

Презентация  
по теме: «Механические  
колебания и волны»

Омск 2009 год

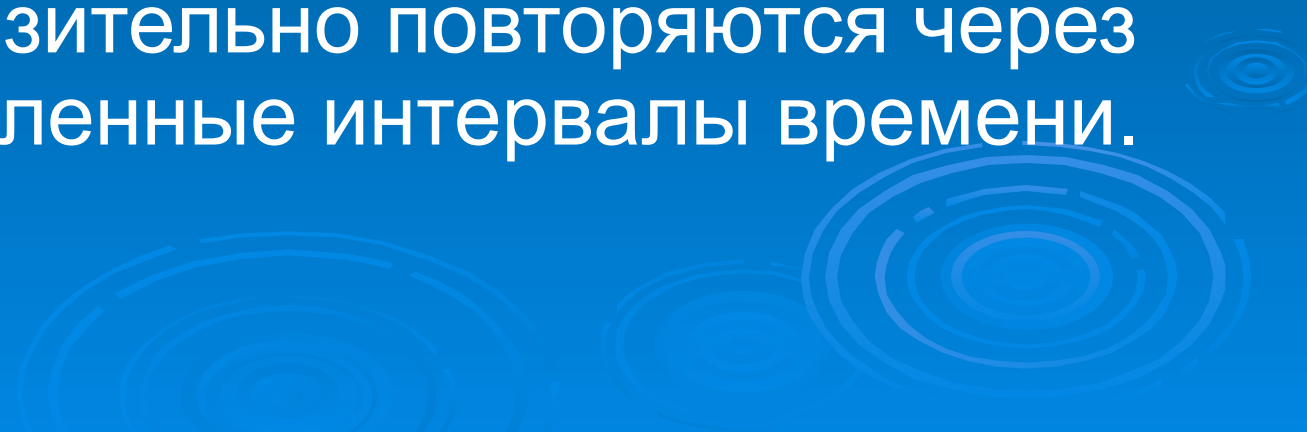
# Содержание

- 1. Колебания
- 2. Виды колебаний
  - 2.1. Свободные колебания
  - 2.2. Математический маятник
  - 2.3. Пружинный маятник
- 3. Гармонические колебания
  - 3.1. Понятие
  - 3.2. Уравнение и графики
  - 3.3. Превращение энергии
- 4. Вынужденные колебания
  - 4.1. Собственная частота
  - 4.2. Резонанс
- 5. Автоколебания
- 6. Волны
- 7. Поперечные и продольные волны
- 8. Волны в среде
- 9. Звуковые волны
- 10. Свойства волн
  - 10.1. отражение и преломление волн
  - 10.2. Интерференция волн
  - 10.3. Дифракция волн
  - 10.4. Поляризация волн

Механические колебания и волны –  
раздел механики, изучающий особый вид  
движения – колебания, а так же  
распространение колебаний в пространстве

# 1. Колебания

Колебания – это движения или  
процессы, которые точно или  
приблизительно повторяются через  
определенные интервалы времени.



# Механические колебания

- Колебания механических величин (смещения, скорости, ускорения, энергии и т. п.)

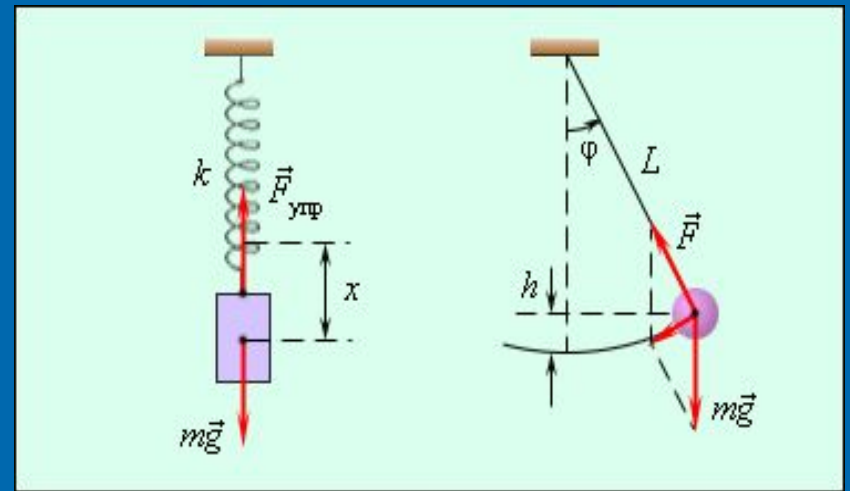
## Виды колебаний

- Свободные
- Вынужденные
- Автоколебания

Колебательная система –  
это система тел, совершающих колебание.

## □ Свободные

Колебания, возникающие при однократном воздействии внешней силы (первоначальном сообщении энергии) и при отсутствии внешних воздействий на колебательную систему.



### Условия возникновения свободных колебаний

1. Колебательная система должна иметь положение устойчивого равновесия.
2. При выведении системы из положения равновесия должна возникать равнодействующая сила, возвращающая систему в исходное положение
3. Инертность системы
4. Силы трения (сопротивления) очень малы.

