

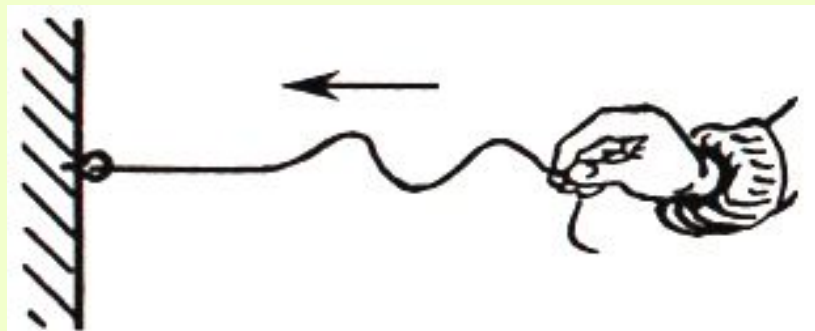
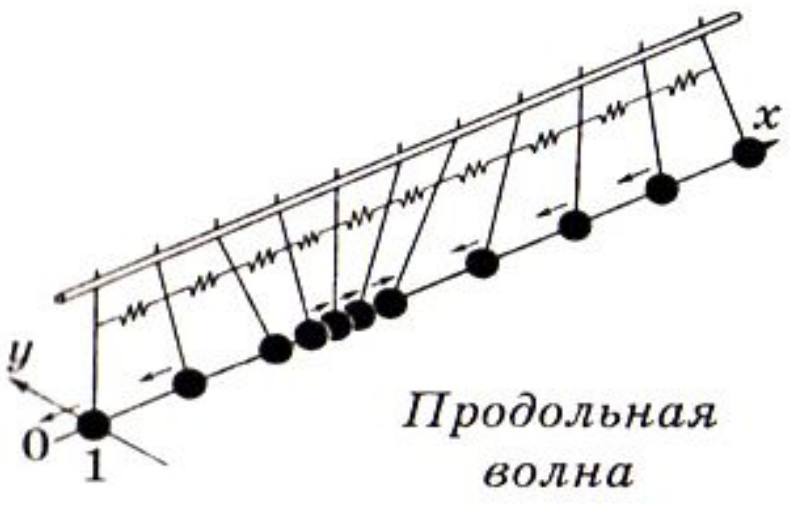
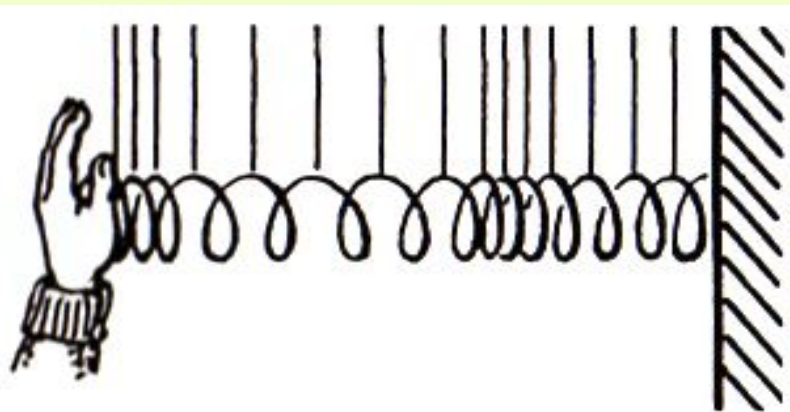


