

КОЛЕБАНИЯ

Механические колебания

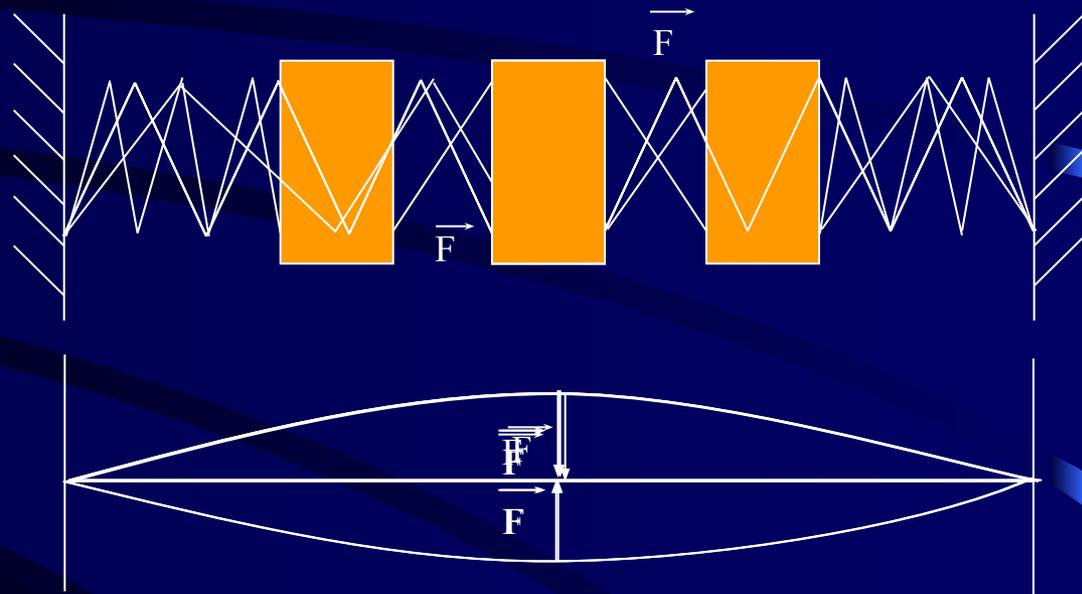
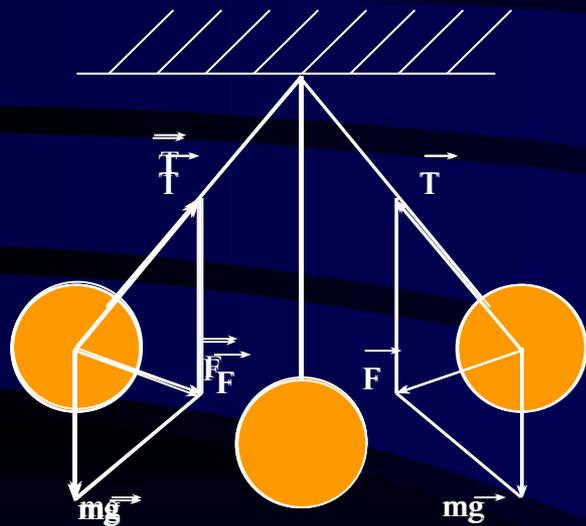
Механические колебания - это движения, которые точно или приблизительно повторяются во времени.

Условия возникновения механических колебаний.

- Внешнее воздействие на колебательную систему для выведения из положения равновесия.
- При выведении тела из положения устойчивого равновесия возникает равнодействующая, направленная к положению равновесия. (возникают условия для постоянного перехода кинетической энергии в потенциальную и обратно).
- Силы трения в системе малы.

Для возникновения колебания тело необходимо вывести из положения равновесия, сообщив либо кинетическую энергию (удар, толчок), либо потенциальную (отклонение тела).

ПРИМЕРЫ КОЛЕБАНИЙ



Характеристики колебательного процесса.

Смещение - отклонение колеблющейся точки от положения равновесия в данный момент времени.

