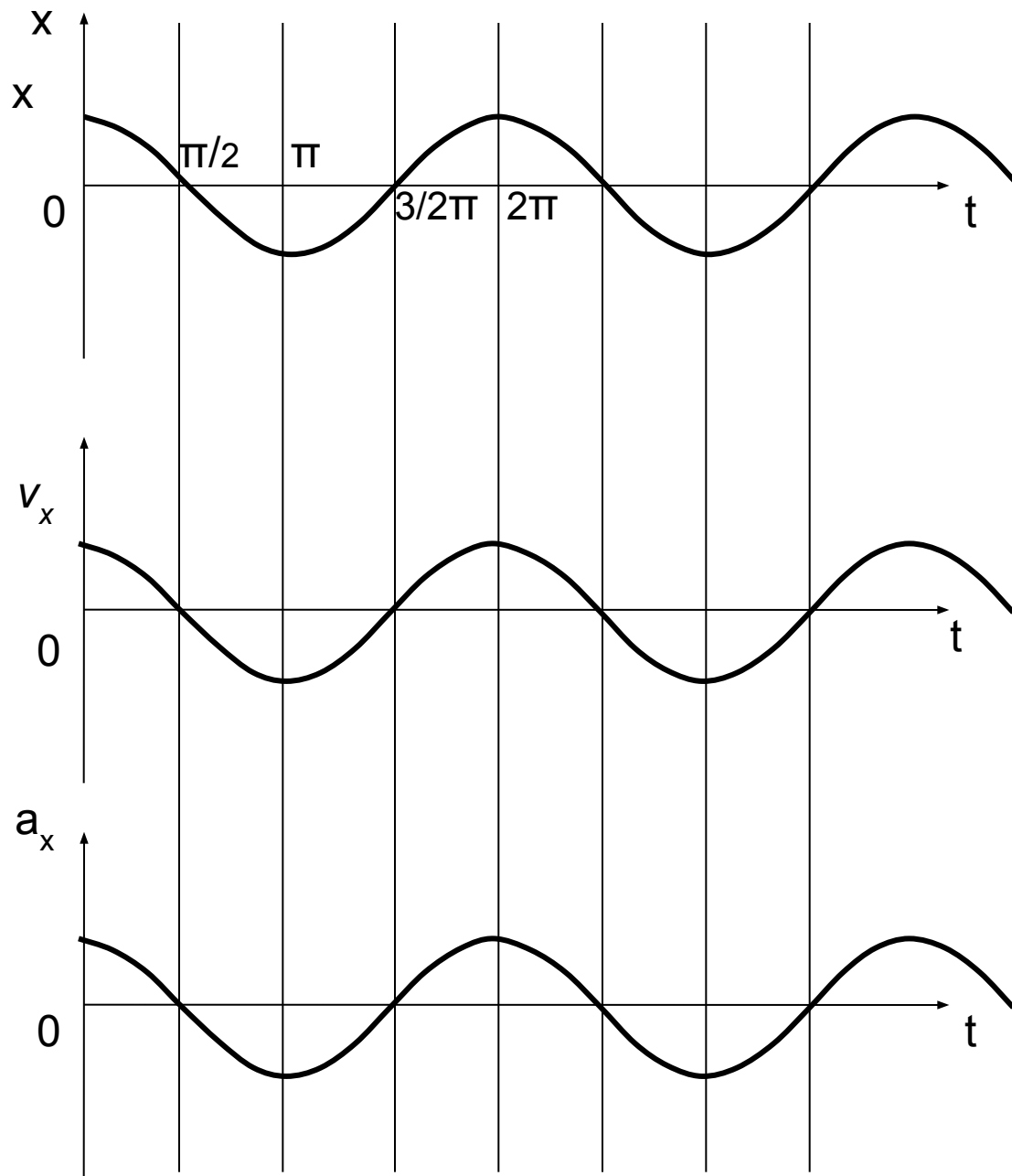
Уравнение $x'' = -\omega_0^2 x$ является уравнением свободных колебаний.

