

## Блок № 10. Колебания и волны. Радиоволны.

### Лекции:

#### 10.1.1 Колебания. Основные характеристики колебания.

Периодически повторяющийся процесс называется колебанием. Время одного повторения называется **периодом** колебания. Период обозначается буквой **T**.

Количество колебаний за единицу времени называется **частотой** колебания. Частота обозначается буквой  **$\nu$**  и измеряется в 1/с или в Герцах (Гц).

Частота и период являются взаимнообратными величинами и связаны между собой формулой:

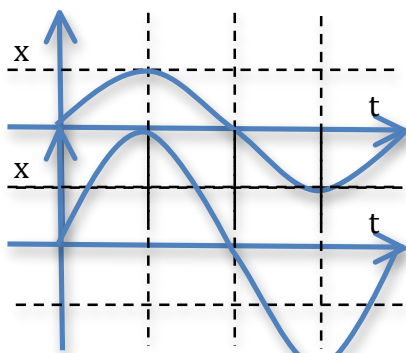
$$\nu = \frac{1}{T} \quad (10.1)$$

Рассмотрим колебательное движение на примере механических колебаний.

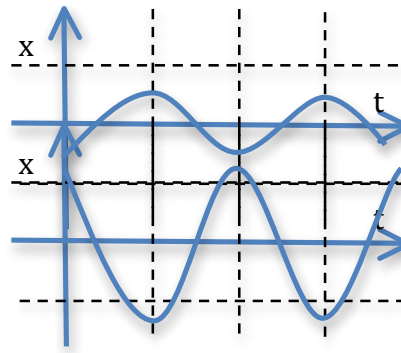
Как правило механические колебания происходят с телами имеющими положение устойчивого равновесия: если сместить тело из этого положения возникают силы, стремящиеся вернуть его обратно.

Максимальное отклонение тела от положения равновесия называется **амплитудой**.

Еще одной важной характеристикой колебания является **фаза**. Фаза – это стадия колебания. Два колебания находятся в **одной фазе**, если они находятся на одной стадии (например, два груза на пружине в одно и то же время максимально отклонены вверх), два колебания находятся в **противофазе**, если колебания отстают друг от друга на половину периода (максимальное отклонение одного груза вверх совпадает с максимальным отклонением другого груза вниз).



Колебания в фазе



Колебания в противофазе

#### 10.1.2 Гармонические колебания.

Гармоническими называются колебания, изменения параметров которых подчиняются закону:

$$x = A \cos(\omega t) \quad (10.2)$$

Где,  $x$  - колеблющийся параметр. Отметим, что в уравнении 10.2 вместо косинуса может стоять синус. Это зависит от начальных условий.

$\omega$  - угловая скорость равна  $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ . Из уравнения видно, что когда время  $t$  изменится на период  $T$ , угол под косинусом изменится на  $2\pi$ , т.е. как раз произойдет одно полное колебание.

Так как  $x$  в этом случае будет изменяться от  $-A$  до  $A$ , то  $A$  будет амплитудой колебания.

Главная особенность гармонических колебаний - независимость частоты колебаний от амплитуды. Т.е. при гармонических колебаниях тело, совершает одно большое колебание за то же время что и маленькое.

#### Условие того, что тело будет колебаться гармонически:

Тело совершает гармонические колебания, если **возвращающая сила пропорциональна отклонению от положения равновесия**. Примером гармонического колебания может служить колебания груза на пружине.