Единицы измерения : Метры (м)

Обозначение : x

Формула : $x = x_m \cos(\omega t)$

$x = x_m \sin(\omega t)$

Амплитуда- наибольшее смещение от положения равновесия.

Единицы измерения : Метры (м)

Обозначение : x_m

Если колебания не затухающие, то амплитуда постоянна!

Период- время, за которое совершается одно полное колебание.

Единицы измерения : Секунды (с)

Обозначение : T

Формула : $T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$

За время, равное одному периоду (одно полное колебание), тело совершает перемещение, равное 0 и проходит путь, равный $4x_{max}$.

Частота- число полных колебаний за единицу времени.

Единицы измерения : Герцы (Гц)

Обозначение : ν

Формула : $\nu = \frac{N}{t}$

Частота колебаний равна одному герцу, если за 1 секунду совершается 1 полное колебание. $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$

Циклической (круговой) частотой периодических колебаний называется число полных колебаний, которые совершаются за 2π единиц времени.

Единицы измерения : с^{-1}

Обозначение : ω

Формула : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$

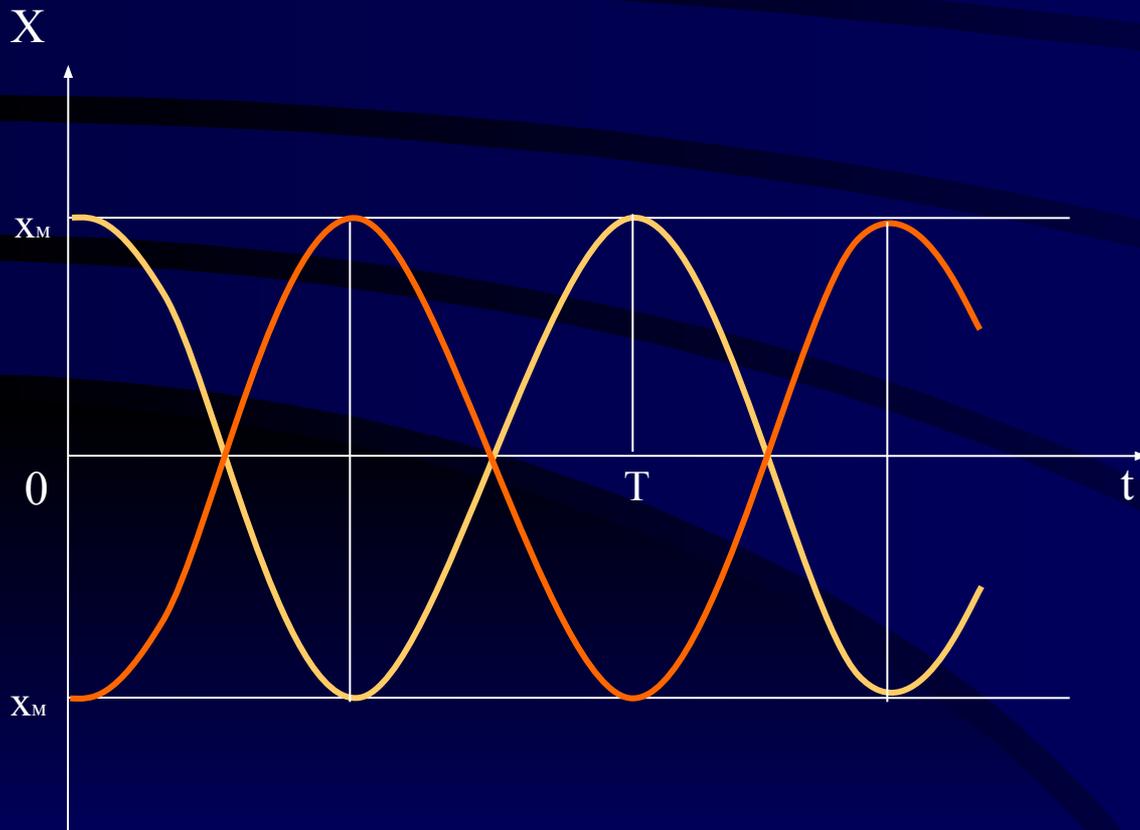
Фаза колебания- физическая величина, определяющая смещение x в данный момент времени.

