

# Механические колебания и волны. Звук

## Подготовка к ГИА



Учитель: Попова И.А.  
МОУ СОШ № 30 г. Белово  
Белово 2010

## Цель:

- повторение основных понятий и законов, графиков и формул, связанных с механическими колебаниями и волновым движением, а также типовых задач по теме в соответствии с кодификатором ГИА и планом демонстрационного варианта экзаменационной работы

# КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

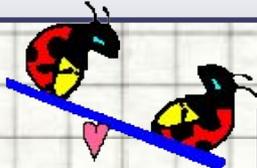
- Колебания – один из самых распространенных процессов в природе и технике.
- крылья насекомых и птиц в полете,
- высотные здания и высоковольтные провода под действием ветра,
- маятник заведенных часов и автомобиль на рессорах во время движения,



Промежуток времени, через который движение повторяется называется **периодом**.

# Виды колебаний

Механические



Химические

Электромагнитные



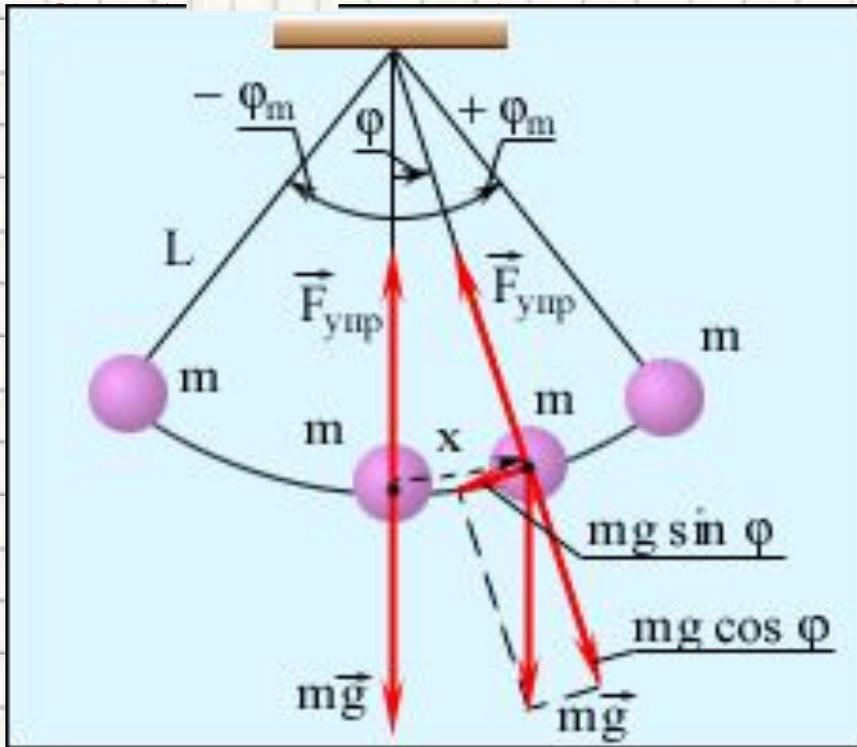
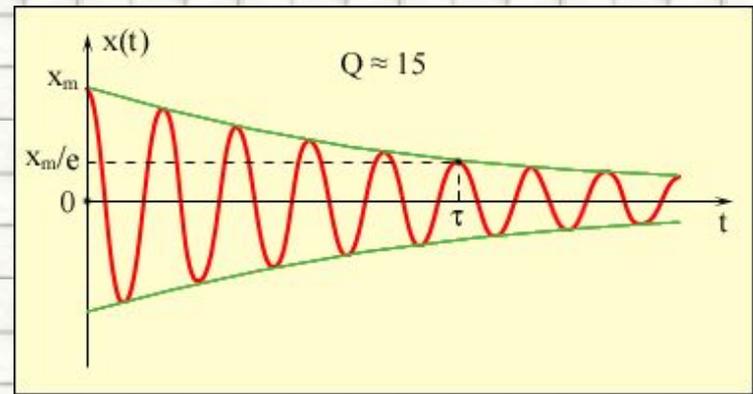
Термодинамические

Признаком колебательного движения является его  
**периодичность**

Движение, повторяющееся через определенный промежуток времени, называется **колебательным**



# Свободные и вынужденные колебания



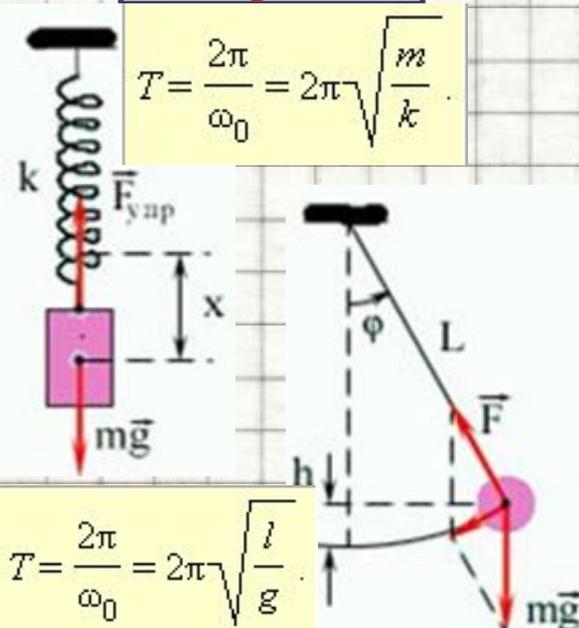
- Реальные колебательные процессы являются **затухающими**, так как на колеблющееся тело действуют силы сопротивления движению.
- **Вынужденные колебания** совершаются под действием **внешней периодически изменяющейся силы**, которую называют **вынуждающей**.

# Амплитуда, период, частота колебаний



Период

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

- **A** - **амплитуда** механических гармонических колебаний - *модуль наибольшего смещения* колеблющегося тела (материальной точки) от положения равновесия. Единица измерения амплитуды – 1 метр.

- **$\omega$**  - **круговая (циклическая) частота**

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

- **T** - **период колебаний** – время, за которое колеблющееся тело совершит одно полное колебание
- **$\nu$**  - **частота** (величина, обратная периоду) показывает, сколько колебаний совершается за единицу времени

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$$

# Фаза колебаний. Разность фаз

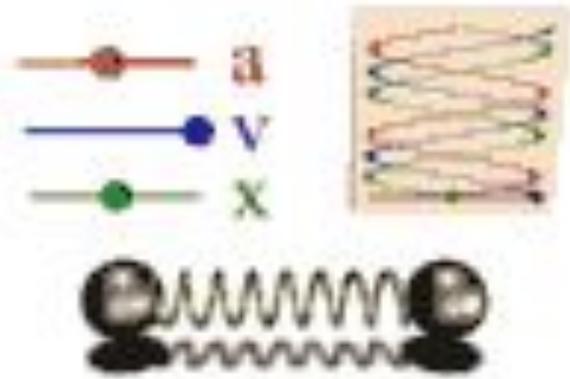
- В любой момент времени **скорости** маятников направлены **в противоположные стороны** – колебания происходят **в противоположных фазах**.
- В любой момент времени **скорости** маятников направлены **в противоположные стороны** – колебания происходят **в противоположных фазах**.