# Математический маятник

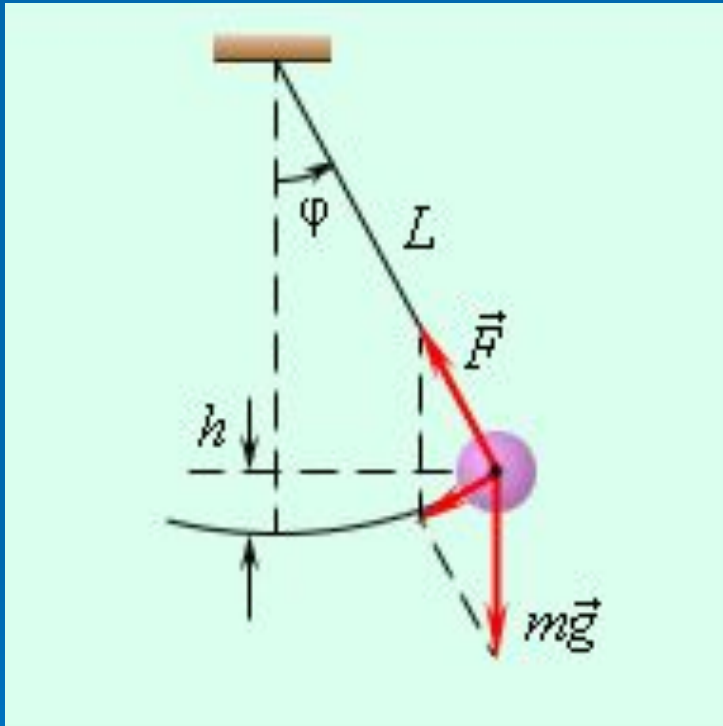
- это материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Реальный маятник можно считать математическим, если длина нити много больше размеров подвешенного на ней тела, масса нити ничтожна мала по сравнению с массой тела, а деформации нити настолько малы, что ими вообще можно пренебречь.

- Колебательную систему в данном случае образуют нить, присоединенное к ней тело и Земля, без которой эта система не могла бы служить маятником.

- Причинами свободных колебаний математического маятника являются:

1. Действие на маятник силы натяжения и силы тяжести, препятствующей его смещению из положения равновесия и заставляющей его снова опускаться.
2. Инертность маятника, благодаря которой он, сохраняя свою скорость, не останавливается в положении равновесия, а проходит через него дальше.

- Период свободных колебаний математического маятника не зависит от его массы, а определяется лишь длиной нити и ускорением свободного падения в том месте, где находится маятник.



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

• Период свободных колебаний математического маятника

# Пружинный маятник



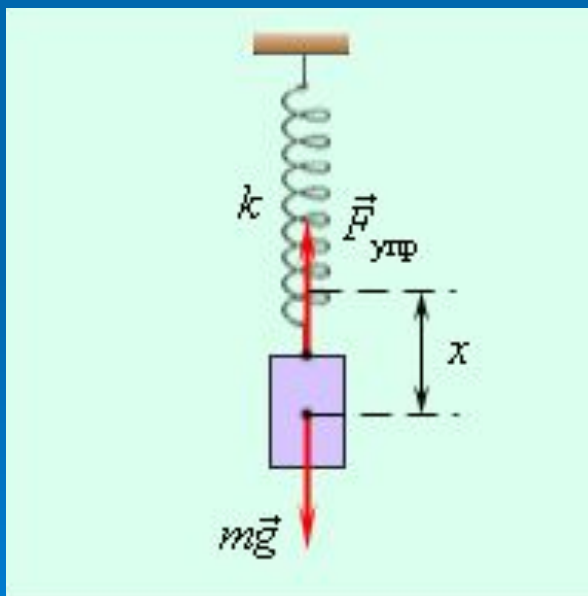
Уравнение движения маятника

$$ma = -m\omega^2 x = -kx$$

где  $k = m\omega^2$  - коэффициент “жесткости”.

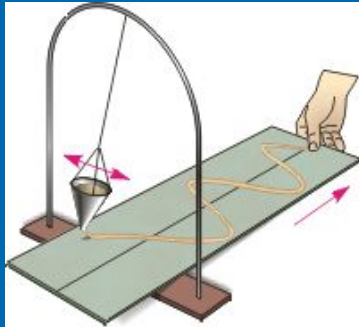
Циклическая частота и период колебаний равны, соответственно:

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



- Материальная точка, закрепленная на абсолютно упругой пружине

Гармонические колебания – это колебания, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса или косинуса



•уравнения гармонических колебаний (законы движения точек) имеют вид

1	$x = x_M \cos \omega t$ $q = q_M \cos \omega t$	
2	$x' = v = -x_M \omega \sin \omega t$ $q' = i = -q_M \omega \sin \omega t$	
3	$x'' = a = -x_M \omega^2 \cos \omega t$ $q'' = -q_M \omega^2 \cos \omega t$	

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕБАНИЙ

**Амплитуда** — модуль максимального отклонения физической величины от ее среднего (равновесного) значения. Амплитуда обозначается обычно латинской буквой с индексом "М", например,  $x_M$ ,  $I_M$  и т.п.

**Частота  $\nu$**  - число колебаний в единицу времени.  $[\nu] = \Gamma\zeta = \text{с}^{-1}$ .

**Период  $T$**  — время одного полного колебания, т.е. минимальный промежуток времени, через который происходит повторение процесса. Период и частота связаны соотношением

$$\nu = \frac{1}{T}.$$

## ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

Так называют колебания, происходящие по закону синуса или косинуса.