Единицы измерения : Радианы (рад)

Обозначение : φ

Формула: $\varphi = \varphi_0 + \omega t$

Фаза колебания в начальный момент времени ($t = 0$) называется **начальной фазой** (φ_0)!



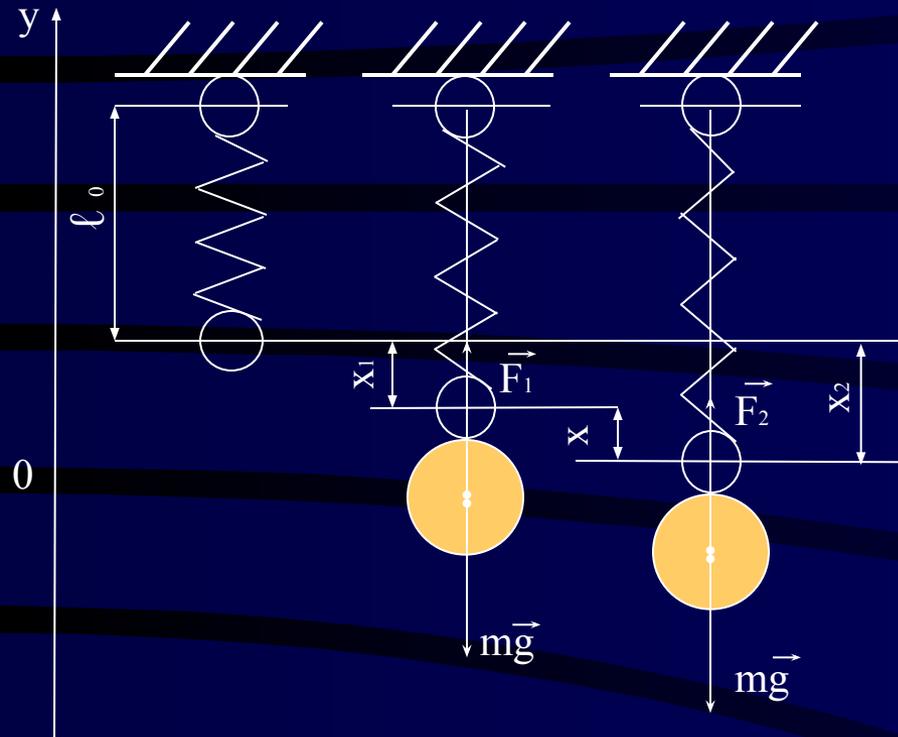
$$x = x_M \cos(\omega t)$$

$$\varphi_0 = 0$$

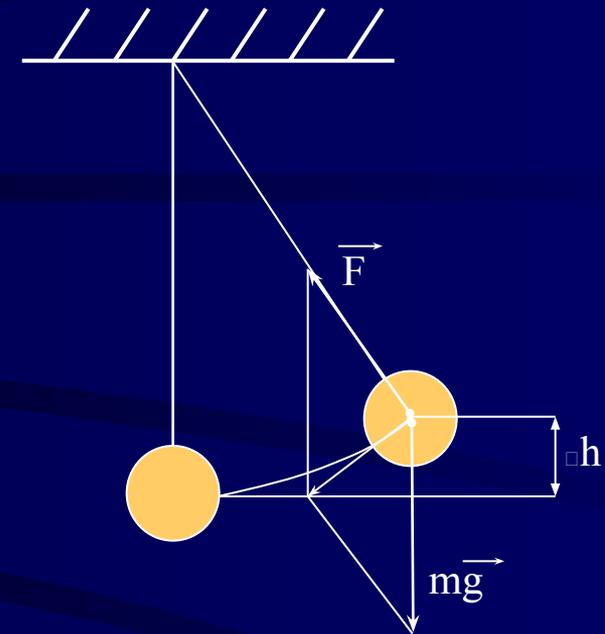
$$x = x_M \cos(\omega t - \pi)$$

$$\varphi_0 = -\pi$$

Колебания пружинного маятника.