# Стоячие волны

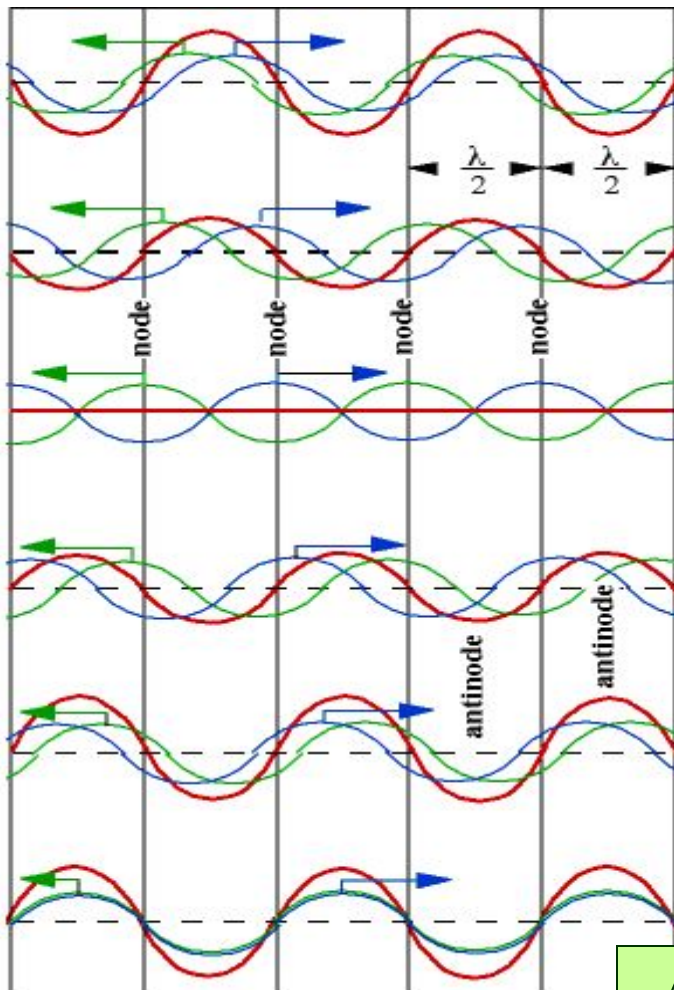
Урок физики в 10 классе  
(естественно-научный профиль)

© Автор Богданова Ирина Викторовна

# Бегущие волны



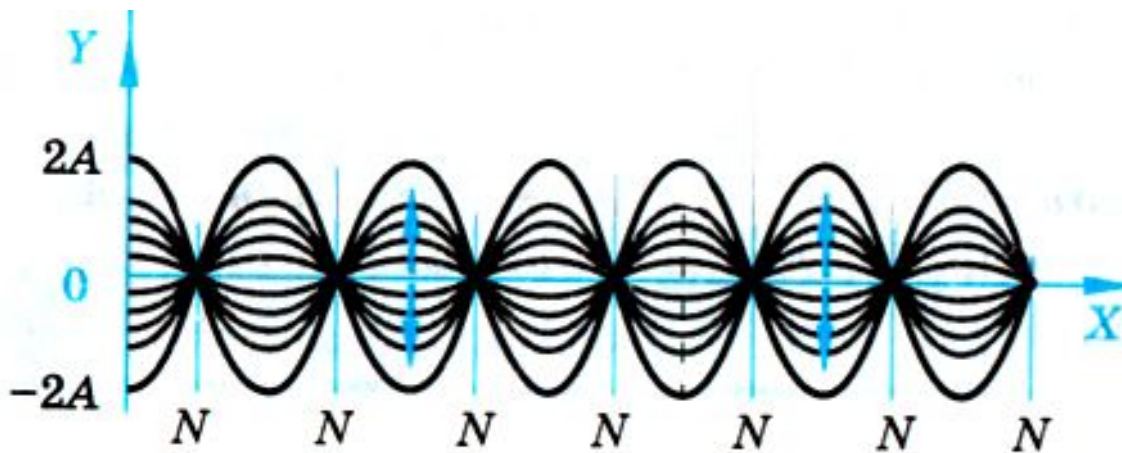
# Образование стоячих волн



Посмотрите на рисунок, который представляет последовательность фаз движения волн во времени (время течет сверху вниз). Синяя волна движется вправо, зеленая влево, красная волна является суммирующей и показывает, что происходит при столкновении двух волн (по научной терминологии - при наложении). Отмечены положения (узлы/nodes), в которых обе движущиеся волны нейтрализуют друг друга, и другие зоны (пучности/antinodes), в которых происходит сложение волн, и колебания обладают максимальной амплитудой.