### Уравнение гармонических колебаний

$$x = x_M \cos(\omega t + \varphi_0),$$

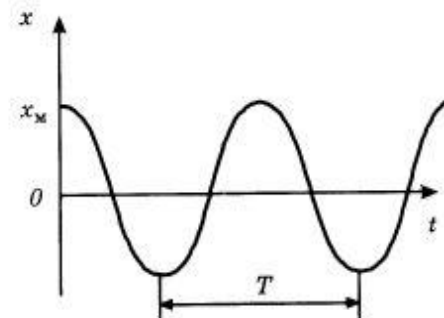


График гармонических колебаний

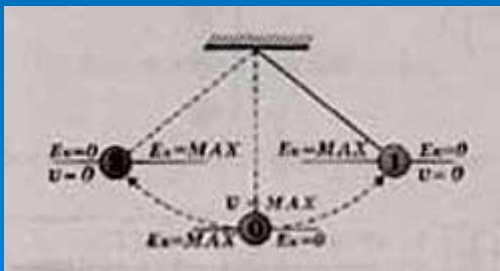
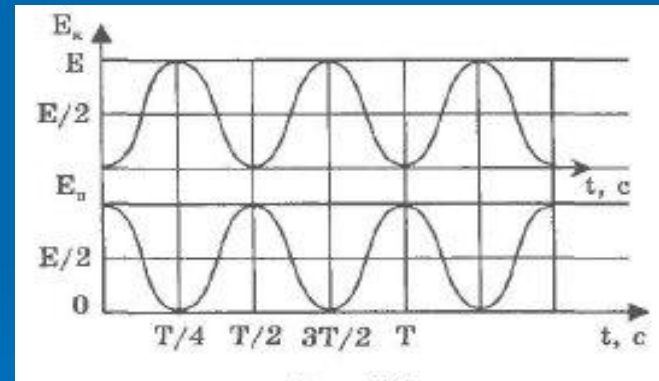
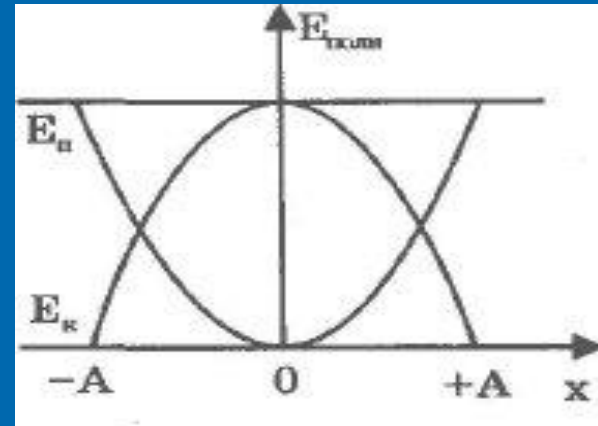
где  
 $x$  — величина смещения от положения равновесия,  
 $x_M$  — амплитуда,  
 $\omega$  — циклическая частота, связанная с частотой  $\nu$  соотношением  $\omega = 2\pi\nu$ ,  
 $\varphi = \omega t + \varphi_0$  — фаза колебания,  
 $\varphi_0$  — начальная фаза колебания,  
 $t$  — время.

Если процесс описывается уравнением  $x'' = -\omega^2 x$ , то он представляет собой гармоническое колебание с циклической частотой  $\omega$ .



# Преобразование энергии

- график зависимости потенциальной и кинетической энергии пружинного маятника от координаты  $x$ .
- качественные графики зависимостей кинетической и потенциальной энергии от времени.



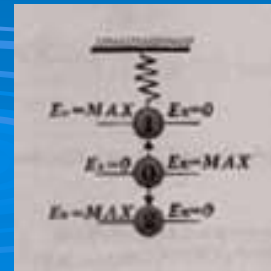
**ЭНЕРГИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Прямо пропорциональна квадрату амплитуды.

Например, энергия колебаний пружинного маятника  $W = \frac{kx_M^2}{2}$ .

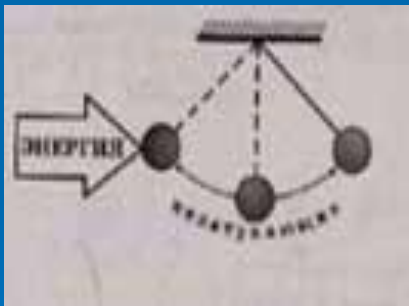
При колебаниях происходят превращения кинетической энергии  $W_k$  в потенциальную  $W_p$  и обратно.

В отсутствие сил трения  $W_k + W_p = \text{const}$ . Следовательно,  $\frac{kx_M^2}{2} = \frac{mv_M^2}{2}$ .



## □ Вынужденные

Колебания, возникающие под действием внешних, периодически изменяющихся сил (при периодическом поступлении энергии извне к колебательной системе)



- Частота вынужденных колебаний равна частоте изменения внешней силы
- Если  $F_{\text{вс}}$  изменяется по закону синуса или косинуса, то вынужденные колебания будут гармоническими

- Резонанс – это явление, при котором резко возрастает амплитуда вынужденных колебаний (происходит наиболее полная передача энергии от одной колебательной системы к другой )

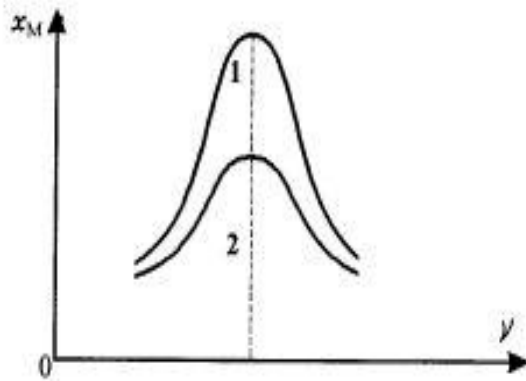


График зависимости амплитуды  $x_M$  вынужденных колебаний от частоты  $\nu$  внешней силы.

1 — малая сила трения; 2 — большая сила трения.