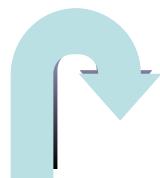
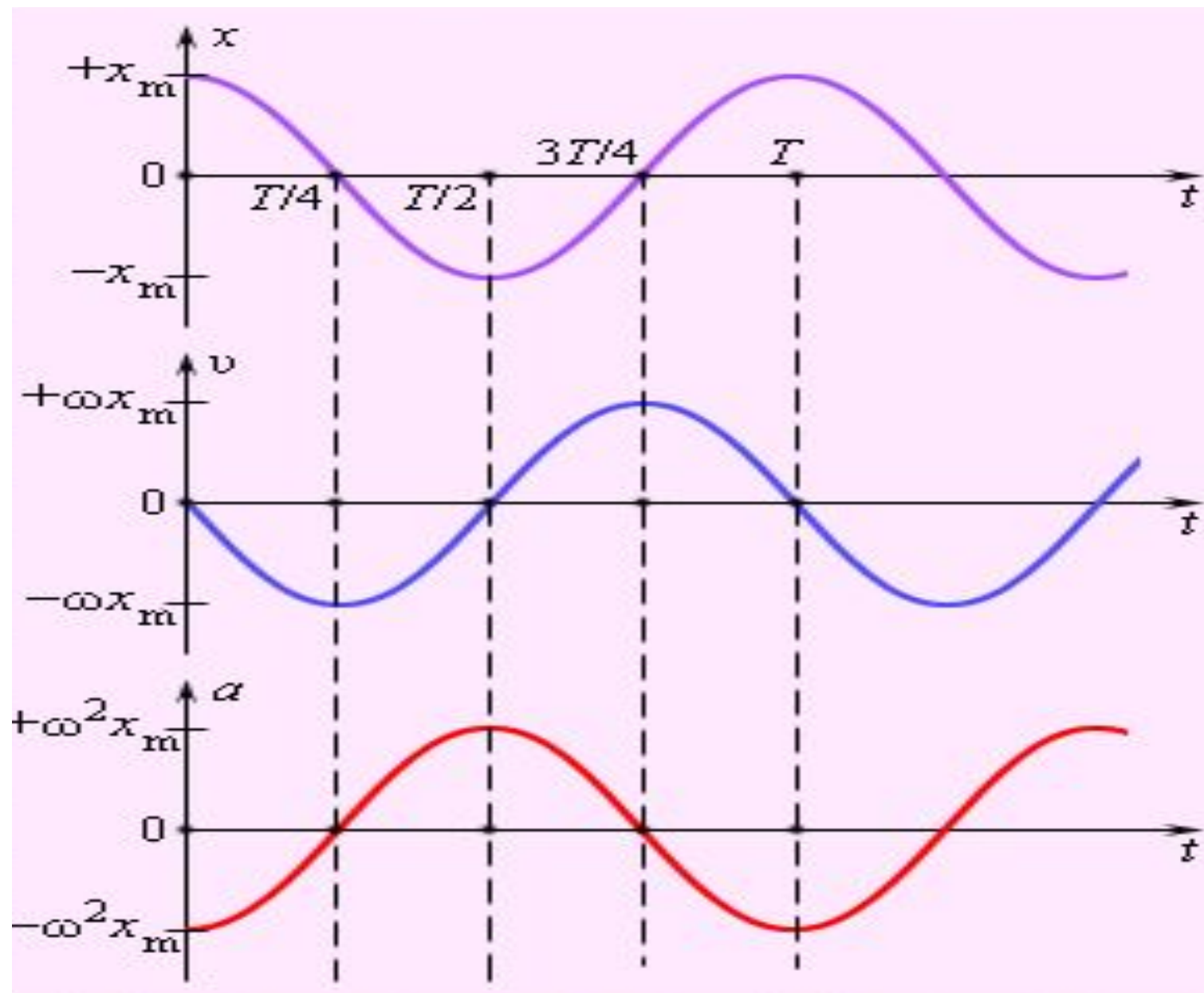
Все физические системы (не только механические), описываемые таким уравнением, способны совершать свободные гармонические колебания, так как решением этого уравнения являются гармонические функции вида

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0).$$

$$x = x_m \cos \omega_0 t$$

Написать: уравнения
 $v_x(t)$, $a_x(t)$; выражения
 для v_m , a_m .