# Определение стоячей волны

*Стоячая волна образуется при наложении двух бегущих навстречу гармонических волн одинаковой частоты, амплитуды и поляризации.*



# Как движется каждая точка стоячей волны в шнуре



- Совершает синхронно со всеми остальными точками гармонические колебания
- Колеблется перпендикулярно длине покоящегося шнура
- Колеблется с периодом равным периоду внешнего возмущения
- Имеет собственную амплитуду колебаний

# Уравнение стоячей волны

$$y_1 = A \cos\left(t - \frac{\omega}{v} x\right)$$

+

$$y_2 = A \cos\left(t + \frac{\omega}{v} x\right)$$

---

$$y_1 + y_2 = A \cos\left(t - \frac{\omega}{v} x\right) + A \cos\left(t + \frac{\omega}{v} x\right) =$$

$$2A \cos \frac{\omega}{v} x \cdot \cos \omega t$$

# Узлы и пучности стоячей волны

- Узлы –  
неперемещающиеся  
точки стоячей  
волны
- Пучности – точки  
стоячей волны,  
колеблющиеся с  
максимальной  
амплитудой



# Координаты узлов и пучностей

$$a = 2A \cos \frac{\omega}{v} x$$

$$a = 0$$

$t$  – любое

$$\cos \frac{\omega}{v} x = 0$$

$$\frac{\omega}{v} x = n\pi$$

$$x = n\pi \frac{v}{\omega}$$

$$x = \frac{\lambda}{2} n$$

$$a = 2A \cos \frac{\omega}{v} x$$

$$a = \pm 2A$$

$t$  – любое

$$\cos \frac{\omega}{v} x = \pm 1$$

$$\frac{\omega}{v} x = n\pi + \frac{\pi}{2}$$

$$x = \left( n\pi + \frac{\pi}{2} \right) \frac{v}{\omega}$$

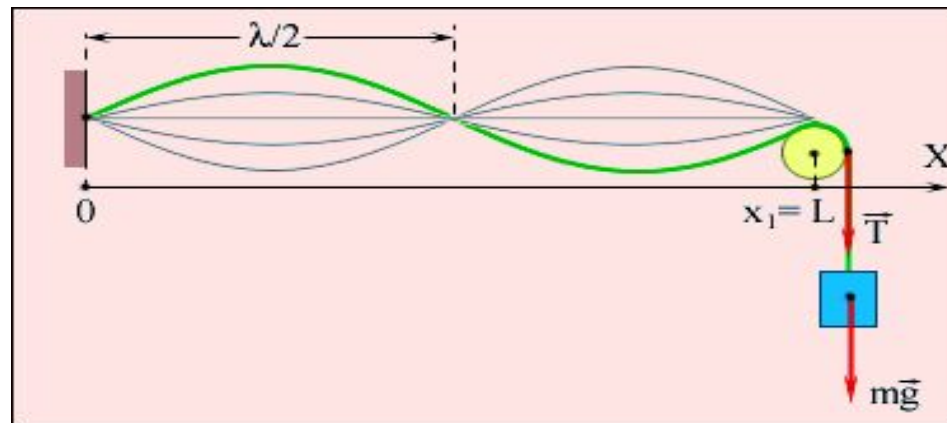
$$x = \frac{\lambda}{2} \left( n + \frac{1}{2} \right)$$





# Стоячие волны в струнах

Если механическая волна, распространяющаяся в среде, встречает на своем пути какое-либо препятствие, то она может резко изменить характер своего поведения. Например, на границе раздела двух сред с разными механическими свойствами волна частично отражается, а частично проникает во вторую среду. Волна, бегущая по резиновому жгуту или струне отражается от неподвижно закрепленного конца; при этом появляется волна, бегущая во встречном направлении. В струне, закрепленной на обоих концах, возникают сложные колебания, которые можно рассматривать как результат наложения (суперпозиции) двух волн, распространяющихся в противоположных направлениях и испытывающих отражения и переотражения на концах. Колебания струн, закрепленных на обоих концах, создают звуки всех струнных музыкальных инструментов.