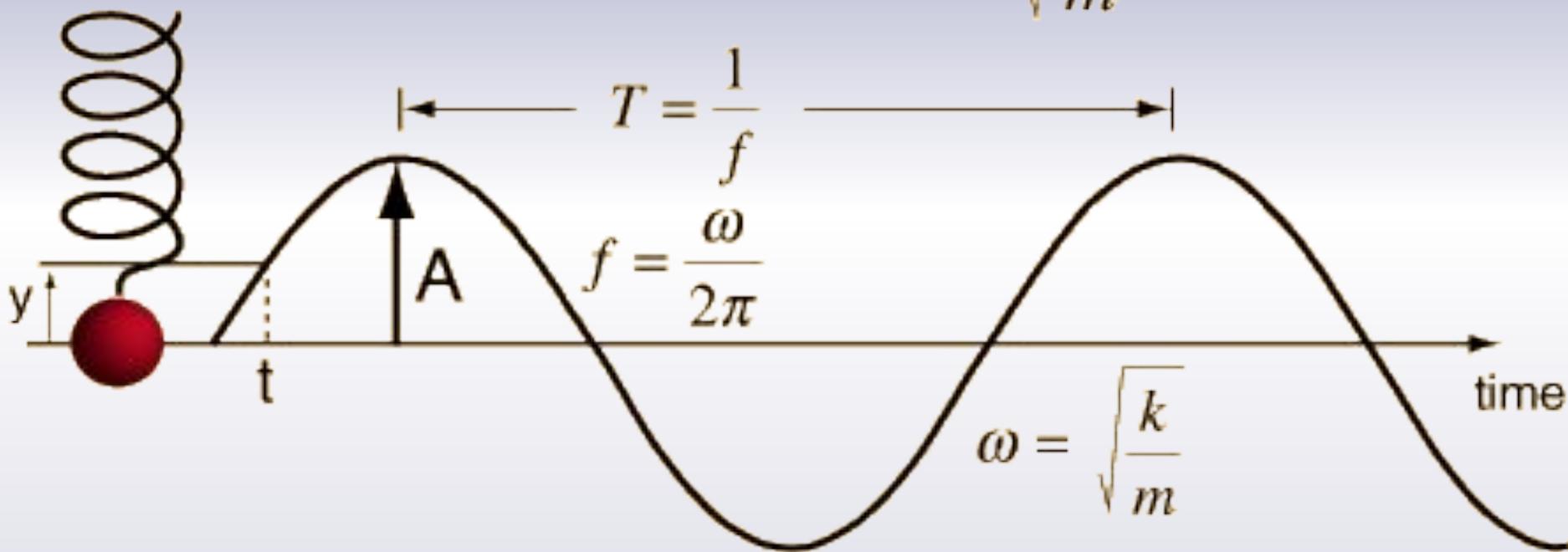
Колебания происходят с определенной **разностью фаз**

# Гармонические колебания

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



$$y = A \sin \omega t = A \sin \sqrt{\frac{k}{m}} t$$



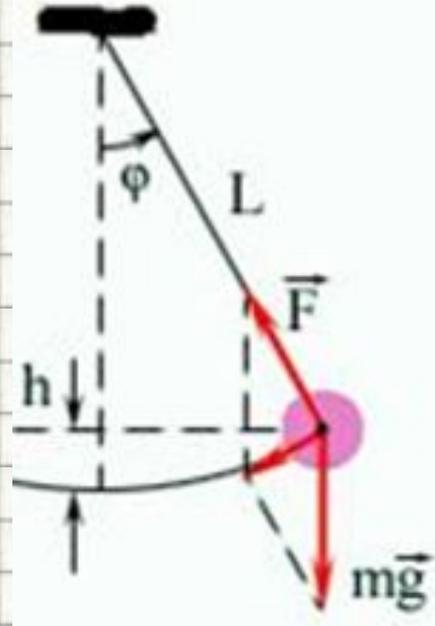
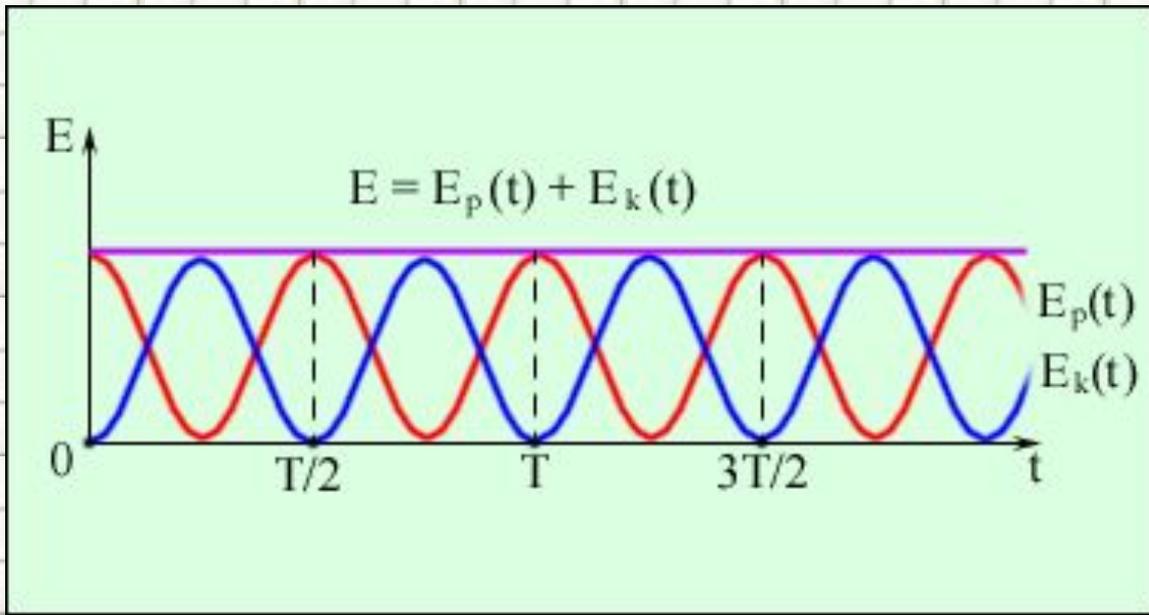
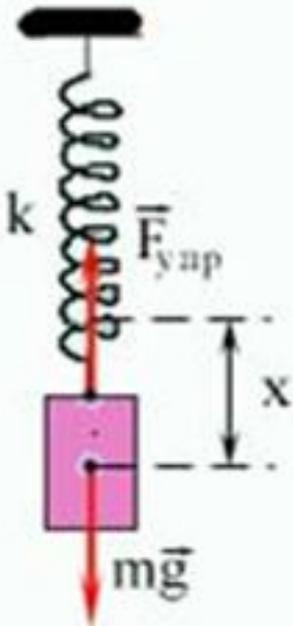
косинуса

# Превращения энергии при свободных механических колебаниях

При гармонических колебаниях происходит периодическое превращение кинетической энергии в потенциальную и наоборот

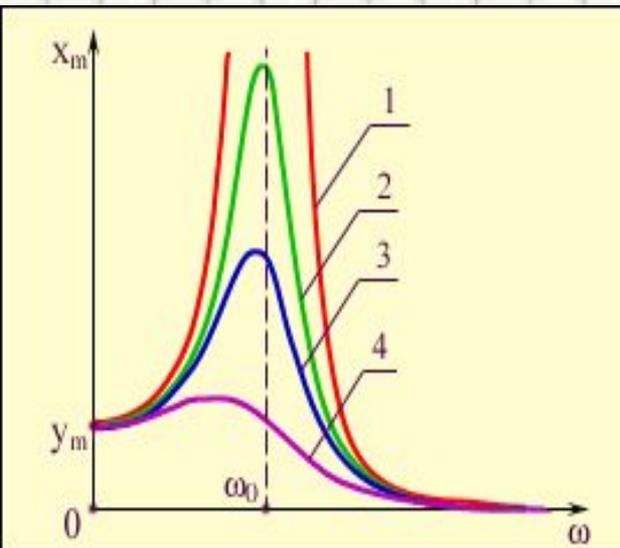
- Для груза на пружине
- Для математического маятника

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}, \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}, \quad E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{mgx^2}{2l}, \quad \omega_0^2 = \frac{g}{l}$$



# Вынужденные колебания. Резонанс.

- Если частота  $\omega$  изменения вынуждающей силы совпадает с частотой  $\omega_0$  собственных колебаний системы, то амплитуда вынужденных колебаний достигает максимального значения – наступает **резонанс**.



## Резонансные кривые при различных уровнях затухания:

1 – колебательная система без трения; при резонансе амплитуда  $x_m$  вынужденных колебаний неограниченно возрастает;

2, 3, 4 – реальные резонансные кривые для колебательных систем с различной добротностью:  $Q_2 > Q_3 > Q_4$ .

На низких частотах ( $\omega \ll \omega_0$ )  $x_m \approx y_m$ .

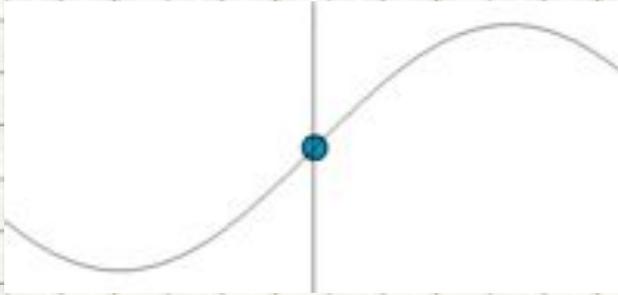
На высоких частотах ( $\omega \gg \omega_0$ )  $x_m \rightarrow 0$ .