При отклонения груза от положения равновесия на него начинает действовать сила упругости, пропорциональная отклонению от положению равновесия. Для груза можно записать 2 закон Ньютона:

$$-kx = ma \text{ или } a = -\frac{k}{m}x \quad (10.3)$$

Если для какого-нибудь тела можно записать такое уравнение (слева ускорение, справа – отклонение от положения равновесия умноженное на число  $B$ ), то такое тело способно совершать гармонические колебания с угловой частотой  $\omega = \sqrt{B}$ . Получаем, что в случае груза на пружине он будет колебаться с

частотой  $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

#### 10.1.3 Превращение энергии при колебательном движении.

Как уже говорилось для того, чтобы тело могло совершать колебания, необходимо чтобы у него имелось состояние устойчивого равновесия. При смещении из состояния равновесия возникают силы, возвращающие тело обратно. Этим силам как правило связана потенциальная энергия. Чем сильнее тело выведено из положения равновесия, тем большую потенциальную энергию ему сообщили. Если отклонить тело от положения равновесия, а затем отпустить, его потенциальная энергия начнет превращаться в кинетическую (тело начнет двигаться в сторону равновесной точки, разгоняясь все быстрее и быстрее). Достигнув положения равновесия (минимум потенциальной энергии) тело достигнет максимальной скорости, т.е. будет обладать максимальной кинетической энергией. После этого тело начнет по инерции двигаться дальше, замедляясь, при этом его кинетическая энергия снова начнет переходить в потенциальную.

Если отсутствуют потери энергии в системе, колебания будут происходить сколь угодно долго, потенциальная энергия колебания будет перетекать в кинетическую и наоборот. Но если, в системе имеются потери энергии (как правило энергия колебания превращается в тепло за счет сил трения), амплитуда колебаний постепенно уменьшается.

#### 10.1.4 Виды колебаний. Резонанс.

Если колебательная система выведена из положения равновесия и предоставлена самой себе, в ней возникнут колебания, которые будут происходить сами по себе. Такие колебания называются **свободными**. Частота, с которой будет происходить колебание называется **собственной частотой**.

Постепенно кинетическая и потенциальная энергия колебательного движения будет переходить в тепло за счет сил трения и размах колебания начнет уменьшаться.

Если изменением амплитуды колебания в данной задаче можно пренебречь, колебания называются **незатухающими**.

Если изменением амплитуды за счет перехода энергии колебания в тепло пренебречь нельзя, колебания называются **затухающими**.

Если для поддержания колебаний используют периодически меняющуюся внешнюю силу, колебания называются **вынужденными**.

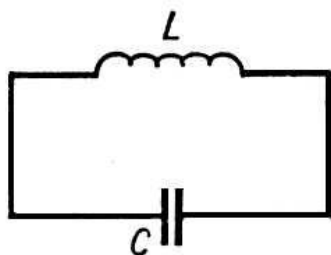
При совпадении частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебаний резко возрастает амплитуда колебаний. Это явление называется **резонансом**. Явление резонанса широко используется, оно может быть как полезным, так и вредным для человека.

Полезное проявление резонанса: корпус музыкальных инструментов усиливает звук, колебательный контур в радиоприемнике усиливает колебания электромагнитных волн.

Вредное проявление резонанса: разрушение строения при вхождении в резонанс с колебанием земной поверхности (при землетрясении) или при порывах ветра происходящих с определенной частотой.

Существует еще один вид колебательного движения: **автоколебания**. При автоколебаниях созданы условия, когда само колебание «включает» в определенные моменты времени внешнюю силу, которая подпитывает колебание энергией. Примером автоколебаний может быть любой часовой механизм.

#### 10.1.5. Электрические свободные колебания. Колебательный контур.



Помимо механических колебаний важнейшую роль для человека играют электрические колебания. Чтобы создать систему, способную поддерживать электрические колебания необходимо соединить вместе конденсатор и катушку индуктивности.

Если конденсатор первоначально зарядить, он начнет разряжаться, но катушка индуктивности не даст току сразу увеличиться сильно, а потом, когда конденсатор все же разрядится, катушка индуктивности не даст току сразу прекратиться и в результате конденсатор снова зарядится. В результате конденсатор будет многократно заряжаться и разряжаться, т.е. возникнут

электрические колебания. Можно показать, что в этом случае колебания будут гармоническими и их частота будет зависеть от емкости конденсатора и индуктивности катушки индуктивности.

## 10. 2 Волны.

### 10.2.1 Волны. Характеристики волн.

Волной называется распространяющееся в пространстве колебание.

