

# Колебания и волны



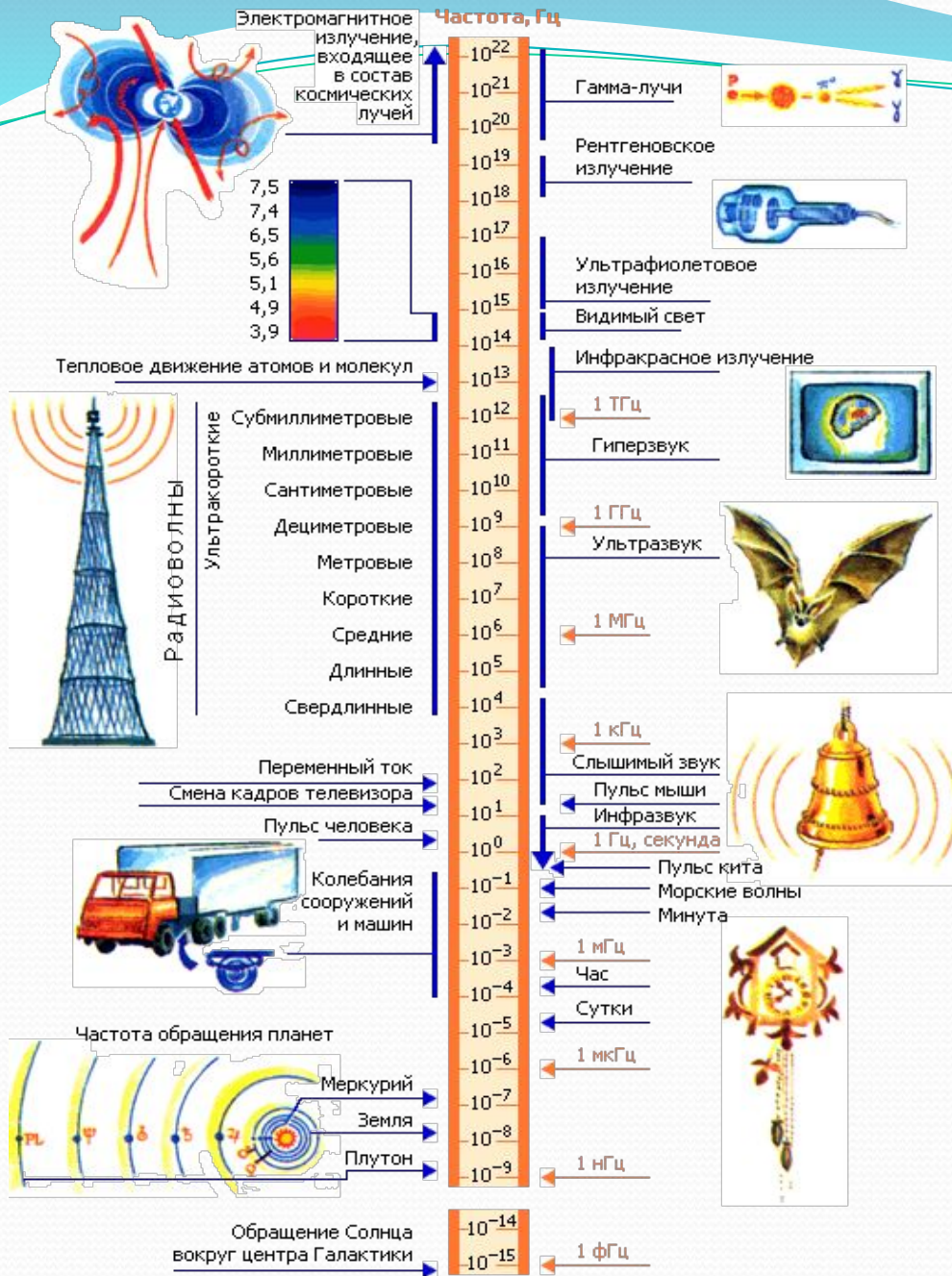
# Содержание

1. Колебания:
  - 1.1. Свободные колебания
  - 1.2. Затухающие колебания
  - 1.3. Вынужденные колебания
  - 1.4. Резонанс
  - 1.5. Характеристики колебаний
2. Механические волны:
  - 2.1. Продольные волны
  - 2.2. Поперечные волны

**Колебания** - один из самых распространенных процессов в природе и технике. Колеблются высотные здания и высоковольтные провода под действием ветра, маятник заведенных часов и автомобиль на рессорах во время движения, уровень реки в течение года и температура человеческого тела при болезни.