рис. 2 Связанные маятники

- Чем меньше трение, тем больше возрастает амплитуда резонансных колебаний
- Резонанс наблюдается, когда частота собственных колебаний совпадает с вынужденной частотой  $\nu = \nu_0$

## АВТОКОЛЕБАНИЯ

Так называются колебания, поддерживаемые за счет **внутренних источников энергии** системы при отсутствии внешней переменной силы.

Пример автоколебательной системы — механические часы.

Автоколебательная система состоит из следующих основных элементов:



- При автоколебаниях необходимо периодическое поступлении энергии от собственного источника внутри колебательной системы

# ВОЛНЫ

- Распространение колебаний от точки к точке (от частицы к частице) в пространстве с течением времени.

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛН

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

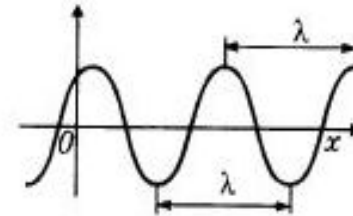
$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

$$v = \lambda\nu$$

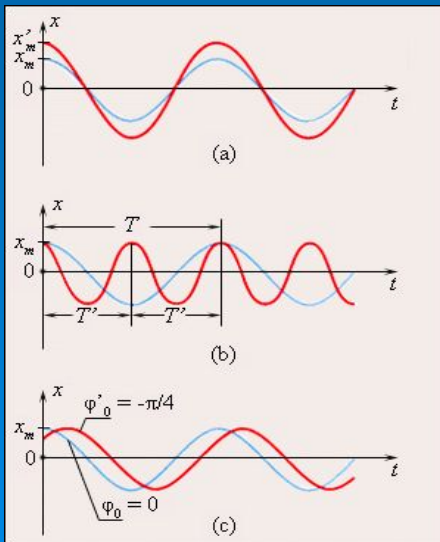
**Частота  $\nu$**  – определяется количеством периодов в секунду

**Период  $T$**  – это время, за которое совершается одно полное колебание

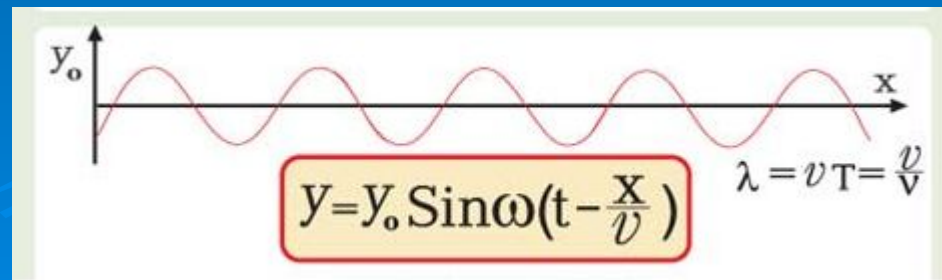
**Скорость волны  $v$**  – скорость перемещения точки, в которой колебание имеет определённую фазу (например, скорость перемещения "гребня" или "впадины")



Длина волны  $\lambda$  – расстояние между ближайшими точками на одном луче, колебания в которых происходят в одинаковой фазе (например, расстояние между соседними максимумами)



## Уравнение волны

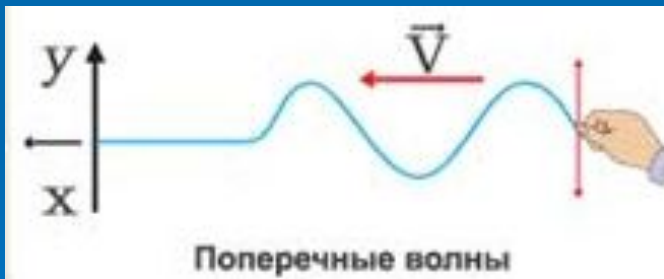


# Причины возникновения механических волн

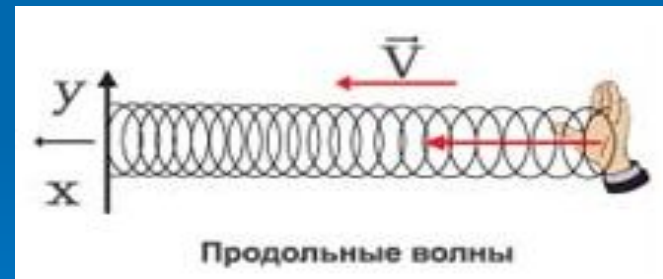
1. Упругая среда (частицы среды взаимодействуют за счет сил упругости)
2. Инертность частиц

## Волны и энергия

1. Вместе с колебаниями волной переносится энергия колебаний, хотя сами носители этой энергии, колеблющиеся частицы, с волной не переносятся
2. Волна является переносчиком энергии



- Поперечные -это волны, в которых частицы среды колеблются перпендикулярно направлению волны,
- Деформация сдвига в твердых телах, на поверхности жидкости



- Продольные – это волны, в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волны.
- Деформация сжатия в газах, жидкостях, твердых телах

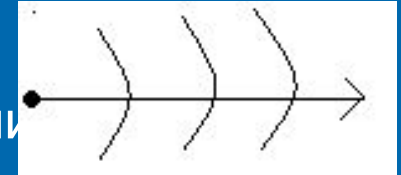


# Волны в среде.

Волновая поверхность – геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковой фазе

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

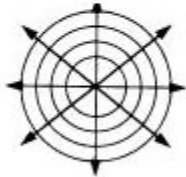
Луч – линия перпендикулярная волновой поверхности (эта линия показывает направление распространения волны)



## Виды волн

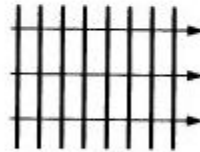
### 1. Сферические волны

Волновые поверхности имеют форму концентрических сфер. Такие волны распространяются в однородной среде от точечного источника. На поверхности жидкости возникают круговые волны.

