

Волны



Продольные и поперечные волны
Уравнение плоской гармонической
волны
Стоячие волны

Волны в природе

Волной называется процесс распространения колебаний в сплошной среде, периодический во времени и пространстве

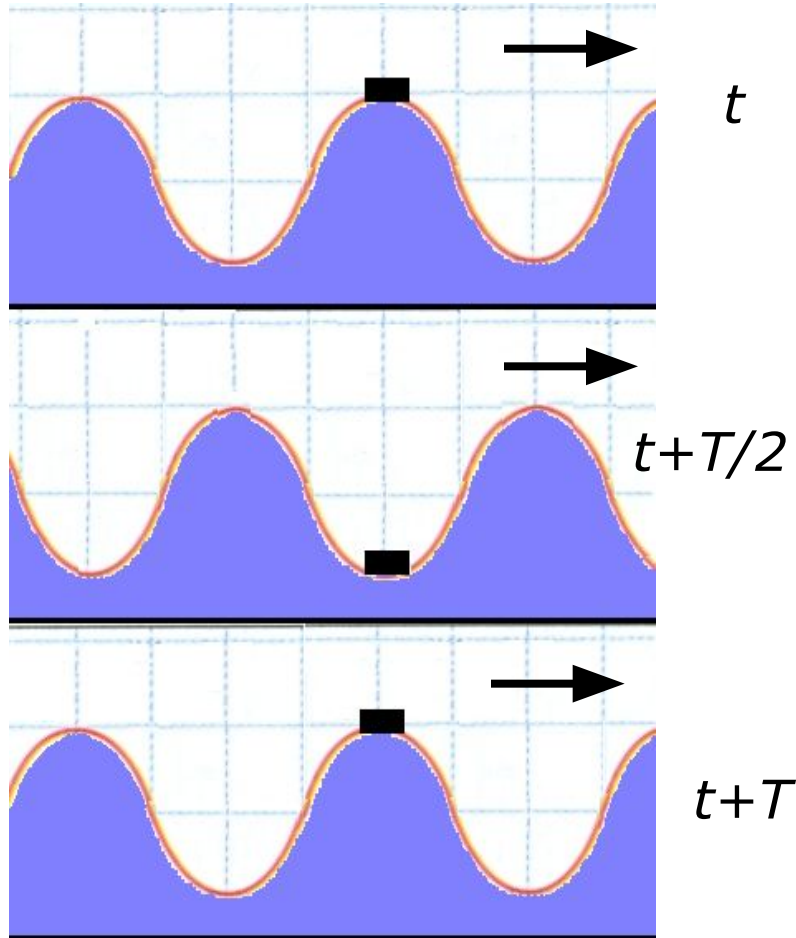


Волны в открытом океане



Волны вблизи берега

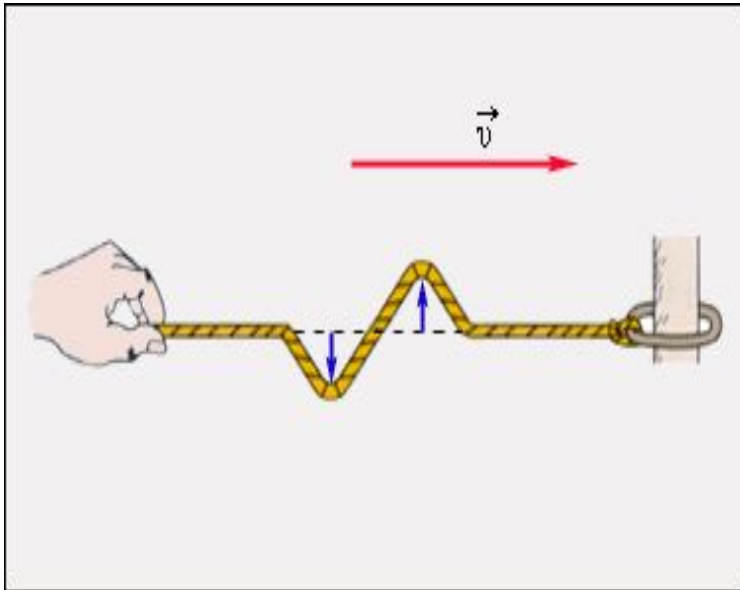
Движение частиц в волне



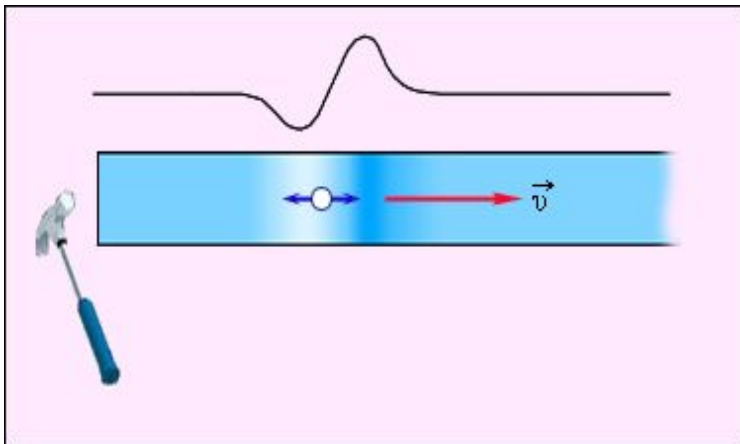
При распространении волны частицы **не движутся** вместе с волной, а **совершают колебания** около своих положений равновесия.

Основное свойство волн – **перенос энергии** без переноса вещества.

