

Билет №5.

Кинематика колебательного
движения

Механически колебания

Механические колебания — это движения тел, повторяющиеся точно (или приблизительно) через одинаковые промежутки времени. (Козел, стр.144, первый абзац параграфа 2.1).

Механические колебания, как и колебательные любой другой физической природы, могут быть свободными и вынужденными.

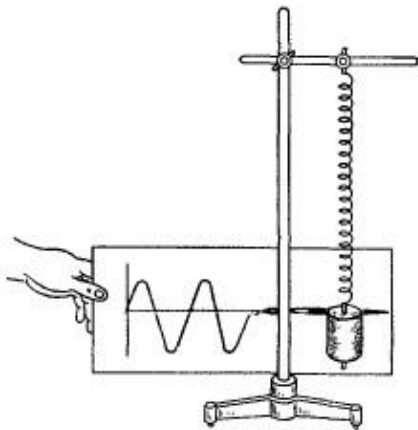


Рис. 32

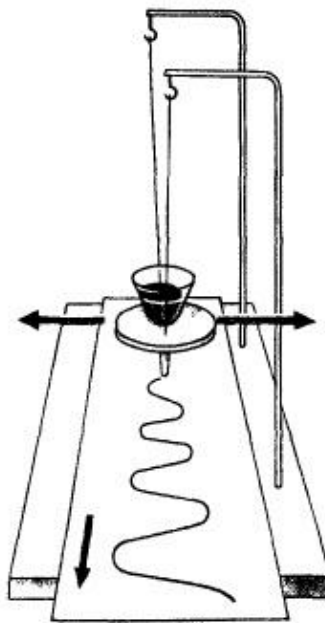
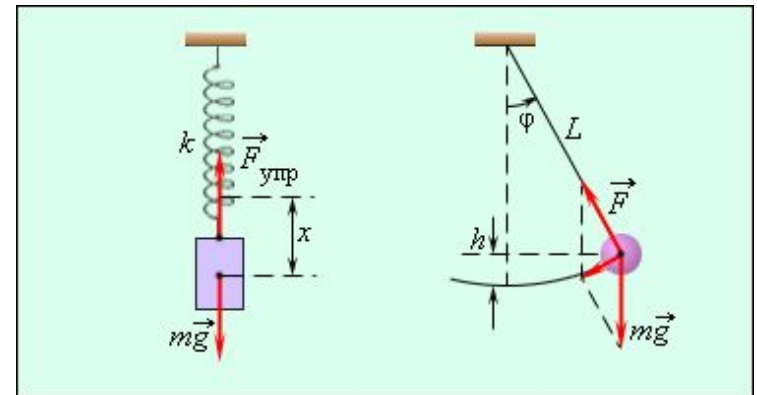


Рис. 33

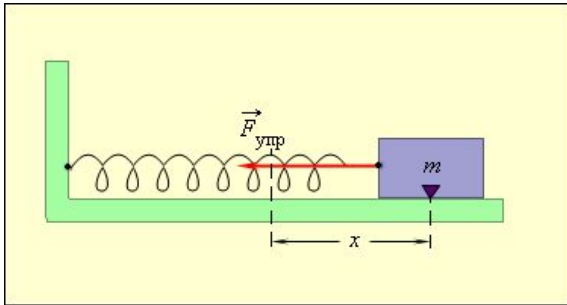


Механические колебательные системы

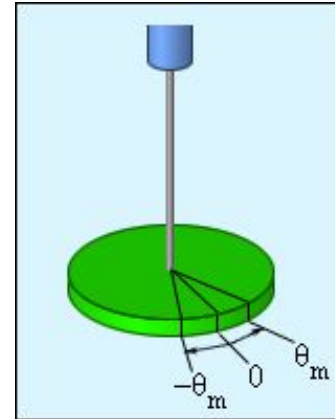
Свободные колебания

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

Например: качели, груз на пружине, натянутая струна гитары, баланси́р(крутильный маятник).



Груз, прикрепленный к пружине

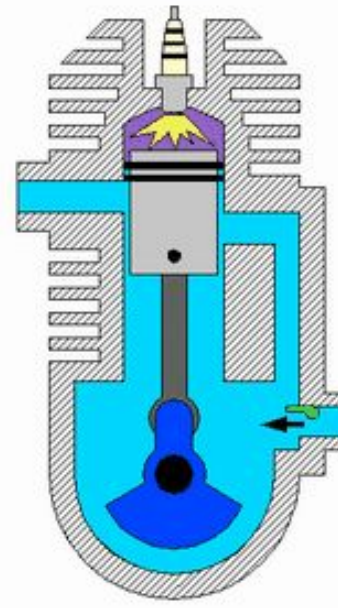


Баланси́р
р

Вынужденные колебания

Колебания называются **вынужденными**, если происходящие под действием внешних периодических сил.