Из определения волны следует, что характеристикой волны остаются период и частота. В каждой точке волны происходит колебание с одной и той же частотой. Так же волну в каждой точке можно

характеризовать ее амплитудой. В отличие от периода и частоты, амплитуда от точки к точке может меняться.

При распространении волны в каждой точке происходит колебание вокруг некоего положения равновесия, следовательно материя не перемещается вместе с волной. Можно сказать, что с волной перемещается энергия и информация (они способны перемещаться от точки к точке внутри волны).

Скорость передачи энергии или информации в волне (скорость передачи взаимодействия) называется **скоростью волны**. Можно определить скорость по другому: скорость волны это скорость перемещения точек определенной фазы. Например, мы можем измерить скорость волны на поверхности воды, наблюдая скорость движения наиболее высоких ее частей (горбов).

Скорость распространения волны зависит от среды, в которой распространяется волна. Для некоторых видов волн (например для волн на поверхности воды) скорость зависит еще от их частоты и амплитуды.

Еще одной важной характеристикой волны является **длина волны**. Длина волны – расстояние между соседними точками одинаковой фазы. (например, между двумя соседними «горбами»).

Очевидно, что скорость распространения волны, ее период и длина связаны между собой. Можно понять, что за один период волна перемещается на одну длину волны, это значит что:

$$\lambda = vT = \frac{v}{n} \quad (10.4)$$

Если в волне колебания происходят в направлении распространения самой волны, такая волна называется **продольной** волной.

Если колебания происходят в направлении перпендикулярно распространению волны, волна называется **поперечной**.

Пример поперечных волн: волны на поверхности воды, пример продольных – звуковая волна в воздухе.

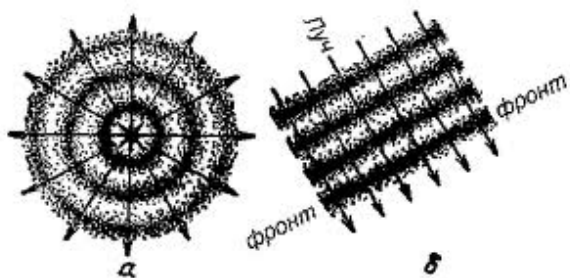


Рис. 1. Излучение светящейся точки (а) и волновой фронт (б)

Линия вдоль которой распространяется волна называется **лучем**. Линия, проходящая через все точки в которых колебания происходят в одно фазе называется **волновым фронтом**.

### 10.2.2 Звуковые волны.

К звуковым волнам относятся волны с частотой от 20 Гц до 20кГц. Как правило мы говорим о распространении таких волн в воздухе, но звуковые волны могут распространяться как газе, так и в жидкости и твердом теле.

Звуковая волна в газе и жидкости представляет из себя волны сжатия и разрежения.

Скорость звуковых волн зависит от среды. В воздухе при нормальных условиях звук распространяется со скоростью 330 м/с, в воде около 1500 м/с, в металлах 5000-6000 м/с.

Громкость звуковой волны тем больше, чем больше амплитуда волны.

Частота звука влияет на высоту тона. Чем больше частота звуковой волны – тем выше воспринимает звук наше ухо.

Если звуковая волна падает на предмет (например, хрустальный бокал), обладающей собственной частотой равной частоте звуковой волны, наблюдается явление резонанса – бокал начинает звенеть. Иногда это может привести к разрушению бокала.

### 10.2.3 Электромагнитные волны.

В конце 19 века были обнаружены важные для развития теории электричества явления: изменяющееся магнитное поле способно породить вихревое электрическое поле. В свою очередь изменяющееся электрическое поле способно породить вихревое магнитное поле. Сопоставив эти два факта в 1864 г. Джеймс Максвелл сделал вывод о существовании электромагнитных волн и предположил что свет имеет электромагнитную природу. Суть идей Максвелла состоит в следующем: если в какой нибудь точке изменить электрическое поле, оно породит магнитное поле в соседних точках пространства, которое в свою очередь породит электрическое поле в соседних точках. Максвеллу удалось получить уравнение электромагнитной волны, из которого ополучалось, что скорость электромагнитной волны есть постоянная величина, равная 300 000 км/с (скорость света).