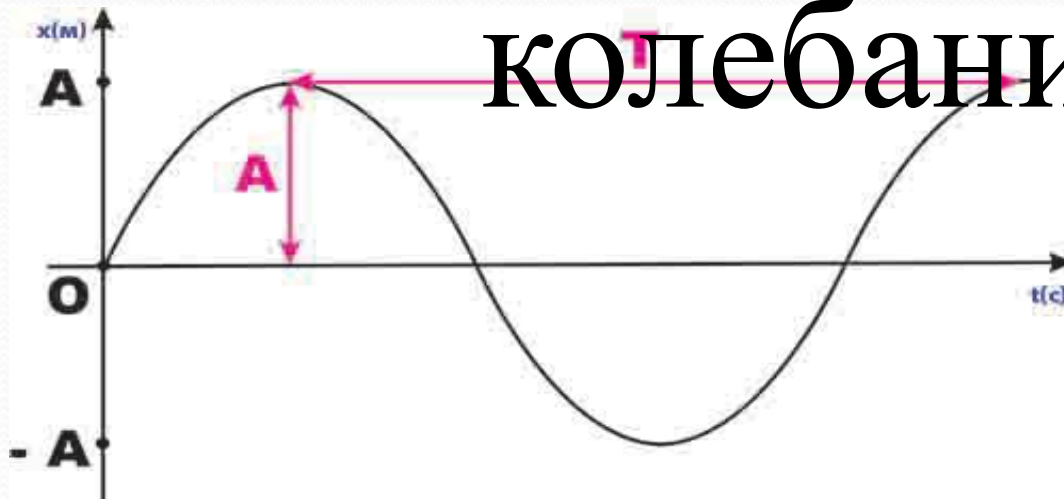
Звук - это колебания плотности и давления воздуха, радиоволны - периодические изменения напряженностей электрического и магнитного полей, видимый свет - тоже электромагнитные колебания, только с несколько иными длиной волны и частотой. Землетрясения - колебания почвы, приливы и отливы - изменение уровня морей и океанов, вызываемое притяжением Луны и достигающее в некоторых местностях 18 метров, биение пульса - периодические сокращения сердечной мышцы человека и т.д. Смена бодрствования и сна, труда и отдыха, зимы и лета...

Даже наше каждодневное хождение на работу и возвращение домой попадает под определение колебаний, которые трактуются как процессы, точно или приближенно повторяющиеся через равные промежутки времени (повторяющееся движение по одной и той же траектории).



Колебания бывают *механические, электромагнитные, химические, термодинамические* и различные другие. Несмотря на такое разнообразие, все они имеют между собой много общего.