# Струнные музыкальные инструменты



# Стоячие волны в воздушных столбах

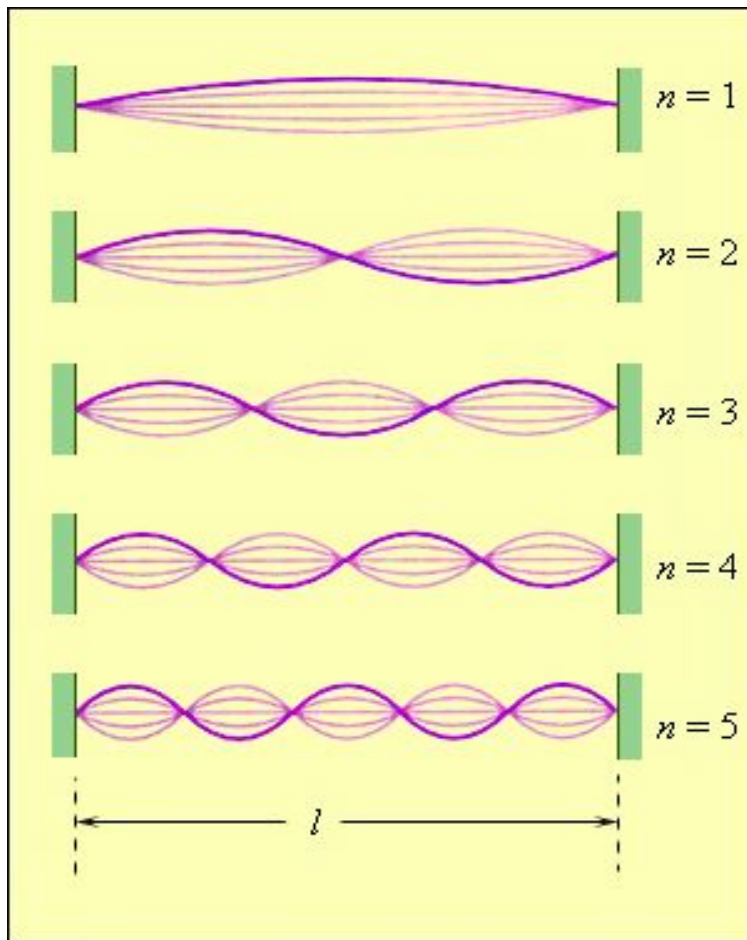


*Трубка Кундта является простым приспособлением для демонстрации стоячих звуковых волн. Трубка Кундта представляет собой длинную стеклянную трубку, в которой насыпано немного легкого порошка (например пробковой пыли). Один конец трубки запаян, в другом с помощью пробки укреплен медный стержень. Если потереть стержень накалифоленной замшей, то он начнет скрипеть, а пыль расположится аккуратными кучками вдоль трубки. Такое распределение обусловлено стоячими звуковыми волнами.*