Колебания математического маятника.



Формула Гюйгенса :

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

m - масса груза [кг]

k - жесткость пружины $[\frac{H}{M}]$

Формула Галилея :

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

l - длина маятника [М]

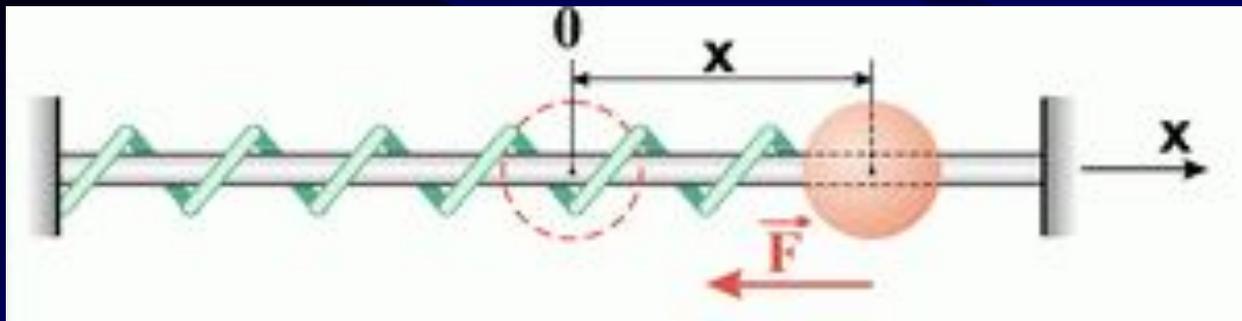
g - ускорение свободного падения $[\frac{M}{c^2}]$

Свободные колебания пружинного маятника

- $F_x = -kx$ – закон Гука
- $F_x = ma_x$ – второй закон Ньютона
- $ma_x = -kx$, $a_x = -kx/m$, $k/m = \text{const}$

$$a_x = -\frac{k}{m}x$$

уравнение свободных колебаний пружинного маятника.



Уравнение гармонических колебаний

Гармонические колебания – это колебания, происходящие по закону синуса или косинуса

X_m – амплитуда колебаний

φ_0 – начальная фаза колебаний

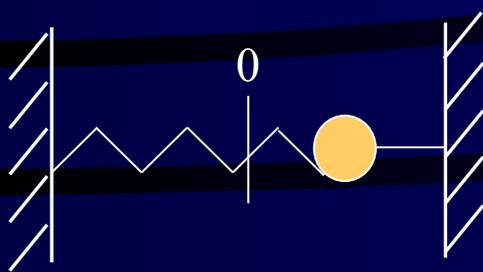
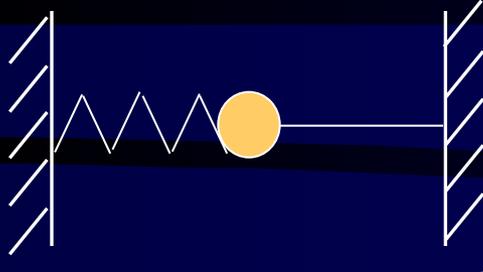
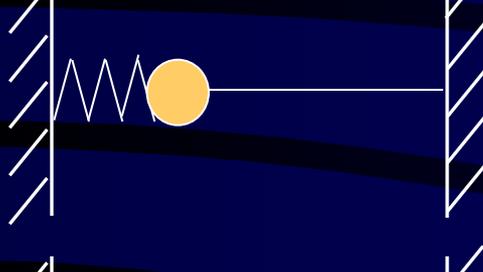
ω – циклическая частота

$$\omega = 2\pi\nu$$

$\varphi = \omega t + \varphi_0$ – фаза колебаний в данный момент времени

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

Преобразование энергии.