# Свободные колебания

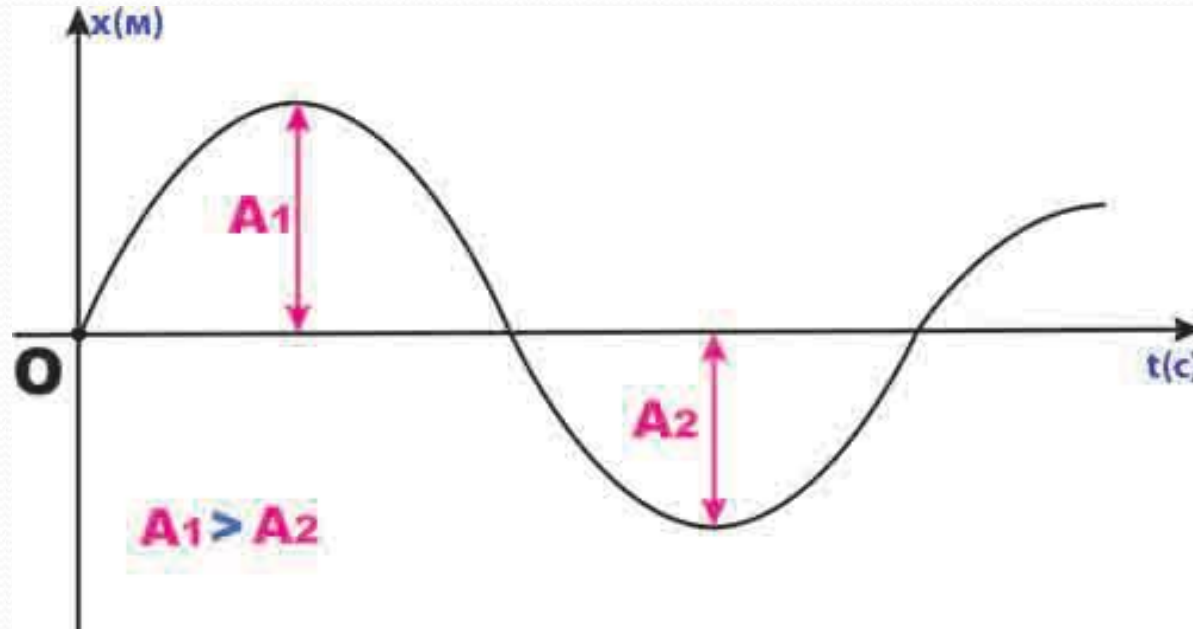


После того как по струне рояля ударит один из молоточков, струна продолжает "сама по себе" совершать колебания *-свободные колебания.*

Свойства свободных колебаний:

1. Развитие движения во времени зависит от того, как оно началось.
2. Движение постепенно затухает.
3. При своем движении цепь не имеет какой-либо определенной формы; с течением времени форма цепи изменяется (однако в конце движения колебания часто характеризуются более или менее отчетливой формой).
4. Совершенно невозможно указать "частоту" колебаний (с течением времени, однако, движение может принять определенную частоту).

# Затухающие колебания



Одна характерная особенность свободных колебаний: такие колебания затухают. Этот эффект объясняется наличием трения; иногда его называют *демпфированием*.

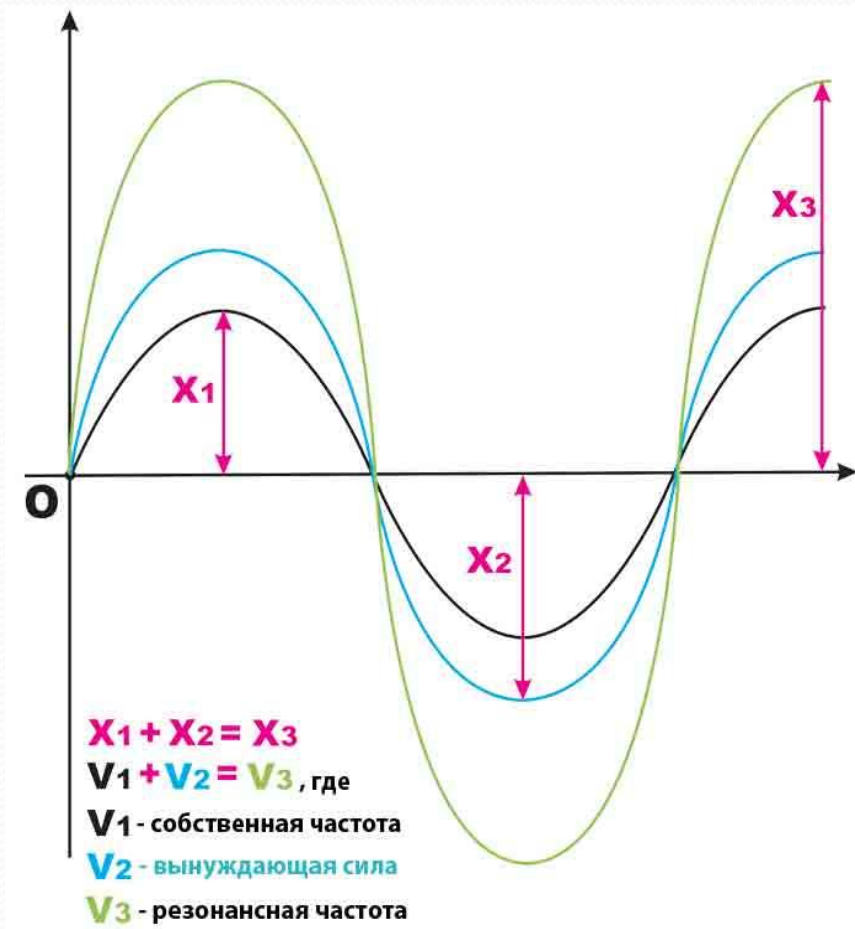
# Вынужденные колебания

Колебания, происходящие под действием внешней переменной силы - *вынужденные*. Во многих случаях эта сила оказывается периодически изменяющейся.