Движение частиц среды в волне

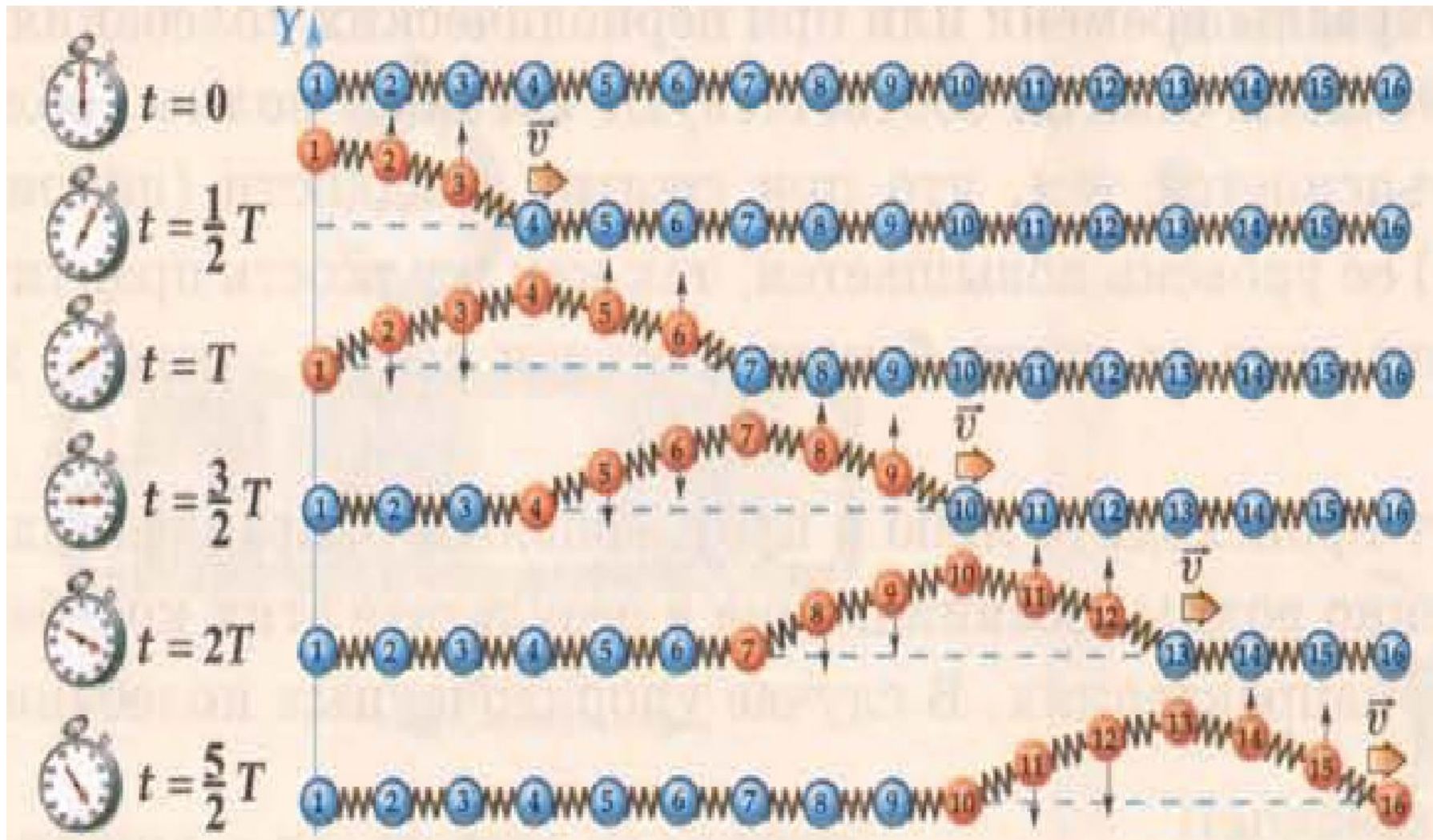


В поперечной волне частицы совершают колебания в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны.