Для создания электромагнитной волны необходим заряд двигающийся с ускорением. Если заряд будет совершать гармонические колебания с некоторой частотой  $n$ , то такая же частота будет у электромагнитной волны.

В 1888 г. Генрих Герц экспериментально обнаружил существование электромагнитных волн.

### 10.3 Радиоволны. Их создание и применение.

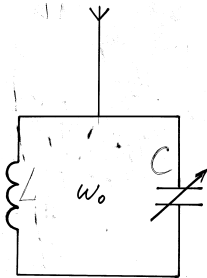
#### 10.3.1. Способы создания электромагнитных волн заданной частоты.

Электромагнитные волны частотой от нескольких Герц до  $6 \cdot 10^{12}$  Гц. называются **радиоволнами**. Радиоволны играют огромную роль в жизни современной цивилизации, так как позволяют передавать информацию на огромные расстояния без всяких внешних посредников.

**Создание электромагнитных волн.** Создания радиоволн важнейшую роль играют **колебательный контур и антенна**.

Колебательный контур состоит из замкнутых друг на друга конденсатора и катушки индуктивности. Как уже говорилось выше, в таком контуре возникают электрические колебания с частотой, зависящей от емкости конденсатора  $C$  и индуктивности катушки индуктивности  $L$ .

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (10.5)$$



Подбирая значения емкости и индуктивности можно добиться любого значения частоты колебания электрического заряда в колебательном контуре.

Если соединить колебательный контур с длинным проводником, колебание заряженных частиц будет происходить также и в нем, а это значит, что эти частицы начнут излучать электромагнитную волну той же частоты, что и частота колебательного контура.

Оказалось, что энергия излучаемая волной резко уменьшается при уменьшении частоты колебания заряженной частицы, поэтому в устройствах для передачи радиосигналов не используется частота колебания ниже нескольких тысяч Герц.

Емкость конденсатора, который используется в колебательном контуре, обычно можно плавно менять, что позволяет изменять частоту излучаемой волны.

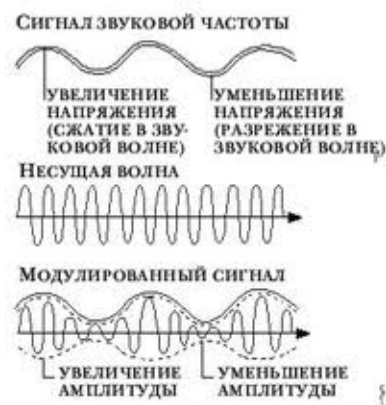
#### 10.3.2 Прием электромагнитных волн.

Для приема радиоволны используется та же схема: антенна и колебательный контур. В этом случае электромагнитная волна, падающая на антенну начинает раскачивать электроны в ней. Если при этом частота падающей волны совпадает с частотой колебательного контура - возникает резонанс и амплитуда колебаний резко возрастает. Именно из-за резонанса усиливаются не все волны, попадающие в антенну, а только та, которая обладает такой же частотой.

#### 10.3.3 Передача звукового сигнала при помощи радиоволн.

Звуковой сигнал имеет меньшую частоту чем частота радиоволны. Это значит, что невозможно просто взять колебание звуковой волны, перевести в колебание заряженных частиц а потом, в антенне превратить в колебание электромагнитной волны.