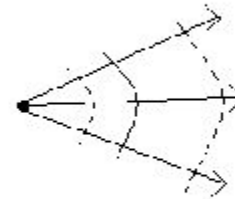


### 2. Плоские волны

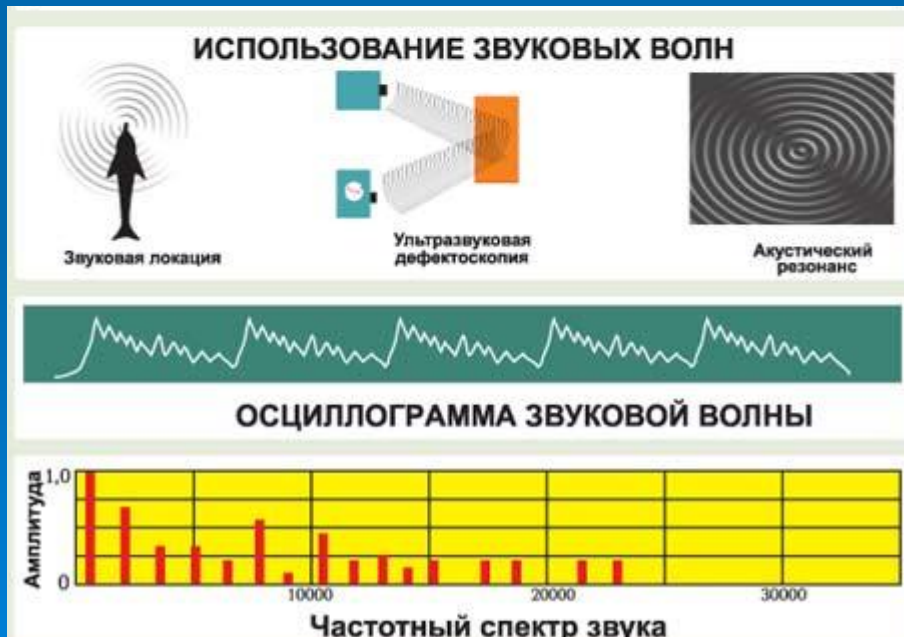
Волновые поверхности имеют форму параллельных плоскостей (или прямых, если волна распространяется по поверхности)



### 3. Кольцевая волна



При достаточно большом удалении от источника любую волну в ограниченном объеме пространства можно приближенно рассматривать как плоскую.



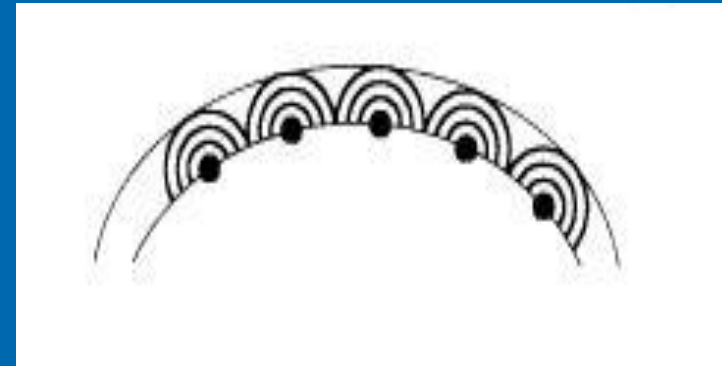
- Звук – продольная механическая волна определенной частоты
- Звуковые волны с частотами от 16 до 2104 Гц воздействуют на органы слуха человека, вызывают слуховые ощущения и называются **слышимыми звуками**. Звуковые волны с частотами менее 16 Гц называются **инфразвуками**, а с частотами более 2104 Гц – **ультразвуками**.
- Восприятие звука органами слуха зависит от того, какие частоты входят в состав звуковой волны.
- Скорость звука в воздухе приблизительно 330 м/с
- **Высота тона** зависит от частоты: чем больше частота, тем выше тон.
- **Громкость звука** зависит от интенсивности звука, т.е. определяется амплитудой колебаний в звуковой волне. Наибольшей чувствительностью органы слуха обладают к звукам с частотами от 700 до 6000 Гц.



# Свойства волн

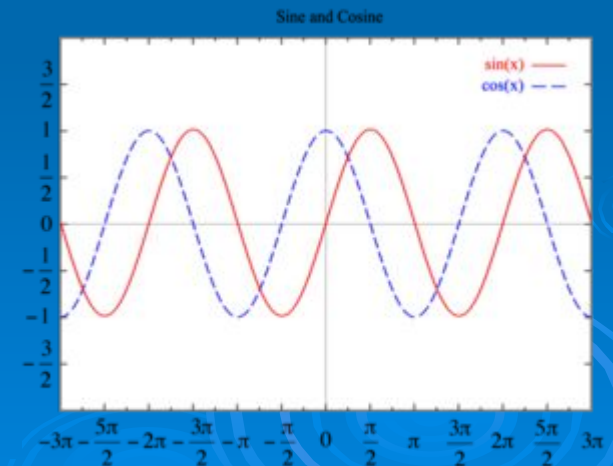
## □ Принцип Гюйгенса

Каждая возбужденная волной точка сама становится источником элементарных волн. Огибающая элементарных волн дает новое положение волнового фронта