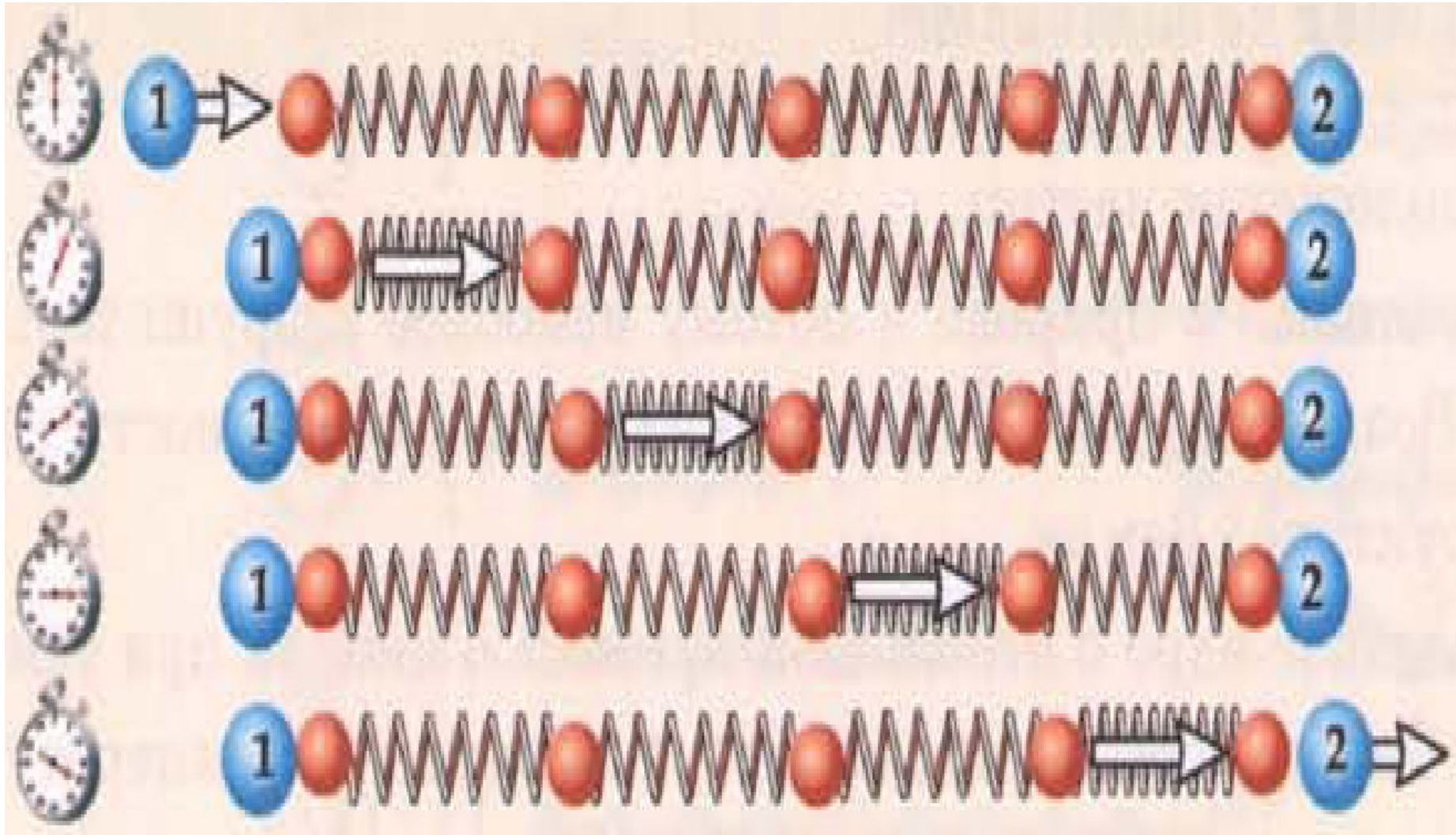


В продольной волне частицы совершают колебания в направлении, параллельном направлению распространения волны.

Теоретическая модель поперечной волны



Теоретическая модель продольной ВОЛНЫ



Уравнение бегущей волны

$$\xi(x, t) = A \cos(\underbrace{\omega t - kx + \varphi_0}_{\text{фаза волны}})$$

λ – длина волны – расстояние между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе

ξ – смещение частиц от положения равновесия

ω – частота