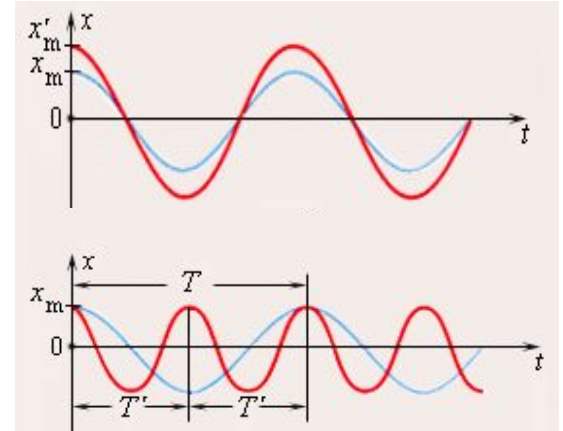


Характеристики колебательного движения

- **Амплитуда** — модуль наибольшего смещения тела от положения равновесия.

$$[x_m] = [\text{м}]$$

- **Период** — минимальный промежуток времени, через который движение тела полностью повторяется. $[T] = [\text{с}]$

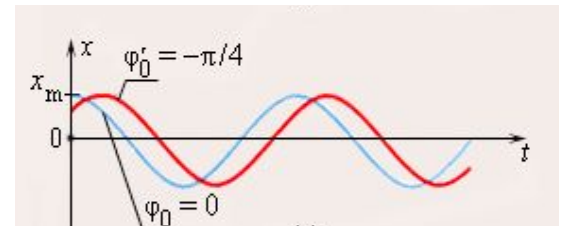


- **Частота** — число колебаний в единицу времени. $[\nu] = [\text{Гц}]$

Циклическая частота — число колебаний за 2π секунды.

$$[\omega_0] = [\text{рад/с}]$$

- **Фаза** — величина, стоящая под знаком $\sin$ или $\cos$. $[\phi] = [\text{рад}]$



Зависимость периода и собственной частоты колебаний от свойств системы

Пружинный маятник

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

k – жесткость пружины

m – масса груза

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Физический маятник

$$\omega_0^2 = \frac{mgd}{I} \quad \text{или} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

I – момент инерции маятника относительно оси вращения O

Нитяной (математический) маятник

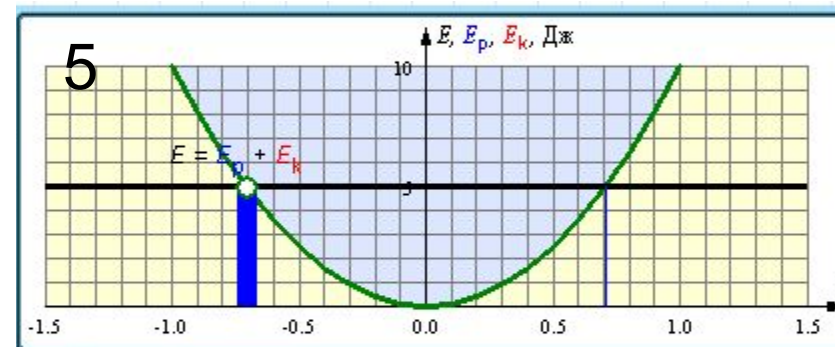
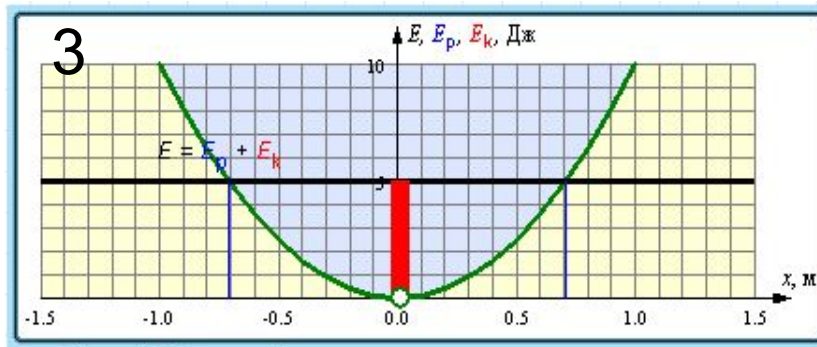
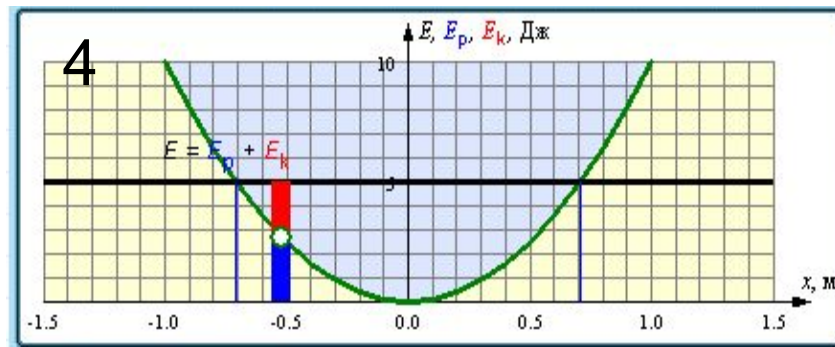
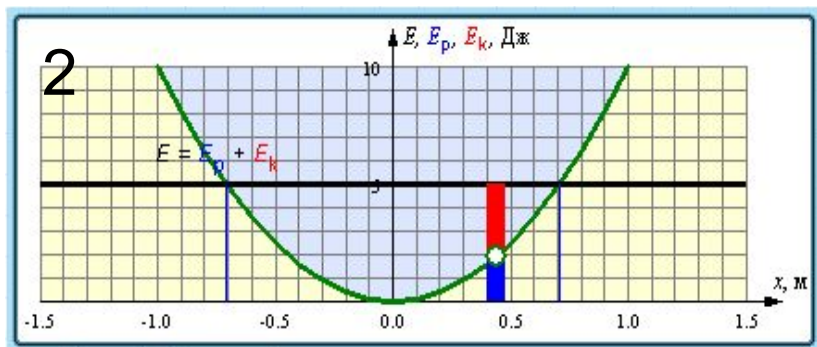
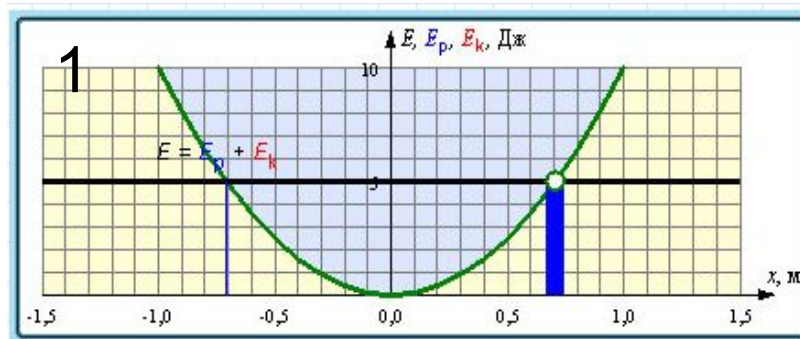
$$\omega_0^2 = \frac{g}{l}; \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

g – УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

l – длина нити

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Преобразования энергии при гармонических колебаниях



При гармонических колебаниях происходит периодическое превращение кинетической энергии в потенциальную и наоборот.

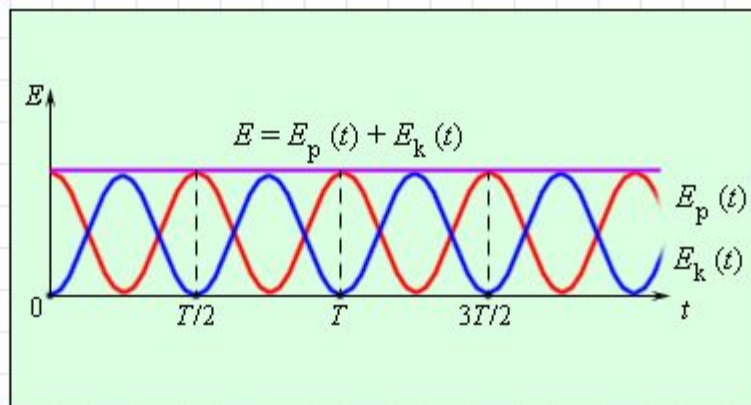
Пружинный маятник

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}, \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m},$$

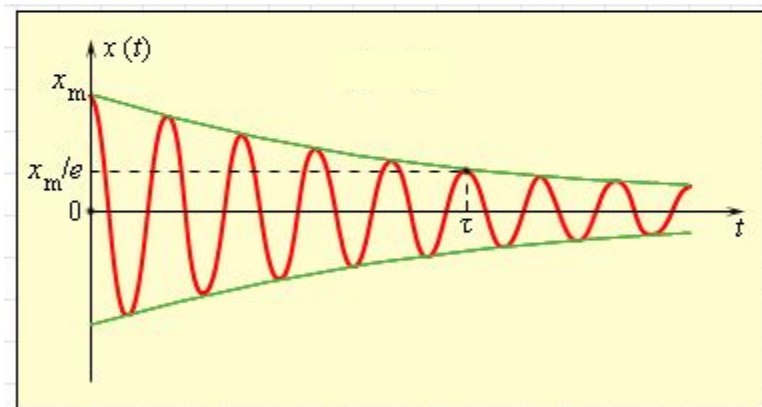
Нитяной маятник

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mgh, \quad \omega_0^2 = \frac{g}{l},$$