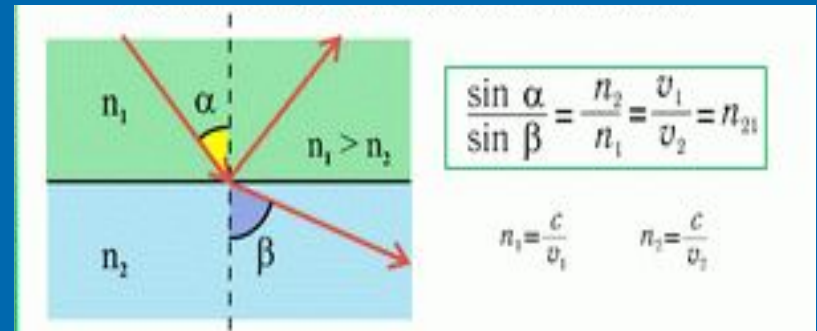
## □ Принцип суперпозиции волн

При распространении в среде нескольких волн каждая из них распространяется так, как будто другие волны отсутствуют



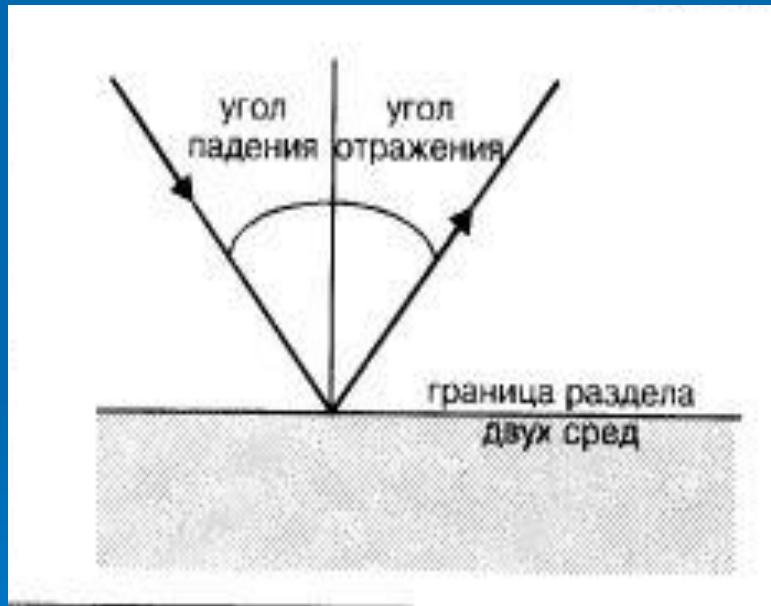
# Законы преломления

- 1. Падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр в точке падения лежат в одной плоскости



- 2. Отношение синусов угла падения и угла преломления есть величина постоянная и равна отношению скоростей волны в этих средах

# Законы отражения



1. Падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр в точке падения лежат в одной плоскости

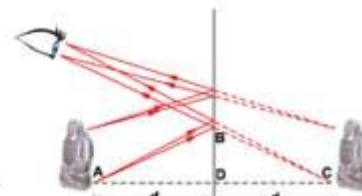
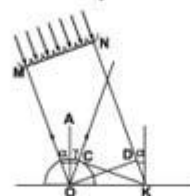
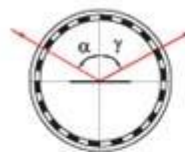
2. Угол падения равен углу отражения

$$\alpha = \beta$$



### Отражение света

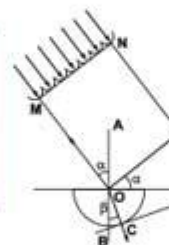
$$\alpha = \gamma$$



Отражение света от плоского зеркала

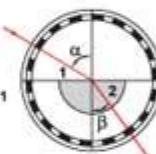
Получение изображения в плоском зеркале

### Преломление света



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const}$$



Преломление света

Закон преломления света

### Полное внутреннее отражение света



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\beta_0 = 90^\circ \quad \sin \beta_0 = 1$$

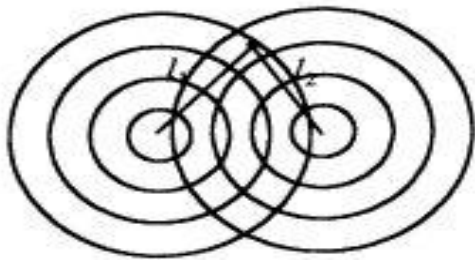
$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$



Отражение света при переходе из оптически более плотной среды в менее плотную

# Интерференция волн

- Устойчивая картина чередования максимумов и минимумов колебаний точек среды при наложении когерентных волн
- Когерентные волны – это волны одинаковой частоты с постоянной разностью фаз



Разностью хода волн называется величина

$$\Delta l = |l_1 - l_2|$$

**Условие интерференционного максимума** для волн от двух точечных источников, разность фаз которых равна нулю:

$$\Delta l = k\lambda,$$

то есть разность хода волн  $\Delta l$  равна целому числу длин волн (или, что то же самое, **четному** числу полуволен).

**Условие интерференционного минимума:**

$$\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

то есть разность хода волн равна **нечетному** числу полуволен.