k – волновое число

φ_0 – начальная фаза

$$\omega t - kx + \varphi_0 = \text{const}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} = v \text{ – фазовая скорость волны}$$

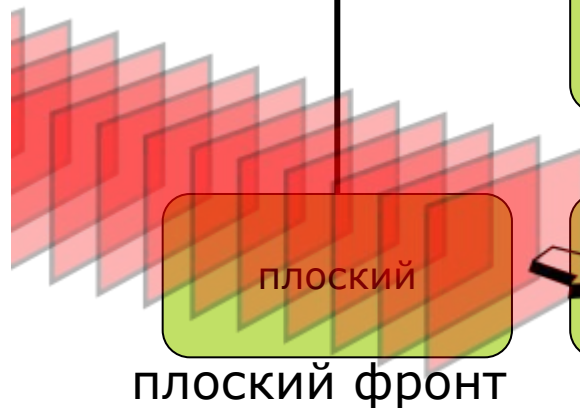
$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Волновое уравнение

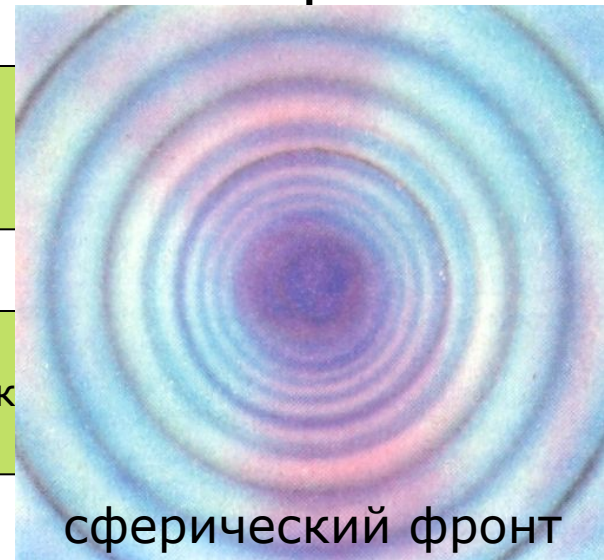
Волновой фронт – геометрическое место точек, до которых доходят колебания к моменту времени t

Волновая поверхность – геометрическое место точек, колеблющихся в одной фазе.