Превращение энергии при свободных колебаниях



Затухающие колебания

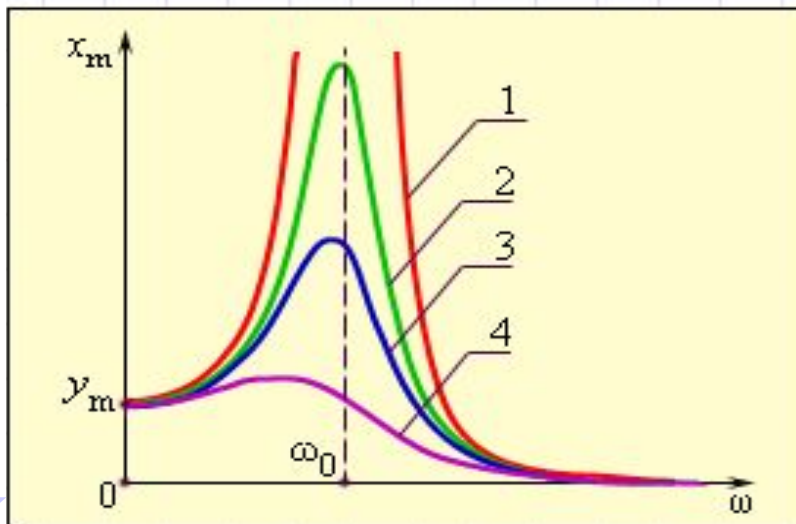


Вынужденные колебания. Резонанс

Колебания, совершающиеся под воздействием внешней периодической силы, называются **вынужденными**.

Если частота ω внешней силы приближается к собственной частоте ω_0 , возникает резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний. Это явление называется **резонансом**.

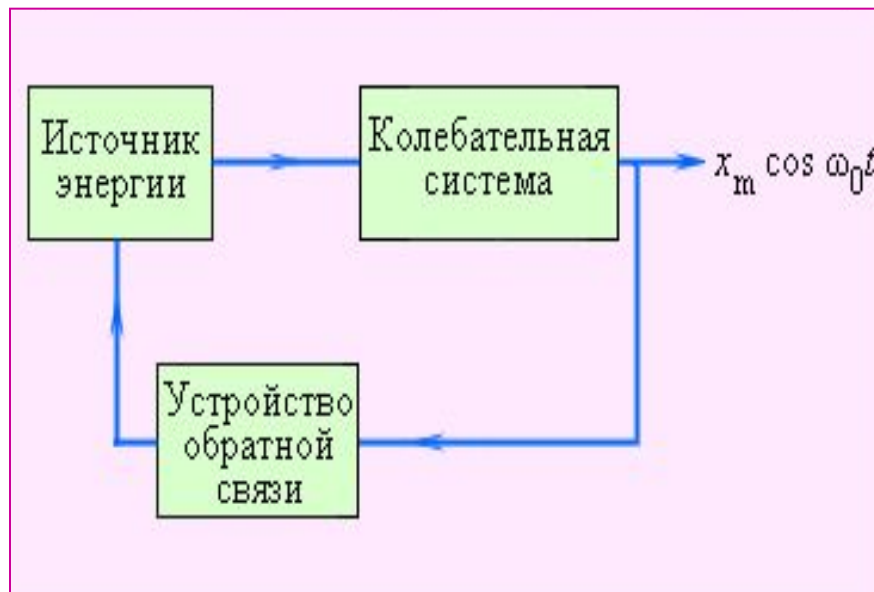
Резонансные кривые при различных уровнях затухания



1. Колебательная система без трения.
2. Колебательная система с малым трением.
3. Колебательная система с большим трением.
4. «Тупой» резонанс.

Автоколебания

Системы, в которых незатухающие колебания возникают за счет имеющейся способности самой регулировать поступление энергии от постоянного источника называются **автоколебательными**.



Функциональная схема автоколебательной системы



Часовой механизм с маятником