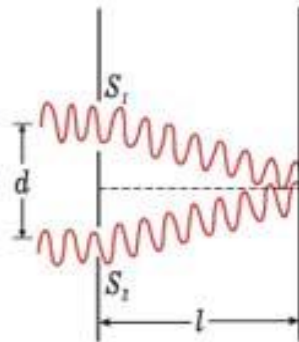
Томас Юнг



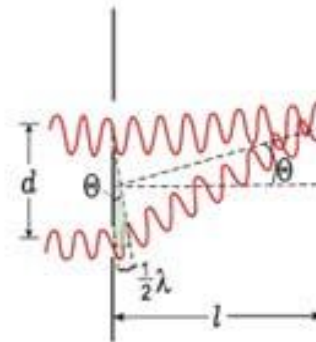
Интерференция волн на воде



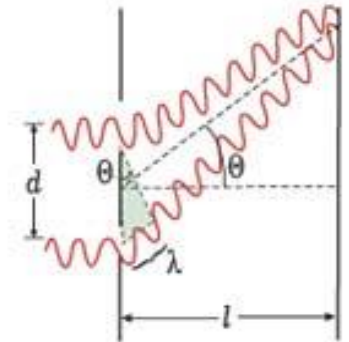
Интерференция света



Нулевой интерференционный максимум



Первый интерференционный минимум



Первый интерференционный максимум

Интерференция в тонких пленках



Интерференция света на пленке масла

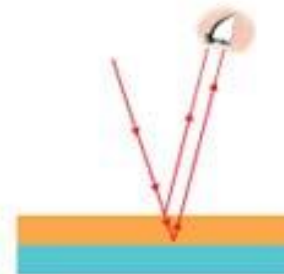
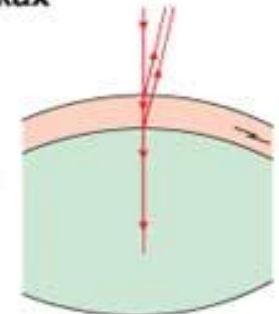