Форма
волнового
фронта

цилиндрический фронт

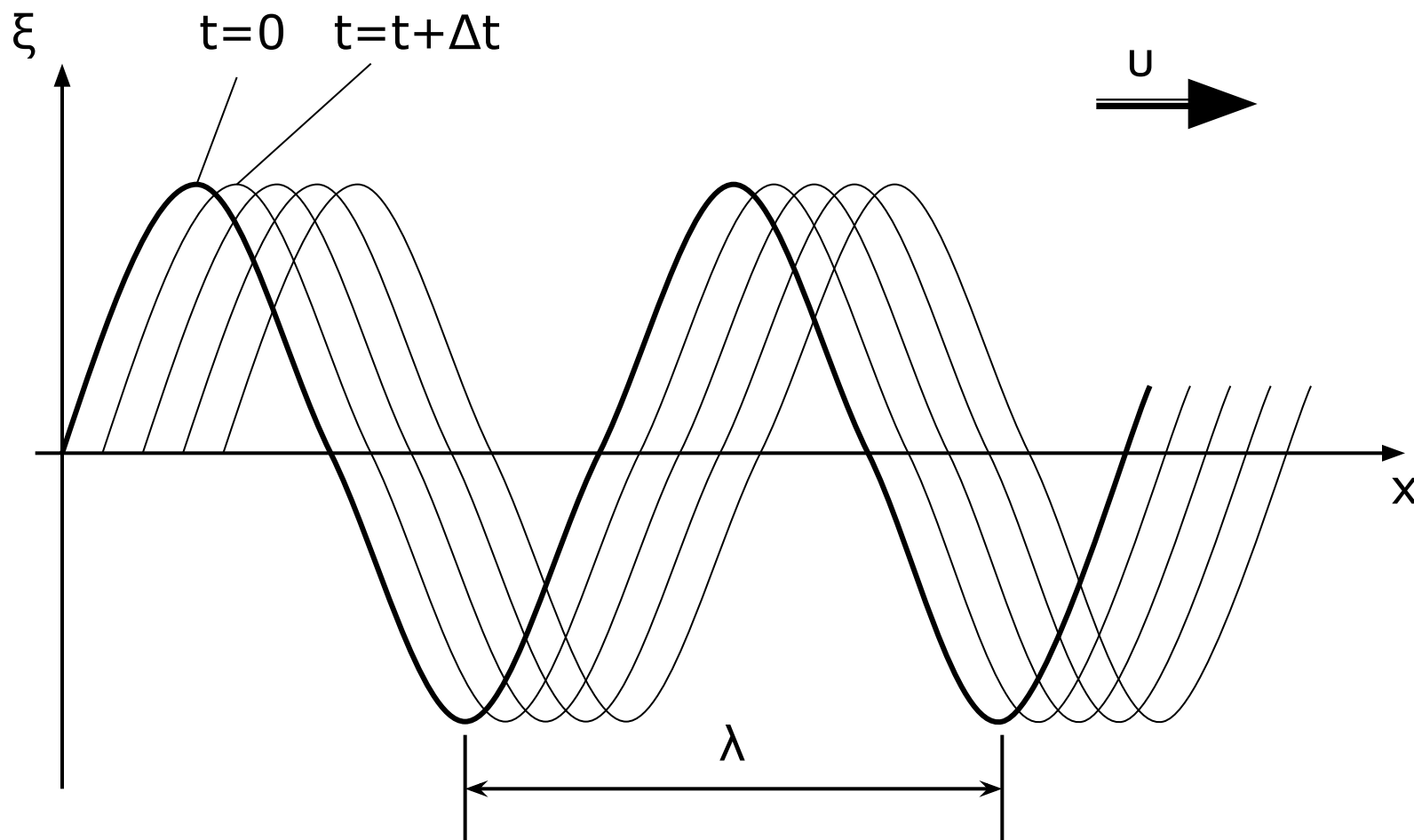


$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} - v^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = 0$$

Волновое уравнение

дифференциальное уравнение второго порядка в частных производных
Решением является уравнение плоской бегущей волны