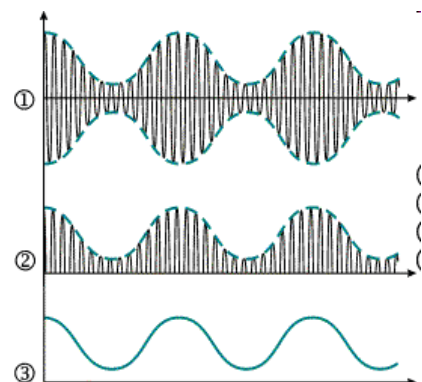
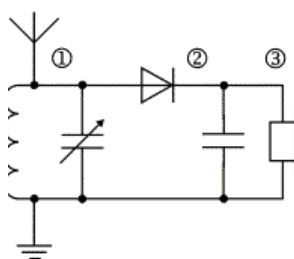
Для того, чтобы передавать звуковой сигнал при помощи радиоволны, нужно сначала увеличить его частоту. Для этого используется прием, называющийся **модуляцией**.



Частота высокочастотного сигнала с которым соединяется звуковой сигнал называется **несущей частотой**. У каждой радиостанции, или другого передающего устройства своя несущая частота, что позволяет

**Модуляция** состоит в том, что относительно низкочастотный звуковой сигнал накладывают на постоянный высокочастотный сигнал, а потом уже получившийся в результате сигнал превращают в электромагнитную волну.

При приеме такой волны необходимо провести обратное действие - отделить низкочастотную звуковую составляющую от высокочастотной. Такой процесс называется **детектированием**.



передавать в пространстве огромное количество разных звуковых сигналов.

Итак: В передатчике происходит процесс модуляции: звуковой сигнал накладывается на несущую частоту; получившийся сигнал создает электромагнитную волну. В приемнике усиливается волна с определенной несущей частотой (равной собственной частоте колебательного контура) далее в процессе детектирования из модулированного сигнала выделяют звуковой сигнал, который затем превращается в звук.

Помимо звуковых сигналов таким же образом возможна передача цифрового сигнала в виде 0 и 1, который используется передачи всевозможной информации.

#### **10.3.4 Принципы радиосвязи. Радиолокация.**

В зависимости от частоты (длины волны) радиоволны делятся на разные виды: длинные, короткие и ультракороткие. Длинные волны (длина порядка сотен метров) способны огибать небольшие препятствия (холмы, здания), поэтому эти волны используют для местного радиовещания. Короткие волны способны отражаться от ионосферы земли, что позволяет им заходить за область горизонта. Такие волны используют для радиовещания на очень большие расстояния. Ультракороткие волны способны легко проходить через ионосферу, поэтому их используют для спутниковой связи.

Способность радиоволн отражаться от препятствий позволяет использовать их для радиолокации.

Специальная антенна посылает мощный радиосигнал в определенном направлении и ждет отраженный сигнал. По времени между посланным и отраженным сигналом можно рассчитать расстояние до объекта.

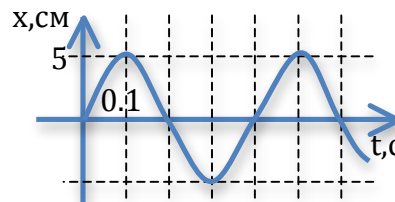
#### **Шкала электромагнитных волн.**

К электромагнитным волнам относятся (в порядке возрастания частоты): радиоволны, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение, гамма излучение. Частота различных видов электромагнитных волн отличается в миллиарды раз, но все они распространяются с одной и той же скоростью – скоростью света.

**Задания для самостоятельного выполнения.**

**10.1 Колебания. Период, частота, амплитуда, фаза. Гармонические колебания.**

- Груз на пружине совершает колебания. За 30 секунд он 10 раз опустился и поднялся, причем высота над столом при этом менялась от 12 см до 20 см. Определите:
  - Период колебания груза \_\_\_\_\_
  - Частоту колебания груза \_\_\_\_\_
  - Амплитуду колебания груза \_\_\_\_\_
- Математический маятник совершает колебания с периодом 2 с. Считая движение маятника практически прямолинейным и зная, что его амплитуда равна 10 см, определите путь пройденным концом математического маятника
  - за время равное 1 с. (начало движения - крайнее положение) \_\_\_\_\_
  - за время равное 4 с. (начало движения - крайнее положение) \_\_\_\_\_
- Определите период тела и частоту тела, совершающего колебания по закону:
- Гармонические колебания описываются уравнением (выберите правильные варианты):
  - $x=10*\cos 2$
  - $x=2t*\sin 3t$
  - $x=2\sin t$
  - $x=2\cos(2t)+5\sin(2t)$
  - $x=t^2\cos(4t^2)$
- Зависимость координат четырех колеблющихся тел от времени представлена в виде таблицы.
  - Найдите амплитуду и период каждого колебания.
  - Укажите колебания которые происходят в фазе с первым
  - Укажите колебания которые происходят в противофазе с первым