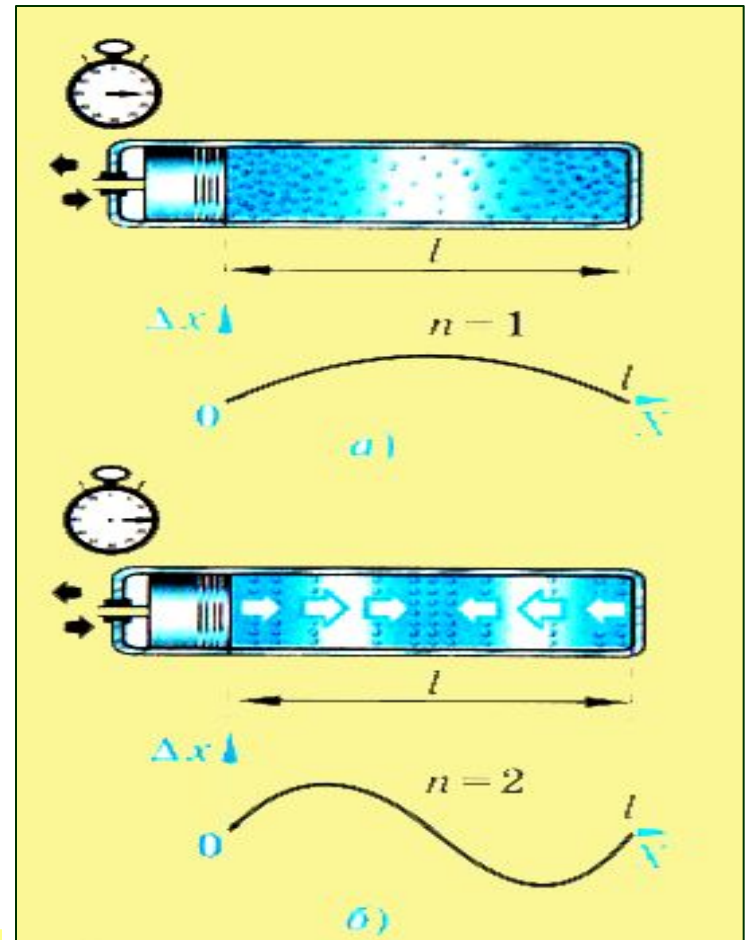
# Духовые музыкальные инструменты



# Моды колебаний



в струнах



в воздушных столбах

# Частота собственных колебаний струны

$$\frac{2l}{g} = Tn (n = 1, 2, 3, \dots) \Rightarrow \frac{2l}{\lambda} = n$$

*На длине шнура, закрепленного на концах, укладывается целое число полуволен поперечных стоячих волн.*

$$v = \frac{1}{T} = \frac{g}{\lambda} = \frac{g}{2l} n (n = 1, 2, 3, \dots)$$

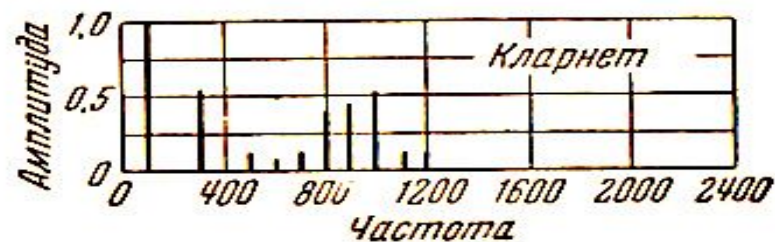
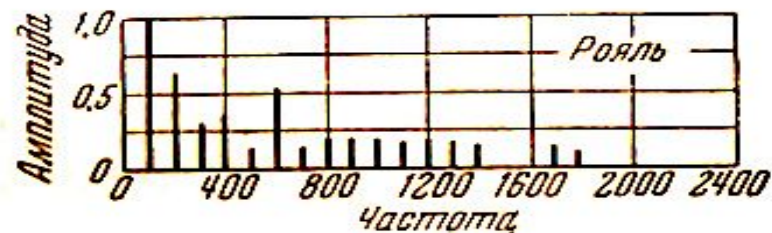
$n=1$  – основная мода (первая гармоника)

$n>1$  –  $n$ -ая гармоника ( $n$ -ый обертон)



У струны имеется целый набор собственных частот, кратных наиболее низкой частоте.

# Тембр звука



Одной из причин того, почему разные инструменты обладают различным тембром, является то, что обертоны, сопровождающие основное колебание, выражены у разных инструментов в неодинаковой степени.

Другие причины различия тембра связаны с устройством корпуса самого инструмента – его формой, размерами, жесткостью и т.п.



# Ответьте на вопросы:

- Какая волна называется стоячей?
- Объясните процесс образования стоячей волны.
- Охарактеризуйте особенности колебаний точки в поперечной стоячей волне.
- Сформулируйте определение пучностей и узлов стоячей волны.
- При каком условии в струне, закрепленной на концах, образуются стоячие волны?
- Что такое первая гармоника собственных колебаний в струне и обертоны?



Урок окончен  
Всем спасибо

**Использованные ресурсы:**

Статья Джо Вулфи «Струны, стоячие волны и гармоники»

<http://newt.phys.unsw.edu.au/~jw/strings.html>