**Автоколебания** - процесс незатухающих колебаний в системах, в которых незатухающие колебания возникают не за счет периодического внешнего воздействия, а в результате имеющейся у таких систем способности **самой регулировать поступление энергии** от постоянного источника

Функциональная схема автоколебательной

# Механические волны. Звук



- Явление распространения колебаний в пространстве с течением времени называется **механической волной**.

Механические волны бывают

**поперечными** и

**продольными**:

колебания частиц **поперечной**

волны происходят

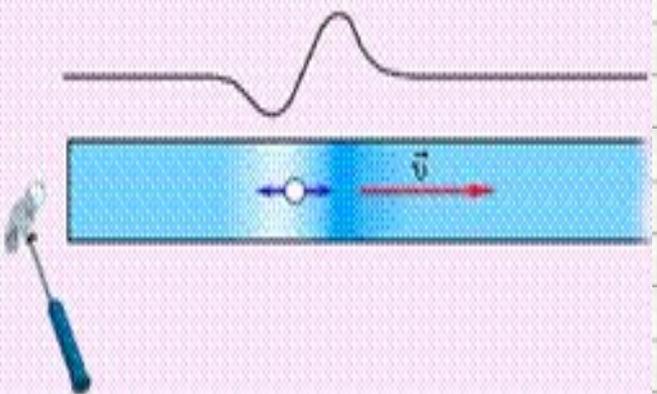
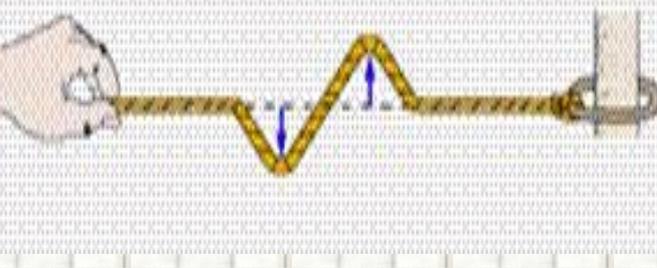
**перпендикулярно** (поперек)

направлению распространения

волны

колебания частиц **продольной**

волны — **вдоль** этого направления



# Механические волны.

## Звук

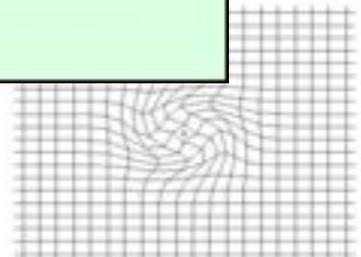
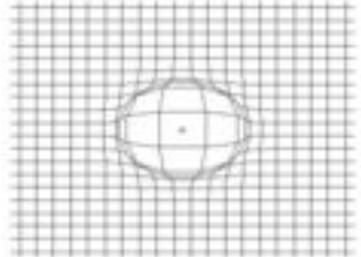
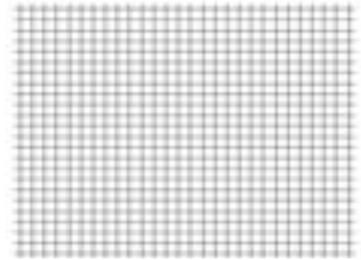
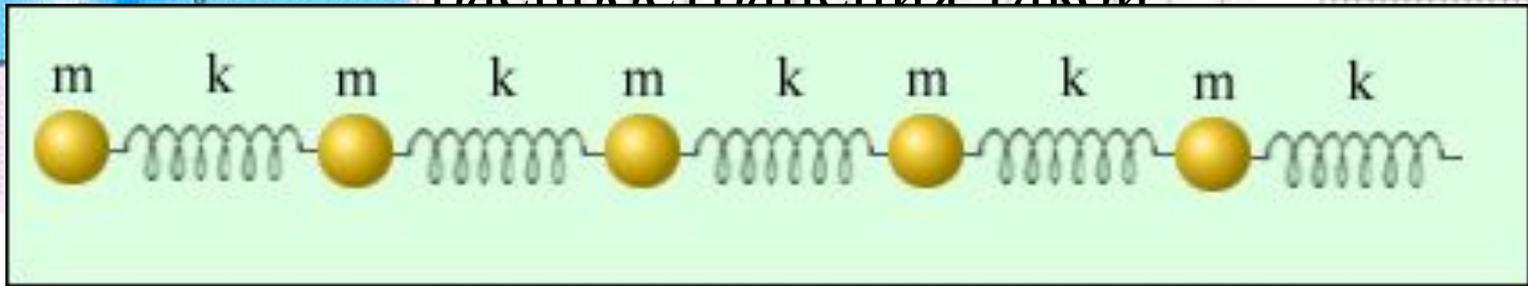
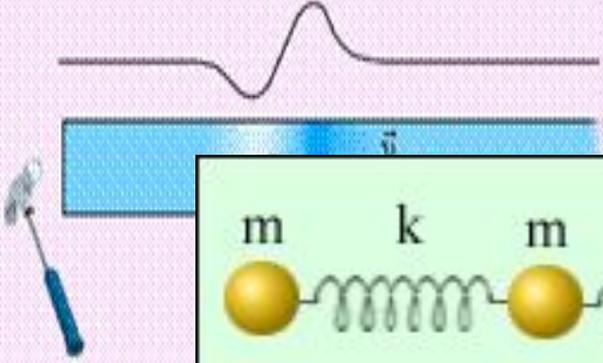
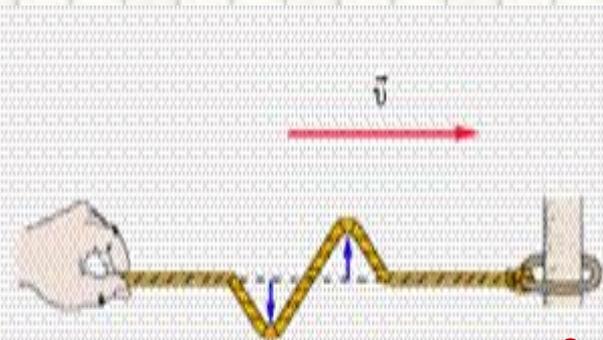
- **Продольные волны** — это периодические сгущения и разрежения среды.

Поэтому такие волны могут существовать в **любых телах** — твердых, жидких, газообразных.

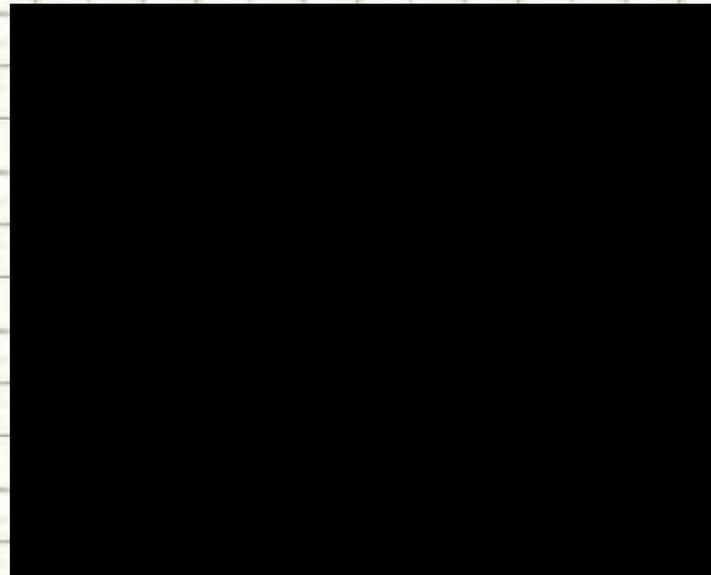
- **Поперечные волны** могут существовать лишь в **твердых телах** (для распространения такой

упругости).