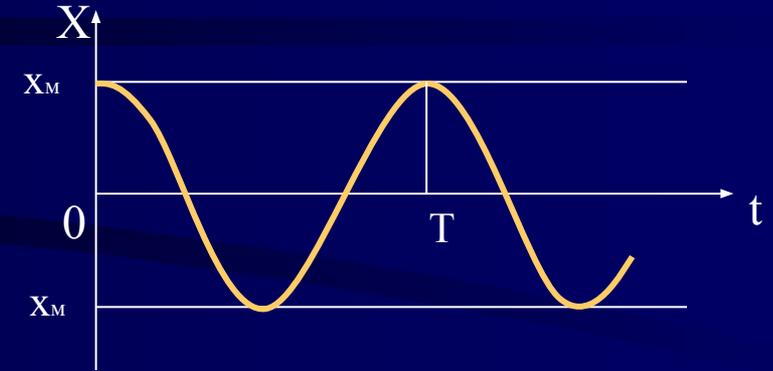
	x	v_x	a_x	W_k	W_n
	x_M	0	$-\frac{k}{m} x_M$	0	$\frac{kx_M^2}{2}$
	0	$-v_M$	0	$\frac{m v_M^2}{2}$	0
	$-x_M$	0	$\frac{k}{m} x_M$	0	$\frac{kx_M^2}{2}$
	0	v_M	0	$\frac{m v_M^2}{2}$	0
	x_M	0	$-\frac{k}{m} x_M$	0	$\frac{kx_M^2}{2}$



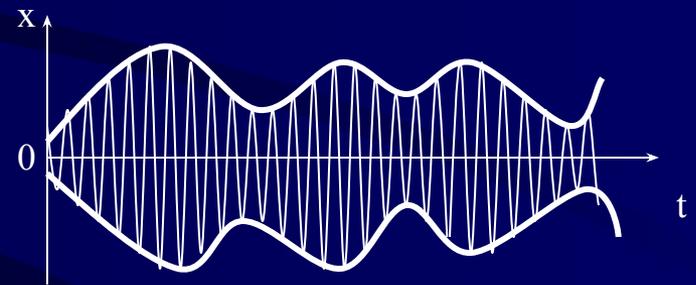
- **КОЛЕБАНИЯ**-процессы изменения состояния тела, обладающие той или иной повторяемостью во времени.

Главное свойство колебательного движения-периодичность во времени!

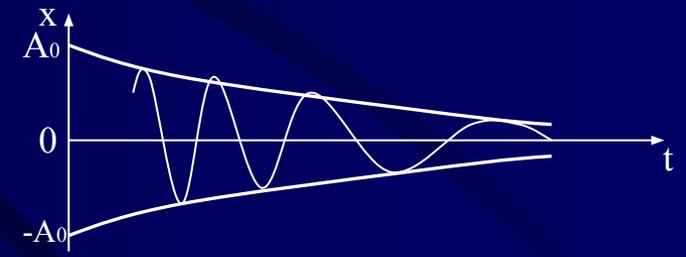
Свободные колебания - это колебания, которые возникают в системе под действием внутренних сил, после того как система была выведена из положения устойчивого равновесия.



Вынужденные колебания-это колебания, которые происходят под действием внешней периодической силы.