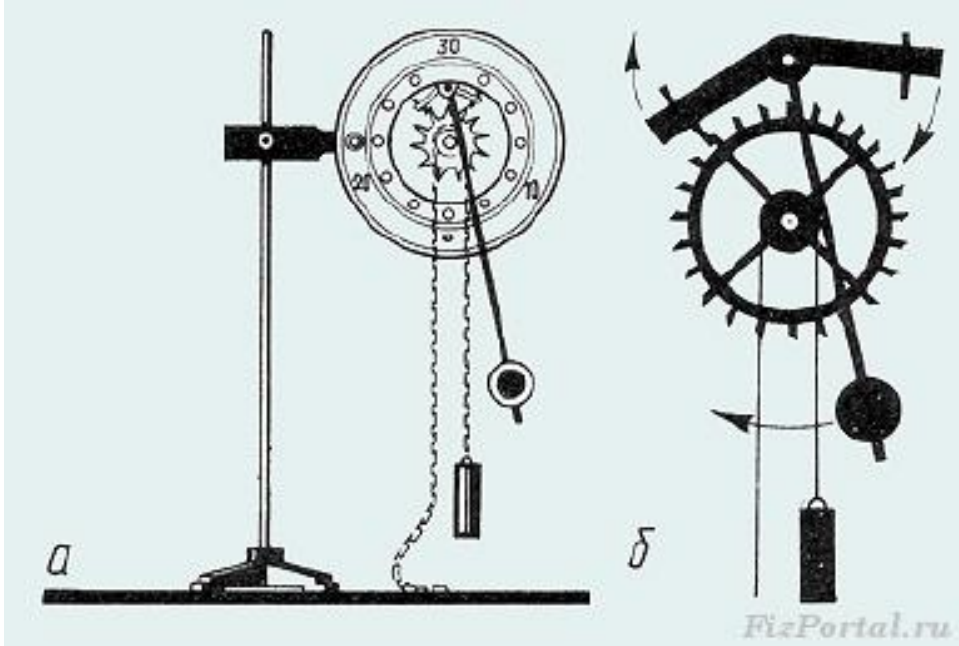
Например: океанические приливы под действием Луны, игла швейной машины, колебание поршня в цилиндре автомобильного двигателя.



Простейшим видом колебательного процесса являются **гармонические колебания**.

Например: колебания груза на пружине, маятник механических часов

Гармонические колебания описываются законом синуса или законом косинуса. **Если мы начинаем рассматривать колебание из положения максимального отклонения, то колебание опишет косинус, а если из положения равновесия, то синус.**



Маятник механических часов.

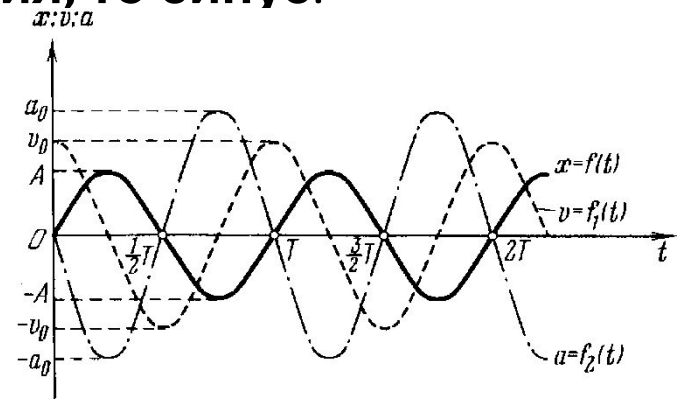


График зависимостей при гармонических колебаниях

Если колебания описывать по закону косинуса, то $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$

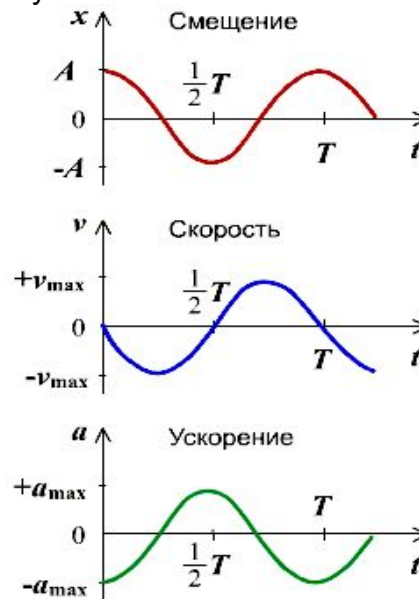
- A –амплитуда колебания, $[A] = 1 \text{ м}$;
- x –координата колеблющегося тела, $[x] = 1 \text{ м}$;
- φ_0 – начальная фаза, $[\varphi] = 1 \text{ рад}$;
- π –число «пи», константа;
- ω –циклическая частота, $[\omega] = 1 \text{ рад/с}$
- u –скорость колеблющегося тела, $[u] = 1 \text{ м/с}$;
- a –ускорение колеблющегося тела, $[a] = 1 \text{ м/с}^2$.