- Простейшая одномерная модель твердого тела



# Поперечные волны

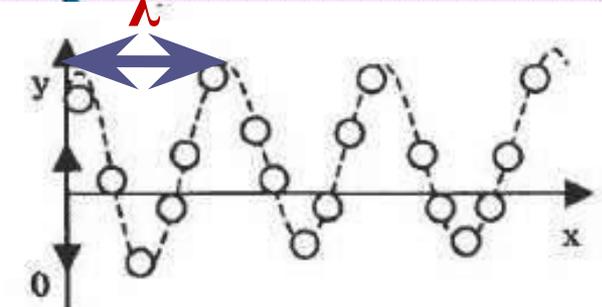
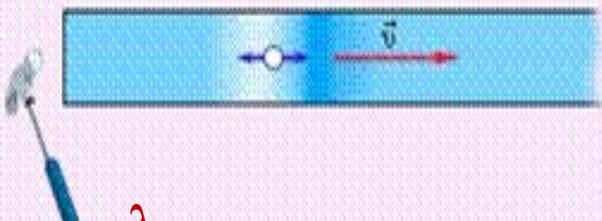
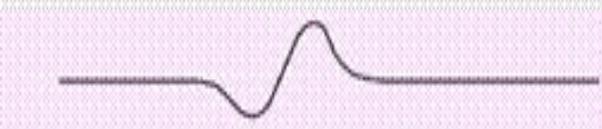
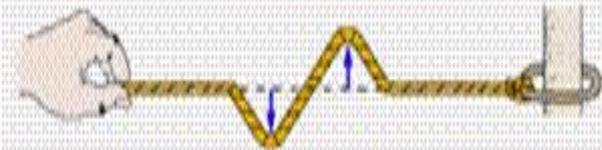


# Продольные волны

- **Здесь должен быть видеофрагмент**
  - **«Продольные волны»**
- **Скачайте фильм по адресу:**  
<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/a57a06f5-66cb-4403-8416-ad9b2b2cbe80/view/>  
и вставьте его на этот слайд. При вставке установите **«при показе слайдов воспроизводить автоматически»**, на вкладке «Параметры» поставьте галочку в поле **«Во весь экран»**

# Характеристики волн

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



- Физическая величина, равная отношению длины волны ( $\lambda$ ) к периоду колебаний ее частиц ( $T$ ), называется **скоростью волны**
- Расстояние между двумя ближайшими частицами среды, находящимися в **одинаковом состоянии**, называется **длиной волны**.
- **Период колебаний** частиц **равен** периоду колебаний **возбудителя волны**.
- Скорость распространения волн в различных средах **различна**

# Связь частоты колебаний и длины волны

- **Здесь должен быть видеофрагмент**
- **«Связь частоты колебаний и длины волны»**
  
- **Скачайте фильм по адресу:**  
<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/2af127cf-cdc5-4dd4-b048-ec3cfe4a9a19/view/> и вставьте его на этот слайд. При вставке установите **«при показе слайдов воспроизводить автоматически»**, на вкладке «Параметры» поставьте галочку в поле **«Во весь экран»**

## Свойства механических волн

- **Отражение волн** - механические волны любого происхождения обладают способностью **отражаться от границы раздела двух сред.**
- **Преломление волн** - при распространении механических волн можно наблюдать и явление преломления.
- **Дифракция волн** (лат. "дифрактус" – преломленный) - **отклонение волн от прямолинейного распространения, то есть огибание ими препятствий.**
- Дифракция наиболее отчетливо проявляется, если **длина набегающей волны больше размеров препятствия.** Позади него волна распространяется так, как будто препятствия не было вовсе.
- **Интерференция волн** - **взаимовлияние двух волн** (лат. "интер" – взаимно, "ферио" – ударяю).

# Звук. Звуковые волны

$$20\text{Гц} \leq \nu \leq 20000\text{Гц}$$

- Звуковыми волнами или просто звуком принято называть волны, воспринимаемые человеческим ухом.
- Волны с частотой *менее 20 Гц* называются **инфразвуком**, а с частотой *более 20 кГц* – **ультразвуком**.
- Скорость звука в воздухе  $\approx 330$  м/с.
- Скорость распространения звуковых волн **в разных средах неодинакова**. Медленнее всего звук распространяется в газах.
- В жидкостях звук распространяется быстрее.
- В твердых телах – еще быстрее.
- В стальном рельсе, например, звук распространяется со скоростью  $\gg 5000$  м/с.
- При **распространении** звука в газе атомы и молекулы колеблются **вдоль** направления распространения волны.

# Распространение звука в воздухе

- **Здесь должен быть видеофрагмент «Распространение звука в воздухе»**
  
- **Скачайте фильм по адресу:**  
<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/57062f4d-4448-4b1f-a04a-8f5a8ae254d6/view/> и вставьте его на этот слайд. При вставке установите **«при показе слайдов воспроизводить автоматически»**, на вкладке «Параметры» поставьте галочку в поле **«Во весь экран»**

# Звук от струн гитары

- **Здесь должен быть видеофрагмент**
  - **«Звук от струн гитары»**

- **Скачайте фильм по адресу:**

<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/0e6b2d85-9242-4166-8058-eb5a79278ea3/view/>

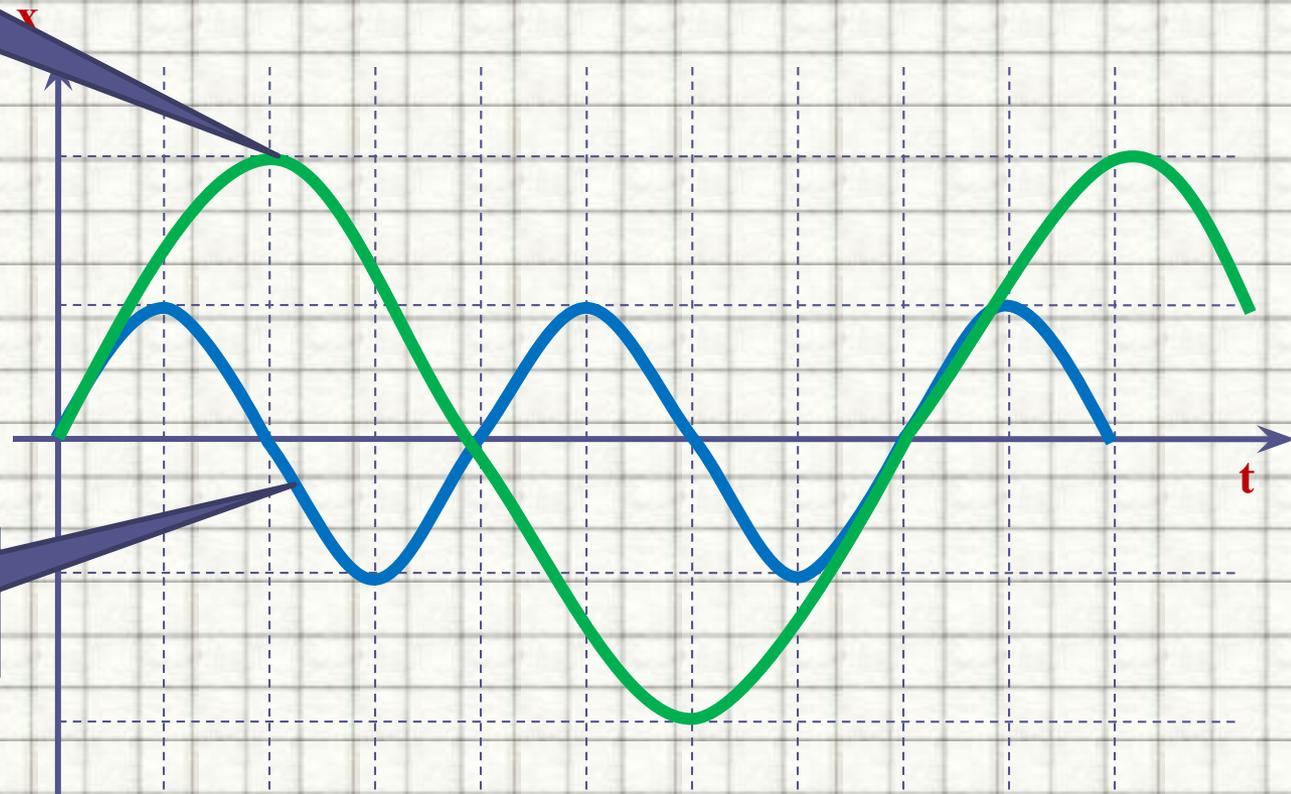
и вставьте его на этот слайд. При вставке установите **«при показе слайдов воспроизводить автоматически»**, на вкладке «Параметры» поставьте галочку в поле **«Во весь экран»**