Если внешняя сила, действующая на систему, изменяется с течением времени по закону косинуса или синуса, то возникающие в системе вынужденные колебания будут гармоническими. При этом частота вынужденных колебаний будет совпадать с частотой изменения внешней силы.

В отличие от свободных колебаний, когда система получает энергию лишь один раз (при выведении системы из состояния равновесия), в случае вынужденных колебаний система поглощает эту энергию от источника внешней периодической силы непрерывно. Эта энергия восполняет потери, расходуемые на преодоление трения, и вынужденные колебания оказываются *незатухающими*.

# Резонанс



Существует при вынужденных колебаниях. Резонанс - резкое возрастание амплитуды колебаний, в результате совпадения собственной частоты с частотой вынуждающей силы.



# Характеристики колебаний

**Период колебаний**  $T$  – промежуток времени, через который состояния системы принимают одинаковые значения:

$$u(t + T) = u(t).$$

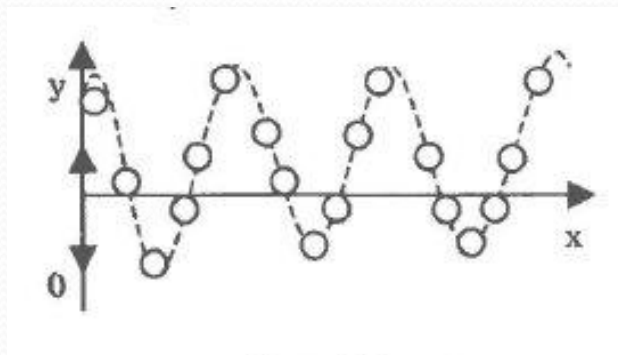
**Частота колебаний**  $\nu$  – число колебаний в 1 секунду, величина, обратная периоду. Измеряется в герцах (Гц), имеет размерность  $\text{с}^{-1}$ . В расчетах нередко используют **круговую**, или **циклическую частоту**  $\omega$ :

$$\nu = T^{-1} ; \omega = 2\pi\nu.$$

**Фаза колебаний**  $\varphi$  – величина, показывающая, какая часть колебания прошла с начала процесса. Измеряется в угловых величинах – градусах или радианах.