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0) = \\ = A\omega \cos\left[(\omega t + \varphi_0) + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = \\ = A\omega^2 \cos\left[(\omega t + \varphi_0) + \pi\right]$$

Важно помнить, что колебание косинуса можно описать колебанием синуса с начальной фазой $\varphi_0 = \pi/2$.

График зависимостей при описании через косинус



Графики смещения, скорости, ускорения при гармонических колебаниях

Если колебания описывать по закону синуса

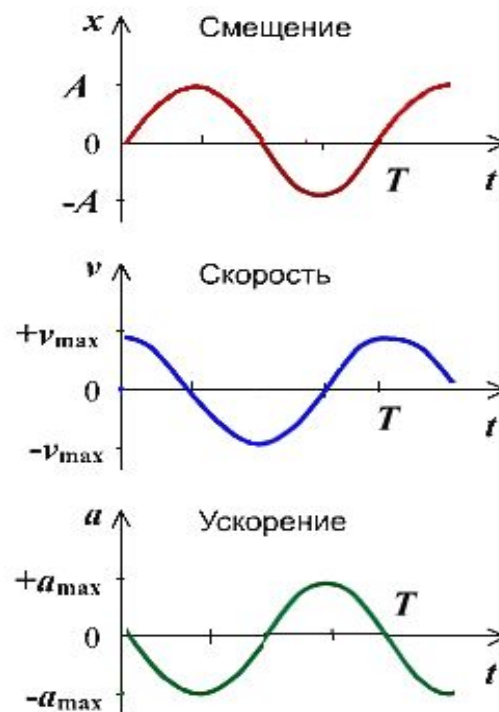
$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

- A – амплитуда колебания, $[A] = 1 \text{ м}$;
- x –координата колеблющегося тела, $[x] = 1 \text{ м}$;
- φ_0 – начальная фаза, $[\varphi] = 1 \text{ рад}$;
- π –число «пи», константа;
- ω –циклическая частота, $[\omega] = 1 \text{ рад/с}$
- u – скорость колеблющегося тела, $[u] = 1 \text{ м/с}$;
- a – ускорение колеблющегося тела, $[a] = 1 \text{ м/с}^2$

$$v = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) = \\ = A\omega \sin\left[(\omega t + \varphi_0) + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = \\ = A\omega^2 \sin[(\omega t + \varphi_0) + \pi]$$

График зависимости при описании через закон синуса.



Графики смещения, скорости, ускорения при гармонических колебаниях

Из графиков видно, что своего максимального значения скорость и ускорение достигают тогда, когда множитель, содержащий тригонометрическую функцию равен 1 или -1 .

Отсюда несложно вывести формулы:

$$v_{\max} = A\omega$$

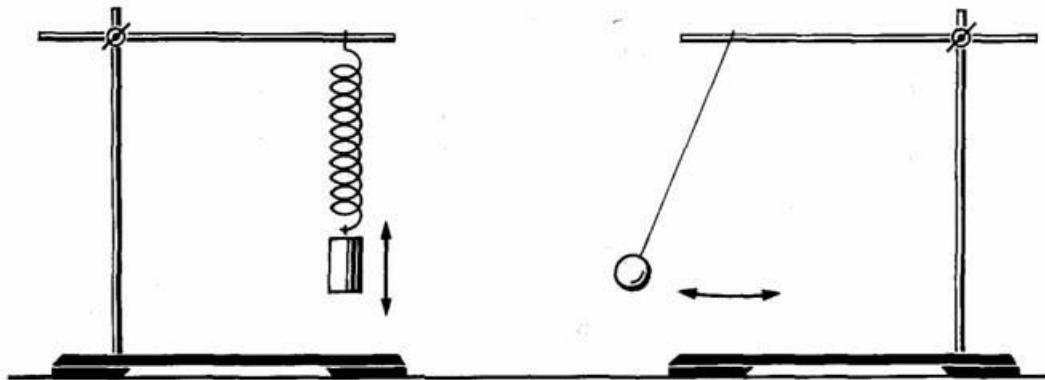
- A – амплитуда колебания, $[A] = 1 \text{ м}$;
- ω – циклическая частота, $[\omega] = 1 \text{ рад/с}$
- v – скорость колеблющегося тела, $[v] = 1 \text{ м/с}$;
- a – ускорение колеблющегося тела, $[a] = 1 \text{ м/с}^2$.

$$a_{\max} = A\omega^2$$

Период колебаний нитяного и пружинного маятников.