## ХАРАКТЕРИСТИК И ЗВУКА

Более громкий  
звук

- **Громкость** звука определяется **амплитудой** волны
- **Высота** звука определяется **частотой** волны

Более высокий  
голос



# Принцип действия слухового аппарата человека

- **Здесь должен быть видеофрагмент «Принцип действия слухового аппарата человека»**
- **Скачайте фильм по адресу:**  
<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/c9eb315f-52c2-4485-9bf4-120d39c58af3/view/> и вставьте его на этот слайд. При вставке установите **«при показе слайдов воспроизводить автоматически»**, на вкладке «Параметры» поставьте галочку в поле **«Во весь экран»**

# Работа эхолокатора

- **Здесь должен быть видеофрагмент**
  - **«Работа эхолокатора»**
- **Скачайте фильм по адресу:**  
<http://school-collection.edu.ru/catalog/res/a8006565-bc53-4be4-afb3-9702ca9dd58b/view/>  
и вставьте его на этот слайд. При вставке установите **«при показе слайдов воспроизводить автоматически»**, на вкладке «Параметры» поставьте галочку в поле **«Во весь экран»**

# Рассмотрим задачи:

Подборка заданий по кинематике  
(из заданий ГИА 2008-2010 гг.)

**ГИА-2010-4.** Какова длина математического маятника с периодом колебаний  $T = 1$  с?

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

$$l = \frac{T^2 \cdot g}{4\pi^2}$$

- 1) 100 см
- 2) 55 см
- 3) 25 см
- 4) 15 см

$$l = \frac{(1\text{с})^2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{4\pi^2} = 0.25\text{м}$$

**ГИА-2010-6.** Эхо, вызванное ружейным выстрелом, дошло до стрелка через 4 с после выстрела. На каком расстоянии от стрелка произошло отражение звуковой волны, если скорость звука в воздухе равна 330 м/с?

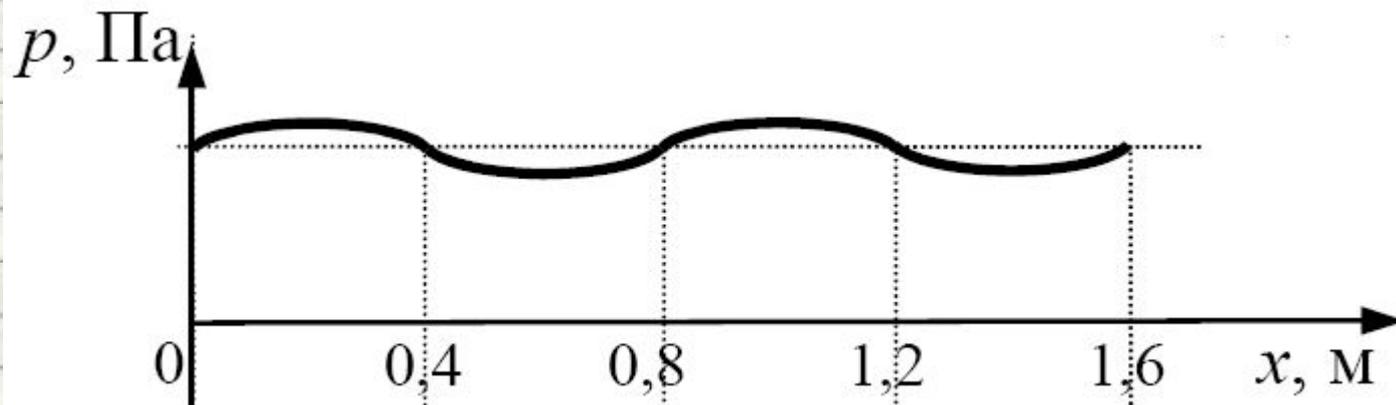
- 1) 330 м
- 2) 660 м
- 3) 990 м
- 4) 1320 м

$$2s = v \cdot t$$

$$s = \frac{330 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 4 \text{с}}{2} = 660 \text{м}$$

(ГИА 2009 г.) 4. На рисунке представлен график зависимости давления воздуха от координаты в некоторый момент времени при распространении звуковой волны. Длина звуковой волны равна

1. 0,4 м
2. 0,8
3. 1,2
4. 1,6 м



## ГИА-2010-4. Звуковые волны могут распространяться

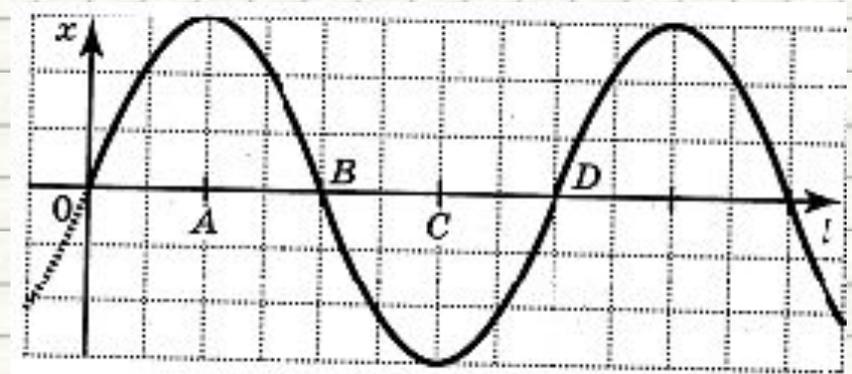
- 1) только в газах
- 2) только в жидкостях
- 3) только в твердых телах
- 4) в газах, жидкостях и твердых телах

**ГИА-2010-4.** Период колебаний математического маятника может быть значительно уменьшен путем

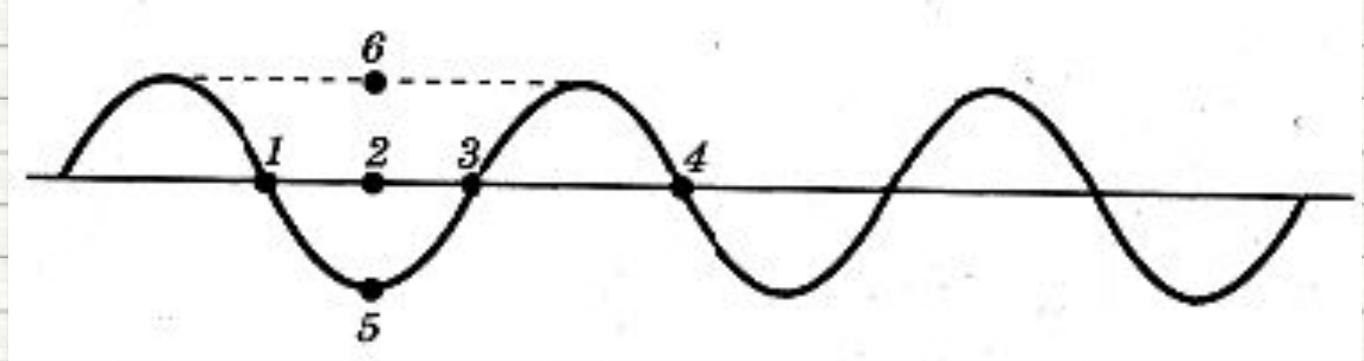
- 1) увеличения массы груза маятника
- 2) уменьшения объема груза маятника
- 3) уменьшения длины маятника
- 4) уменьшения амплитуды колебаний маятника

**ГИА-2010-4.** На рисунке отображен шнур, по которому распространяется поперечная волна в некоторый момент времени. Расстояние между какими точками равно половине длины волны?

1. **OB**
2. **AB**
3. **OD**
4. **AD**



**ГИА-2010-4.** На рисунке показан профиль волны, распространяющейся по воде. Расстояние между какими точками на рисунке равно длине волны?



1. 1 – 2
2. 1 – 3
3. 1 – 4
4. 2 – 5

**ГИА-2010-6.** К звучащему камертону подносят по очереди два других камертона. Вторым камертон и точности такой же, как и первый. Третий — настроен на меньшую частоту. Какой из камертонов начнет звучать с большей амплитудой?