Схема хода лучей при интерференции в тонкой пленке

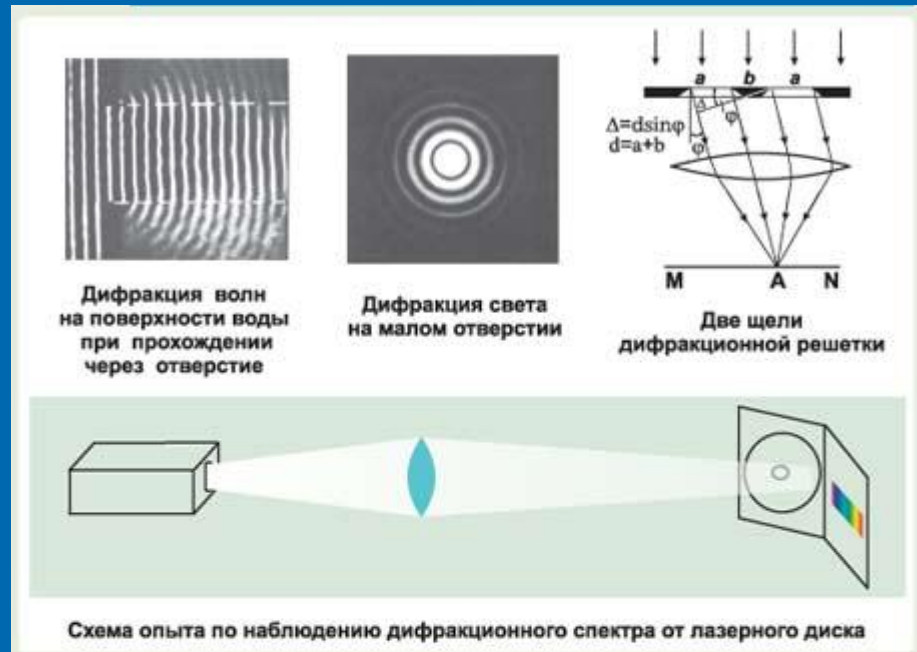


Просветление оптики

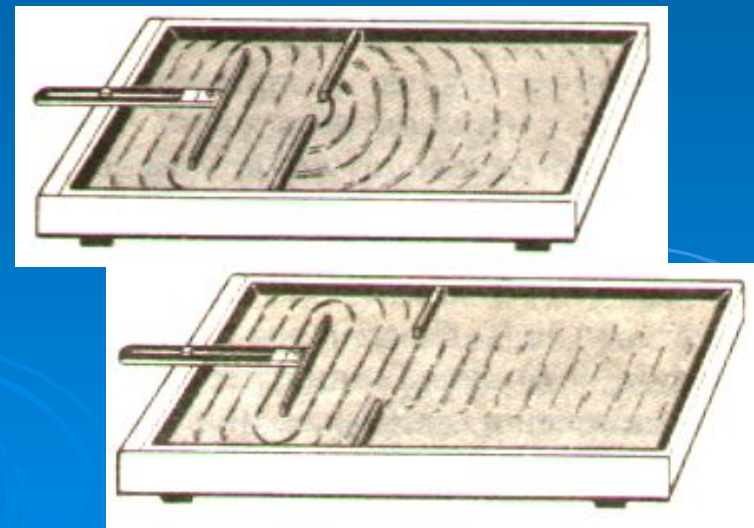


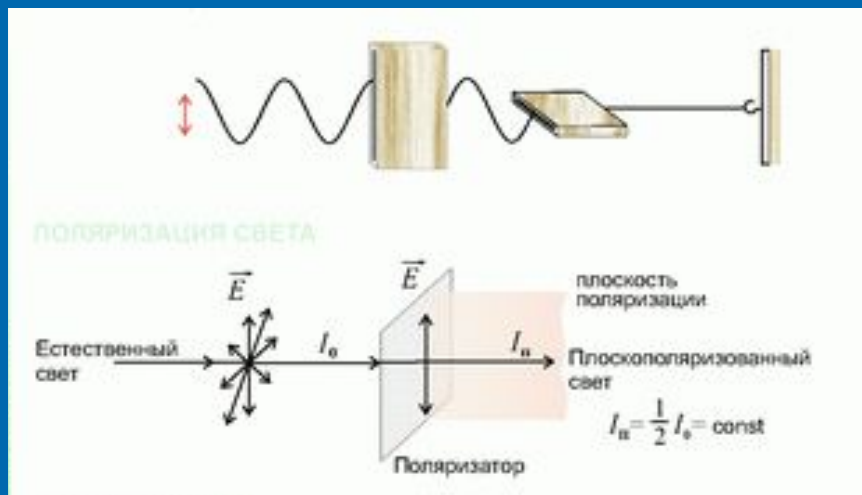
# Дифракция волн

- Отклонение направления распространения волн от прямолинейного у границы преграды (огибание волнами препятствий)

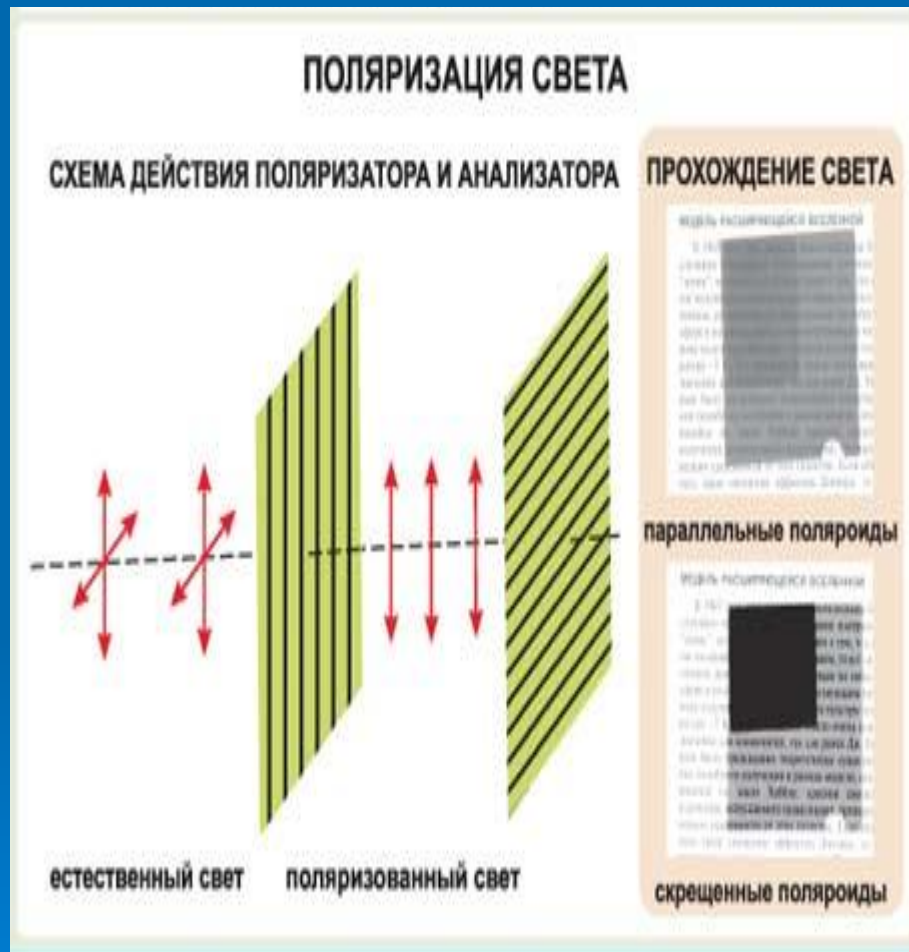


- Условие: размеры препятствия должны быть сравнимы с длиной волны





- Поляризация – это выделение колебаний поперечной волны строго одного направления (при помощи поляризатора)





# Тест по теме

1. Какое изображение не отражает явление интерференции волн?

А) 1 Б) 2 В) 3

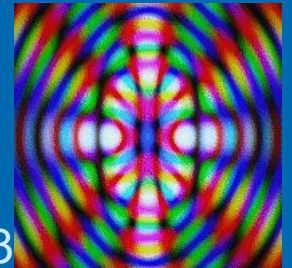
1



2



3



2. «Благодаря» какому явлению в наших домах дребезжат стекла, когда вблизи пролетает самолет?

А) резонанс Б) дифракция В) преломление

3. Высота звука определяется

А) частотой Б) амплитудой В) длиной волны

4. Слышать друг друга в густом лесу мы можем только благодаря эффекту

А) отражения Б) дифракции  
В) преломления волн

5. Каков период на рисунке 1?

А) 20см Б) 8с В) 2м

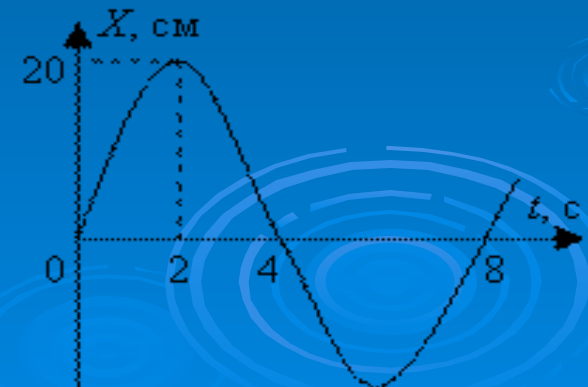


Рис. 1

# Ответы на тест

□ 1 В

□ 2 А

□ 3 А

□ 4 Б

□ 5 Б