Схематическое представление бегущей гармонической волны



Стоячие волны

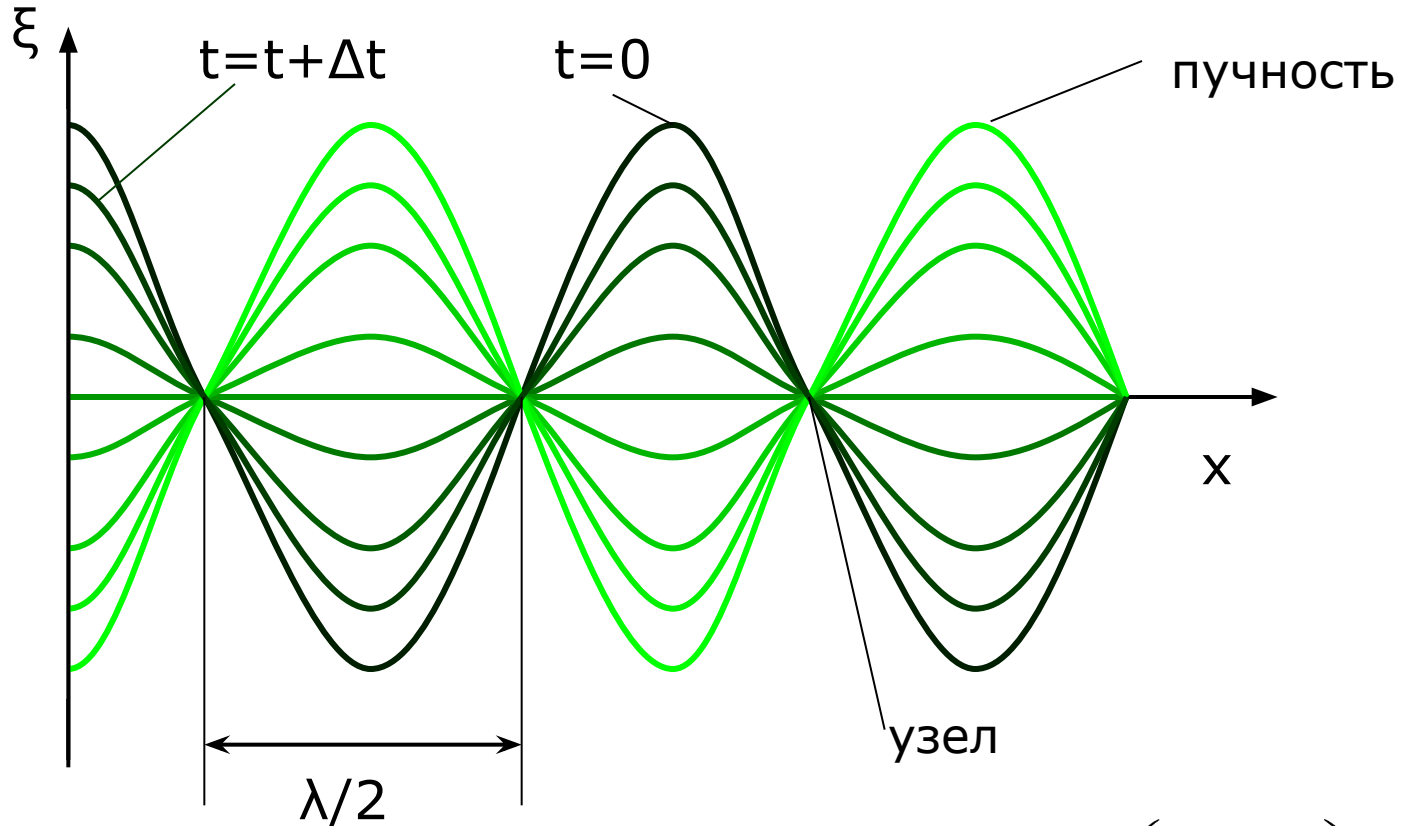
Стоячие волны образуются при наложении 2-х бегущих гармонических волн, распространяющихся навстречу друг другу с одинаковыми частотами и амплитудами

$$\begin{aligned} \xi_1 &= A \cos(\omega t - kx) \\ \xi_2 &= A \cos(\omega t + kx) \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad \xi = \xi_1 + \xi_2 = 2A \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda}\right) \cos \omega t$$

Отличия стоячей волны от бегущей:

- все точки между соседними узлами колеблются в одной фазе
- фаза колебаний изменяется на π при переходе через узел
- каждая точка среды имеет свою амплитуду
- в случае стоячей волны отсутствует перенос энергии (между двумя узлами кинетическая энергия переходит в потенциальную и обратно)

Схематическое представление стоячей ВОЛНЫ



$$x = \frac{\lambda}{2} \left(m + \frac{1}{2} \right); \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

координаты узлов

$$\xi = 2A \cos \left(2\pi \frac{x}{\lambda} \right) \cos \omega t$$