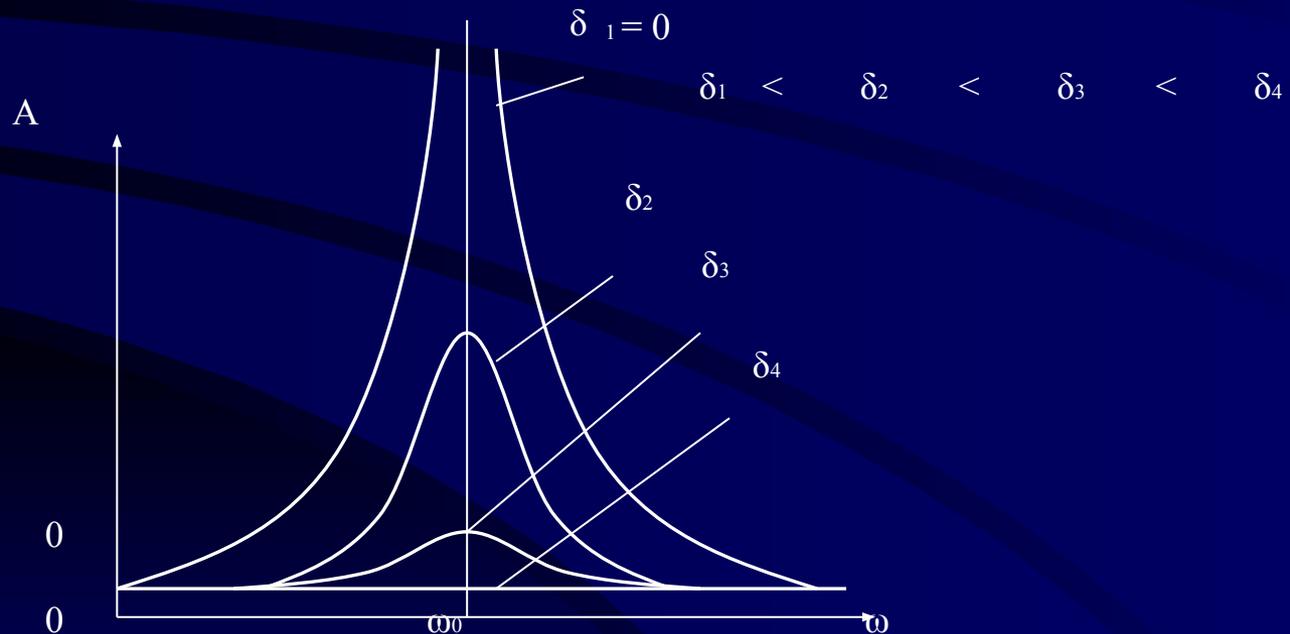


Затухающие колебания- это колебания, энергия (а значит, и амплитуда) которых уменьшается с течением времени.



Резонанс

Резонанс - это явление возрастания амплитуды колебаний при приближении частоты вынуждающей силы ω к собственной частоте колебательной системы ω_0 .



Явление резонанса может явиться причиной разрушения мостов, зданий и других сооружений, если собственные частоты их колебаний совпадут с частотой периодически действующей внешней силы. С явлением резонанса приходится считаться при конструировании машин и различного рода сооружений. Собственная частота этих устройств ни в коем случае не должна быть близка к частоте возможных внешних воздействий.

В январе 1905г. в Петербурге обрушился Египетский мост. Повинны в этом были 9 прохожих, 2 извозчика и 3-й эскадрон Петергофского конногвардейского полка. Произошло следующее. Все солдаты ритмично шагали по мосту. Мост от этого стал раскачиваться – колебаться. По случайному стечению обстоятельств собственная частота колебаний моста совпала с частотой шага солдат. Ритмичный шаг строя сообщал мосту все новые и новые порции энергии. В результате резонанса мост настолько раскачался, что обрушился. Если бы резонанса собственной частоты колебаний моста с частотой шага солдат не было, с мостом ничего бы не случилось. Поэтому при прохождении солдат по слабым мостам принято подавать команду «сбить ногу».



Говорят, что великий тенор Энрико Карузо мог заставить стеклянный бокал разлететься вдребезги, спев в полный голос ноту надлежащей высоты. В этом случае звук вызывает вынужденные колебания стенок бокала. При резонансе колебания стенок могут достичь такой амплитуды, что стекло разбивается.

2 марта 1905 г. в день предстоявшего заседания II Государственной Думы обвалился потолок в главном зале Таврического дворца. Причиной случившегося явилась работа небольшого электровентилятора на чердаке, включенного для проветривания зала перед заседанием Думы.