**Амплитуда** колебаний  $A$  – максимальное значение, которое принимает колебательная система.

# Механические волны

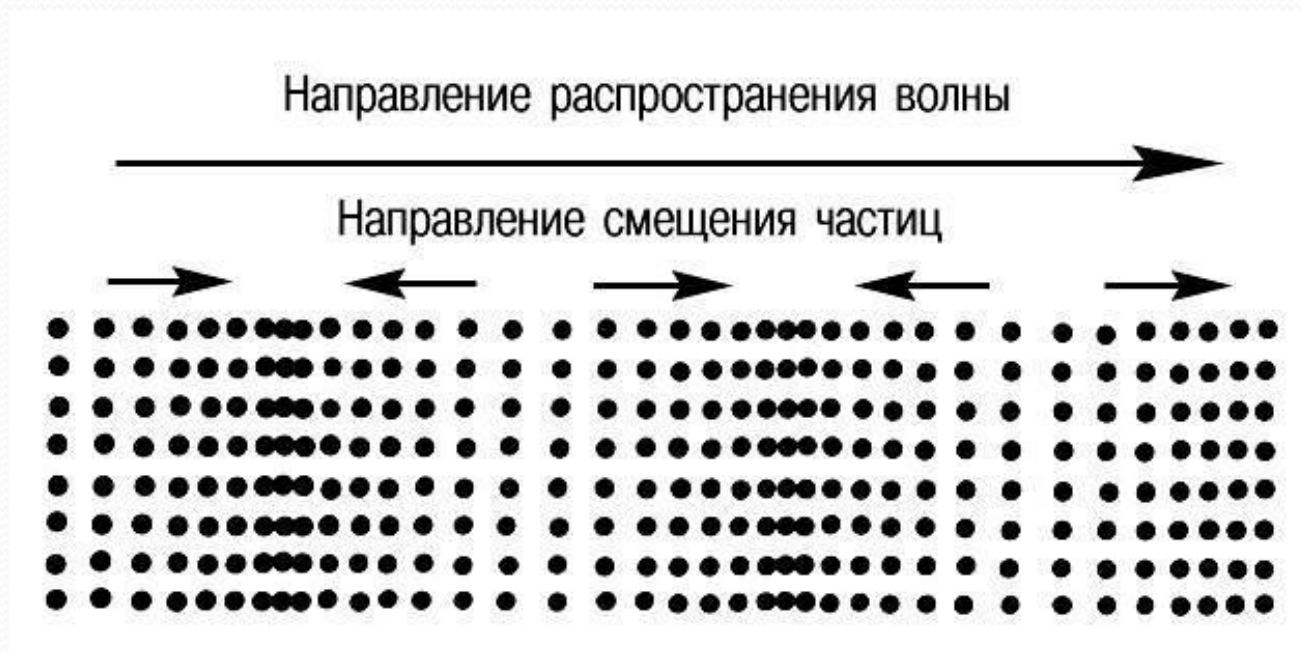


Распространение колебаний от точки к точке, от частицы к частице в упругой среде называется **механической волной**.

Если закрепить один конец упругого шнура, а другому сообщить колебания в направлении, перпендикулярном шнуру, то вдоль него будут распространяться колебания, т. е. будет создаваться волновое движение.

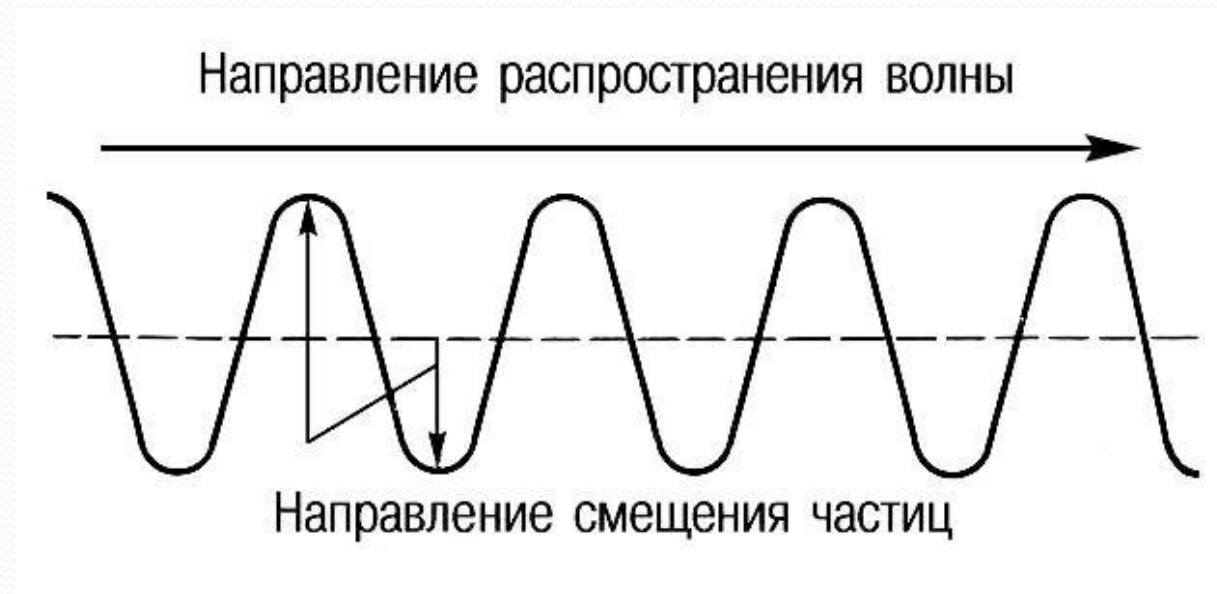
Волна представляет собой колебания, которые при своем распространении не переносят с собой вещество. Волны переносят энергию из одной точки пространства в другую.

# Продольные волны



Если смещение частиц совершается вдоль направления распространения волны, то такие волны называются *продольными*. Типичный пример продольной волны – звук.

# Поперечные волны



Если смещение частиц происходит перпендикулярно направлению распространения волны, то волна называется *поперечной*. К поперечным относятся волны, бегущие по поверхности воды и вдоль струны, а также электромагнитные волны – векторы напряженности электрического и магнитного полей перпендикулярны вектору скорости волны.