1. второй
2. третий
3. оба камертона будут звучать одинаково
4. ни один из них

**ГИА-2010-6.** Динамик подключен к выходу звукового генератора. Частота колебаний 170 Гц. Определите длину звуковой волны в воздухе, зная, что скорость звуковой волны в воздухе 340 м/с.

1. 0,5 м
2. 1 м
3. 2 м
4. 57 800 м

**ГИА-2010-6.** Камертон, настроенный на ноту «ля» первой октавы, колеблется с частотой 440 Гц. Сколько длин волн уложится на расстоянии, которое звук, изданный камертоном, пройдет за 2 с? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

$$s = N \cdot \lambda = V \cdot t$$

$$N = \frac{(V \cdot t)}{\lambda}$$

1. 880
2. 660
3. 990
4. 1320

$$N = \frac{(V \cdot t)}{\frac{V}{\nu}} = \nu \cdot t$$

$$\lambda = \frac{V}{\nu}$$

## ГИА-2010-6. Высота звука зависит от

- 1) амплитуды колебаний
- 2) частоты колебаний
- 3) скорости звука
- 4) длины волны

**ГИА-2010-6.** При переходе из одной среды в другую длина звуковой волны увеличилась в 3 раза. Как при этом изменилась высота звука?

- 1) увеличилась в 3 раза
- 2) уменьшилась в 3 раза
- 3) не изменилась
- 4) увеличилась в 9 раз

**ГИА-2010-6.** Амплитуда звуковых колебаний увеличилась в 5 раз. Как изменилась высота звука при неизменной частоте звуковых колебаний?

- 1) уменьшилась в 5 раз
- 2) увеличилась в 5 раз
- 3) не изменилась
- 4) уменьшилась в 25 раз

## ГИА-2010-6. Громкость звука зависит от

- 1) частоты звука
- 2) амплитуды колебаний
- 3) скорости звука
- 4) длины звуковой волны

**ГИА-2009-11.** При увеличении длины математического маятника в 4 раза его период свободных колебаний ...

1. увеличивается в 16 раз.
2. увеличивается в 4 раза.
3. увеличивается в 2 раза.
4. уменьшается в 2 раза.
5. уменьшается в 4 раза.

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{4l}{g}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{4} = 2$$

**ГИА-2009-11.** При увеличении в 4 раза массы груза, подвешенного на пружине, его период свободных колебаний ...

- 1. увеличивается в 16 раз.
- 2. увеличивается в 4 раза.
- 3. увеличивается в 2 раза.
- 4. уменьшается в 2 раза.
- 5. уменьшается в 4 раза.

$$T_1 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T_2 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{4m}{k}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{4} = 2$$

(ГИА 2009 г.) 6.

Верхняя граница частоты колебаний звуковых волн, воспринимаемая ухом человека, с возрастом уменьшается. Для детей она составляет 22 кГц, а для пожилых людей – 10 кГц. Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.  
Звук с длиной волны 17 мм

1. услышит только ребенок
2. услышит только пожилой человек
3. услышит и ребенок, и пожилой человек
4. не услышит ни ребенок, ни пожилой человек

**ГИА 2010 г. 4.**

## **Звуковые волны могут распространяться**

1. только в газах
2. только в жидкостях
3. только в твердых телах
4. в газах, жидкостях и твердых телах

**ГИА-2010-15.** Какой из двух экспериментов подтверждает гипотезу, что звук распространяется только в материальной среде?

I. Через получасовые интервалы стреляли из пушки, расположенной на расстоянии 30 км, и наблюдатели отмечали промежуток времени между появлением вспышки и моментом, когда был услышан звук.

II. Колокол помещали в сосуд, из которого можно было откачивать воздух. Туда же помещали механизм, который позволяет колоколу звонить автоматически. Слух отчетливо улавливал ослабление звука по мере уменьшения давления воздуха в сосуде.

- 1) только I
- 2) только II
- 3) и I, и II
- 4) ни I, ни II

**(ЕГЭ 2001 г.) А5.**

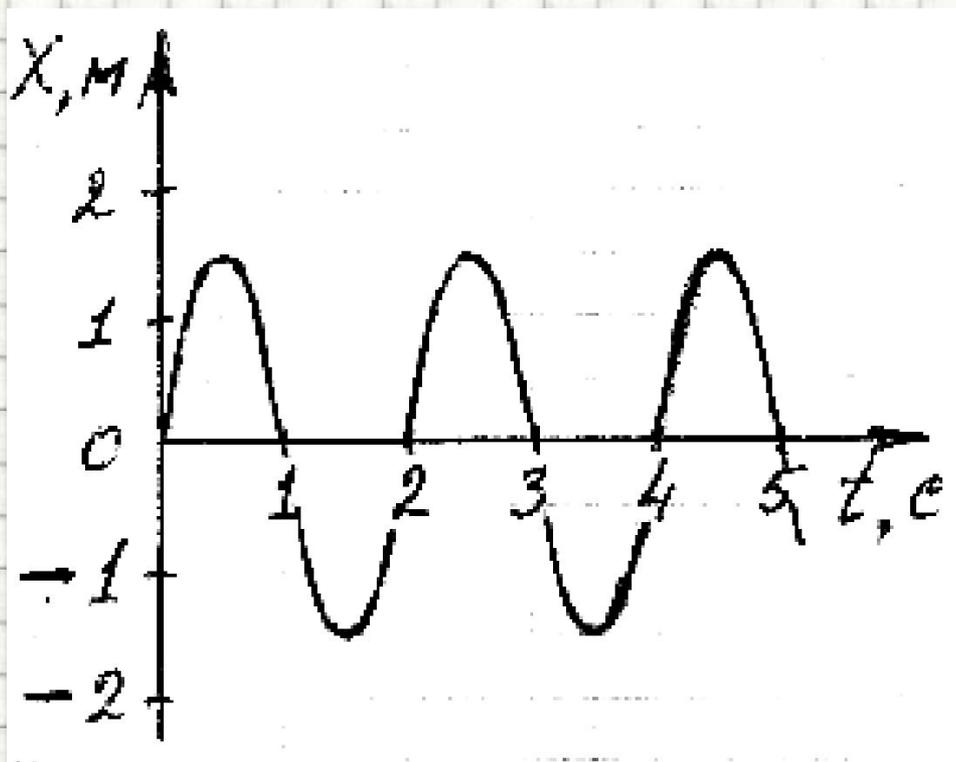
Период колебаний нитяного маятника равен 1,5 с. Для того, чтобы увеличить период колебаний до 3 с надо

- 1) увеличить амплитуду колебаний в 2 раза
- 2) увеличить массу маятника в  $\sqrt{2}$  раза
- 3) увеличить длину маятника в 4 раза
- 4) уменьшить амплитуду колебаний в 2 раза

**(ЕГЭ 2001 г., Демо) А10.**

На рисунке приведен график колебаний маятника — груза на нити. Согласно этому графику, длина маятника приблизительно равна...