Учет резонанса



- качели



- -вибромашины, использующиеся в горнодобывающей промышленности



- КОЛОКОЛ

Язычковый частотомер

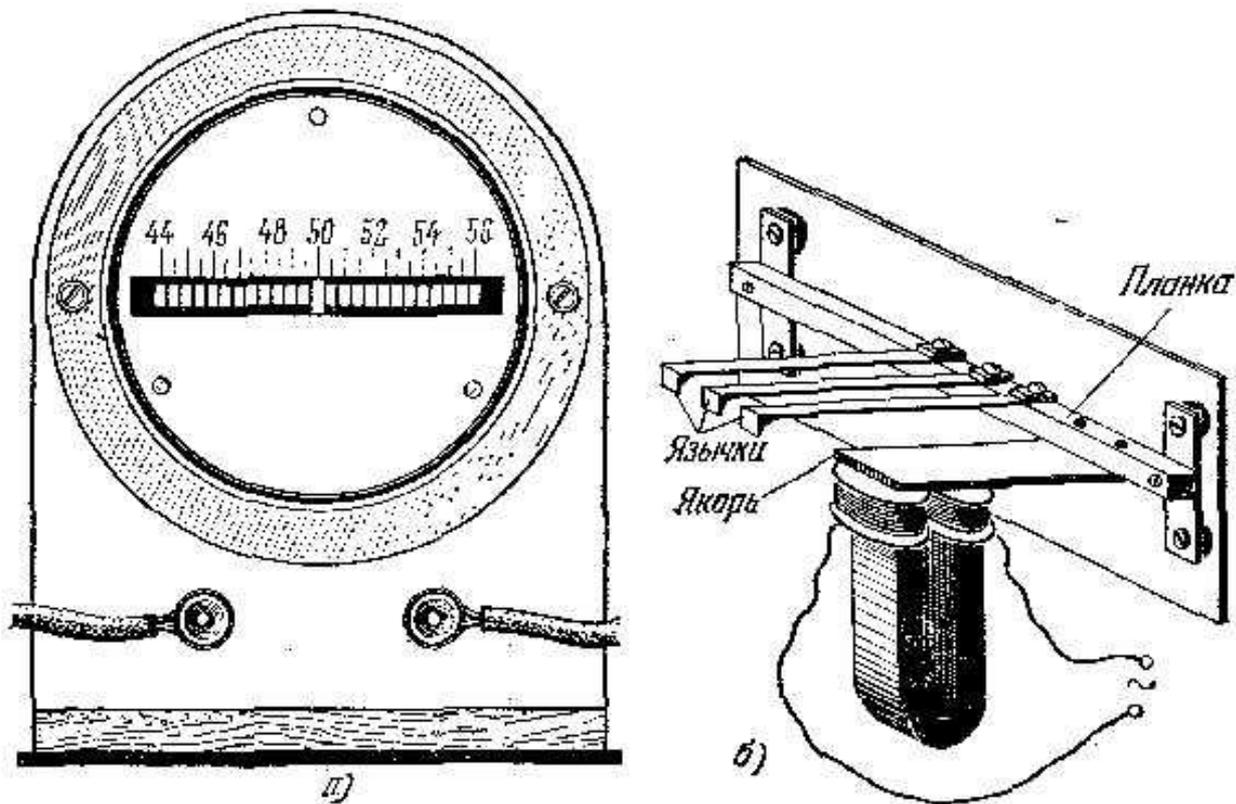


Рис. 28. Язычковый частотомер.
а) Внешний вид, б) схема устройства.

Меры, предотвращающие резонанс.

- 1, Увеличение массы дополнительного груза в крылья самолета при флаттере.
- Изменение скорости движения поезда при совпадении периода ударов колес на стыках, парохода при качке на воде.
- Применение амортизаторов.



– Амортизатор - гаситель колебаний - устройство в конструкциях машин, сооружений для защиты их от сотрясений

Домашнее задание:

- Глава 3. Механические колебания
- Посмотреть примеры решения задач в конце главы
- Подготовиться к контрольной.