Период колебаний маятника (T)—наименьший промежуток времени, за который осциллятор совершает одно полное колебание (то есть возвращается в то же состояние, в котором он находился в первоначальный момент, выбранный произвольно). Измеряется в секундах [с].

Маятник — система, подвешенная в поле тяжести и совершающая механические колебания. Колебания совершаются под действием силы тяжести, силы упругости и силы трения. Во многих случаях трением можно пренебречь, а от сил упругости (либо сил тяжести) абстрагироваться, заменив их связями.

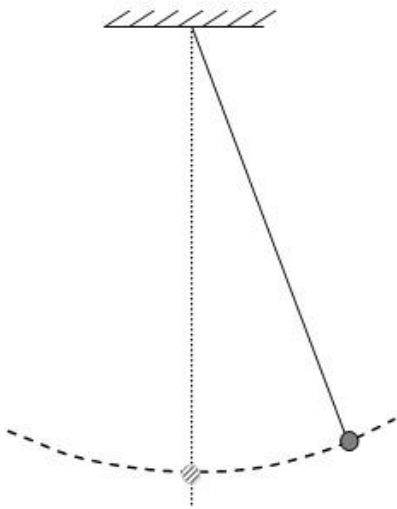


Пружинный и нитяной маятники
соответственно.

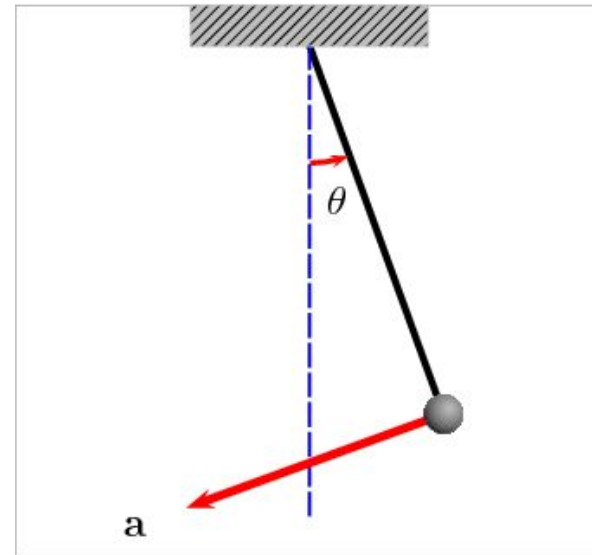
Нитяным маятником называют тело на невесомой нерастяжимой нити, совершающее колебания.

Если на тело нитяного маятника действуют только сила тяжести и сила упругости, он совершает колебания с постоянным периодом.

- Период колебания нитяного маятника рассчитывается по формуле $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
- l – длина нити;
- T – период колебания маятника;
- g – ускорение свободного падения;
- π – число пи, константа.



Нитяной
маятник



Колебания нитяного маятника с указанием направлений скорости и ускорения

Маятник Фуко

Маятник Фуко́ — маятник, используемый для экспериментальной демонстрации суточного вращения Земли.



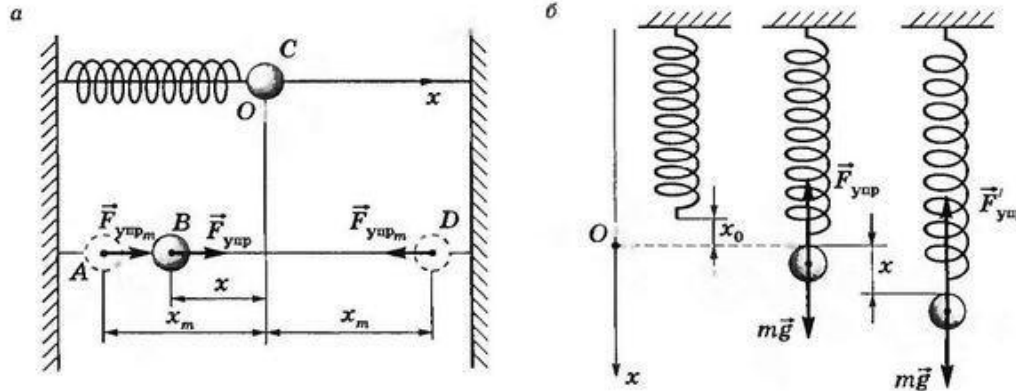
Маятник Фуко в
действии

Пружинный маятник — механическая система, состоящая из пружины с коэффициентом упругости k , один конец которой жёстко закреплён, а на втором находится груз массы m .

Период колебаний **пружинного маятника** может быть вычислен по следующей формуле:

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

- k — коэффициент упругости пружины (билет №8);
- m — масса прикрепленного груза;
- π — число пи, константа.



Пружинные
маятники