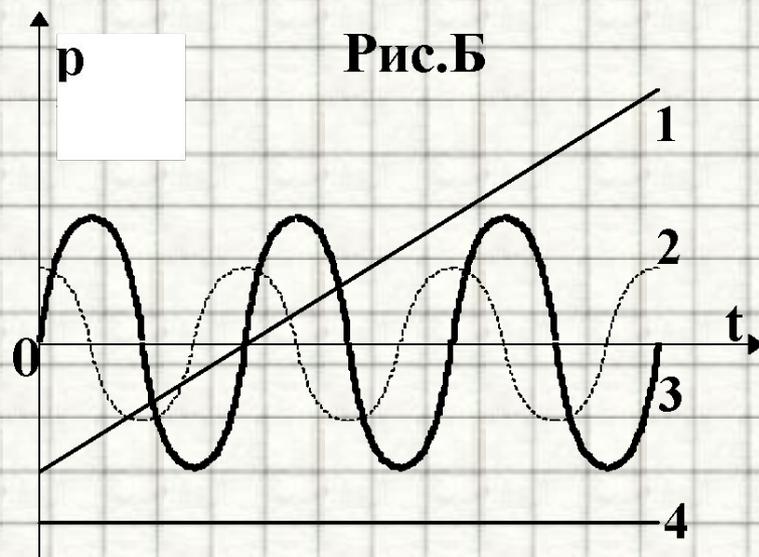
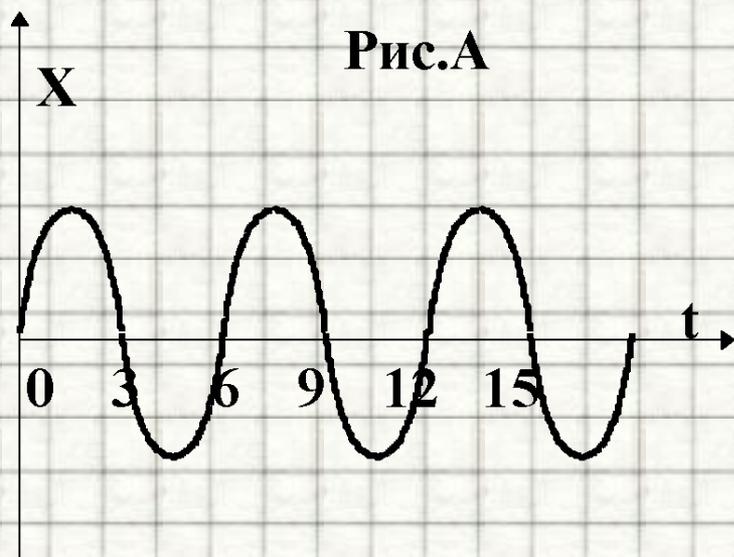
1. 1 м.
2. 0,5 м
3. 4 м.
4. 1,5 м



**(ЕГЭ 2002 г., Демо) А7.**

На рис.А представлен график зависимости координаты тела от времени при гармонических колебаниях. Какой из графиков на рис.Б выражает зависимость импульса колеблющегося тела от времени?

- 1. 1
- 2. 2
- 3. 3
- 4. 4



2005 г. А7 (КИМ).

При гармонических колебаниях вдоль оси Oх координата тела изменяется по закону

$$x = 0,9 \cdot \sin 3t \text{ (м)}$$

Чему равна частота колебаний ускорения?

1)  $\frac{3t}{2\pi}$

2)  $\frac{2\pi}{3}$

3) 3

4)  $\frac{3}{2\pi}$

**(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А6.**

При гармонических колебаниях вдоль оси ОХ координата тела изменяется по закону (м). Какова амплитуда колебаний?

$$x = 0,9 \cdot \cos 5t$$

1. 5 м
2. 4,5 м
3. 0,9 м
4. 0,18 м

**(ЕГЭ 2003 г., КИМ) А7.**

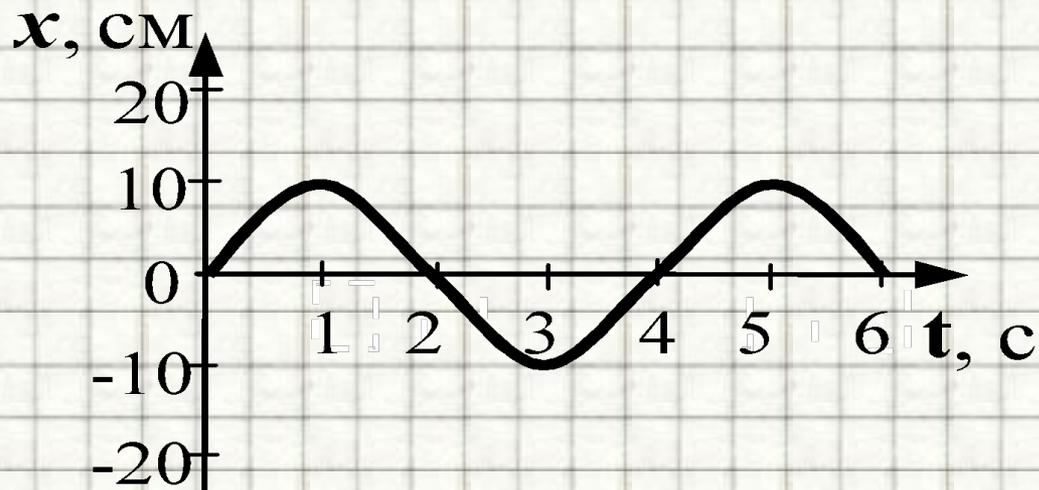
Человеческое ухо может воспринимать звуки частотой от 20 до 20 000 Гц. Какой диапазон длин волн соответствует интервалу слышимости звуковых колебаний? Скорость звука в воздухе примите равной 340 м/с.

1. от 20 до 20 000 м
2. от 6800 до 6 800 000 м
3. от 0,06 до 58,8 м
4. от 17 до 0,017 м

**(ЕГЭ 2004 г., КИМ) А6.**

На рисунке представлена зависимость координаты центра шара, подвешенного на пружине, от времени. Период колебаний равен

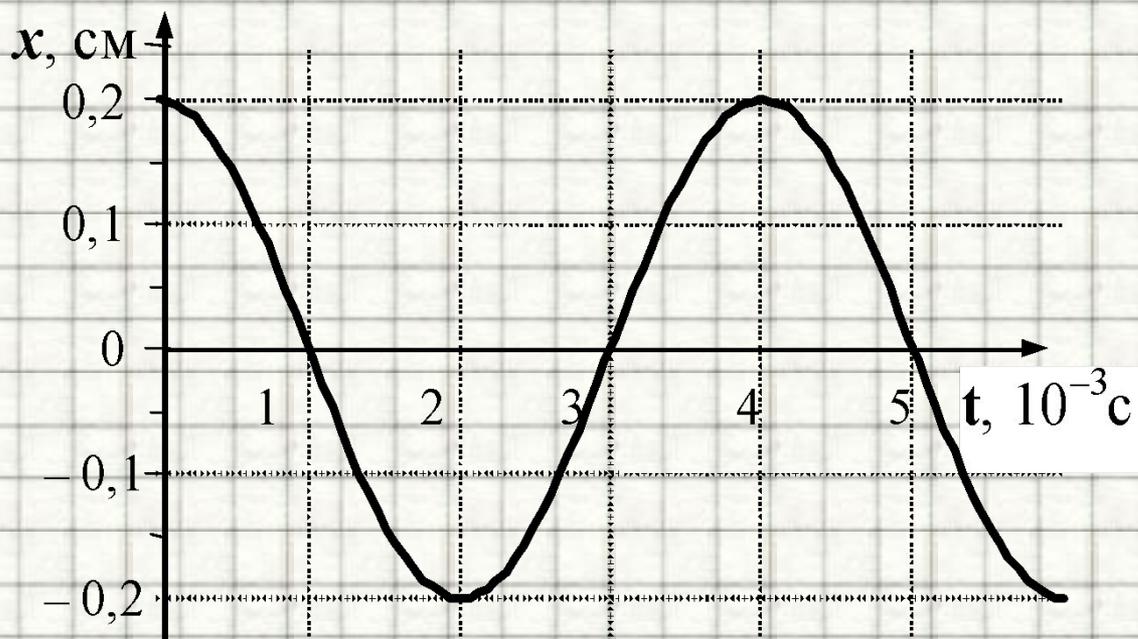
1. 2 с
2. 4 с
3. 6 с
4. 10 с



**(ЕГЭ 2005 г., ДЕМО) А6.**

На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Согласно графику, период этих колебаний равен

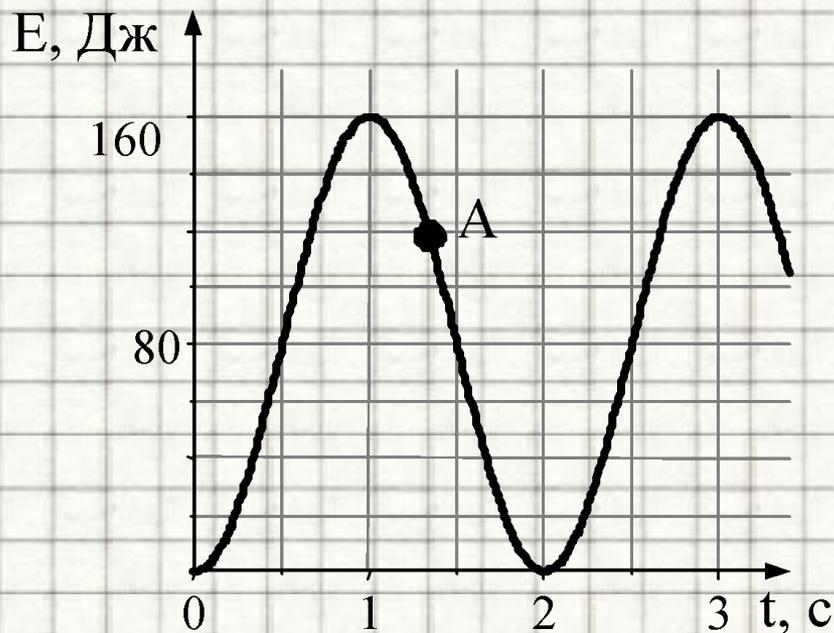
1.  $1 \cdot 10^{-3} \text{ с}$
2.  $2 \cdot 10^{-3} \text{ с}$
3.  $3 \cdot 10^{-3} \text{ с}$
4.  $4 \cdot 10^{-3} \text{ с}$



**(ЕГЭ 2006 г., ДЕМО) А6.**

На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребенка, качающегося на качелях. В момент, соответствующий точке А на графике, его потенциальная энергия, отсчитанная от положения равновесия качелей, равна

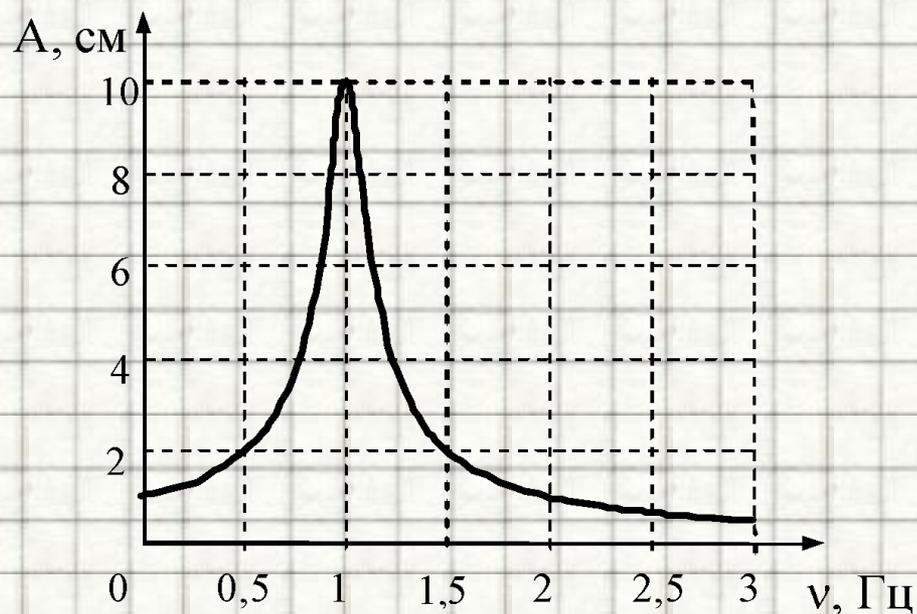
1. 40 Дж
2. 80 Дж
3. 100 Дж
4. 120 Дж



**(ЕГЭ 2007 г., ДЕМО) А7.**

На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно

1. 10
2. 2
3. 5
4. 4



**(ЕГЭ 2008 г., ДЕМО) А7.**

Если и длину математического маятника, и массу его груза увеличить в 4 раза, то период свободных гармонических колебаний маятника

1. увеличится в 2 раза
2. увеличится в 4 раза
3. уменьшится в 4 раза
4. уменьшится в 2 раза

**(ЕГЭ 2009 г., ДЕМО) А6.**

Принято считать, что женский голос сопрано занимает частотный интервал от  $\nu^1 = 250$  Гц до  $\nu^2 = 1000$  Гц.

Отношение граничных длин звуковых волн этого интервала  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  равно

1. 1
2. 2
3. 1/4
4. 4

**(ЕГЭ 2009 г., ДЕМО) В1.**

Груз массой  $m$ , подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания с периодом  $T$  и амплитудой  $x_0$ . Что произойдет с максимальной потенциальной энергией пружины, периодом и частотой колебаний, если при неизменной амплитуде уменьшить массу груза? К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	ПРИБОР
А) период колебаний	1) увеличится
Б) частота колебаний	2) уменьшится
В) максимальная потенциальная энергия пружины	3) не изменится

А	Б	В
2	1	3

**(ЕГЭ 2010 г., ДЕМО) А5.**

Первоначальное удлинение пружины равно  $\Delta l$ . Как изменится потенциальная энергия пружины, если ее удлинение станет вдвое больше?

1. увеличится в 2 раза
2. увеличится в 4 раза
3. уменьшится в 2 раза
4. уменьшится в 4 раза

**(ЕГЭ 2010 г., ДЕМО) А6.**

Скорость тела, совершающего гармонические колебания, меняется с течением времени в соответствии с уравнением  $u = 3 \cdot 10^{-2} \sin 2\pi t$ , где все величины выражены в СИ. Какова амплитуда колебаний скорости?

1.  $3 \cdot 10^{-2}$  м/с
2.  $6 \cdot 10^{-2}$  м/с
3. 2 м/с
4.  $2\pi$  м/с

# Литература

1. Видеоролик - анимация "Поперечные волны". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/b7ad9b74-6ecd-42bb-98c8-00d96af3da5e/view/>;
2. Видеоролик - анимация "Принцип действия слухового аппарата человека". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/c9eb315f-52c2-4485-9bf4-120d39c58af3/view/>;
3. Видеоролик "Работа эхолотатора". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/a8006565-bc53-4be4-afb3-9702ca9dd58b/view/>;
4. Видеоролик "Звук от струн гитары". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/0c6b2d85-9242-4166-8058-eb5a79278ea3/view/>;
5. Видеоролик "Поперечные волны". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/f07f54e1-74d0-45e1-b929-266b8457f5fb/view/>;
6. Видеоролик "Продольные волны". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/a57a06f5-66cb-4403-8416-ad9b2b2cbe80/view/>;
7. Видеоролик "Распространение звука в воздухе". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/57062f4d-4448-4b1f-a04a-8f5a8ae254d6/view/>;
8. Видеоролик "Связь частоты колебаний и длины волны". Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс]// <http://school-collection.edu.ru/catalog/res/2af127cf-cdc5-4dd4-b048-ec3cfe4a9a19/view/>;
9. Гутник, Е. М., Физика. 7 класс. Учебник для общеобразовательных школ / Е. М. Гутник, А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 302 с.
10. Зорин, Н.И. ГИА 2010. Физика. Тренировочные задания: 9 класс / Н.И. Зорин. – М.: Эксмо, 2010. – 112 с. – (Государственная (итоговая) аттестация (в новой форме)).
11. Кабардин, О.Ф. Физика. 9 кл.: сборник тестовых заданий для подготовки к итоговой аттестации за курс основной школы / О.Ф. Кабардин. – М.: Дрофа, 2008. – 219 с;
12. Колебания. Материал из Википедии — свободной энциклопедии / <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F>
13. КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ. Класс!ная физика для любознательных // [Электронный ресурс]// [http://class-fizika.narod.ru/9\\_21.htm](http://class-fizika.narod.ru/9_21.htm);
14. Механические колебания и волны. Электронная версия по физике для студентов Инженерно - Технического Факультета / [http://e-lib.qmii.uz/ebooks/048\\_fizika\\_sadullayev\\_ru/Mehan.htm](http://e-lib.qmii.uz/ebooks/048_fizika_sadullayev_ru/Mehan.htm)
15. Механические Колебания и Волны. Эта удивительная физика. [Sfiz.ru/ http://www.fizika.asvu.ru/page.php?id=77](http://www.fizika.asvu.ru/page.php?id=77)
16. Перышкин, А. В., Физика. 7 класс. Учебник для общеобразовательных школ / А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 198 с.
17. Перышкин, А. В., Физика. 8 класс. Учебник для общеобразовательных школ / А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 196 с.
18. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика [ГИА-9 2010 г.](http://fipi.ru/view/sections/214/docs/) // [Электронный ресурс]// <http://fipi.ru/view/sections/214/docs/>
19. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика ЕГЭ 2001-2010// [Электронный ресурс]// <http://fipi.ru/view/sections/92/docs/>