															T, c	A, cm
t, c	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00			
x <sub>1</sub> , CM	4,00	2,00	-2,00	-4,00	-2,00	1,99	4,00	2,01	-1,99	-4,00	-2,02	1,98	4,00			
x <sub>2</sub> , CM	5,00	2,50	-2,50	-5,00	-2,51	2,49	5,00	2,52	-2,48	-5,00	-2,52	2,47	5,00			
x <sub>3</sub> , CM	-2,50	-5,00	-2,51	2,49	5,00	2,52	-2,48	-5,00	-2,52	2,47	5,00	2,53	-2,47			
x <sub>4</sub> , CM	-3,00	-1,51	1,49	3,00	1,51	-1,49	-3,00	-1,51	1,48	3,00	1,52	-1,48	-3,00			

- Тело совершает гармонические колебания:
  - Когда оно имеет состояние устойчивого равновесия.
  - Когда оно имеет состояние безразличного равновесия.
  - Когда возвращающая сила прямо пропорциональна смещению от положения равновесия.
  - Когда возвращающая сила обратно пропорциональна смещению от положения равновесия.
- Груз на пружине совершает незатухающие гармонические колебания. Его максимальная скорость равна 2 м/с, а масса равна 100 г.
  - Какой максимальной потенциальной энергией будет обладать груз в процессе движения?
  - Какой потенциальной энергией будет обладать груз в момент, когда его кинетическая энергия будет равна 1 м/с?
- Груз на пружине совершает гармонические колебания. За время колебаний их амплитуда уменьшилась с 10 см до 5 см. Определите количество энергии системы, превратившейся при этом в тепло.
- Свяжите название вида колебаний, его описание и пример

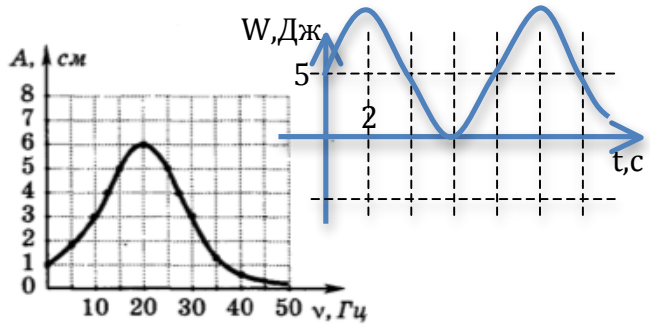
Вид колебания	Описание вида колебания	Пример
Автоколебания	Колебания происходят без периодического воздействия извне. Силами трения можно пренебречь	Виброзвонок мобильного телефона
Свободные затухающие колебания	Колебания происходят без воздействия внешних периодических сил, но имеются существенные потери энергии колебания (переход в тепло)	Тяжелый свинцовый шарик колеблющийся на длинной нити в течении нескольких минут
Свободные незатухающие колебания	Колебания сами управляют подпиткой энергии извне.	Груз на пружине колеблющийся в воде
Вынужденные колебания	Колебания поддерживаются внешней периодической силой.	Маятник часов

- Три груза на пружине имеют собственные частоты колебания соответственно 2 Гц, 4 Гц и 5 Гц. С какой частотой нужно раскачивать эту систему, чтобы максимальная амплитуда была у второго груза \_\_\_\_\_? у первого груза \_\_\_\_\_?

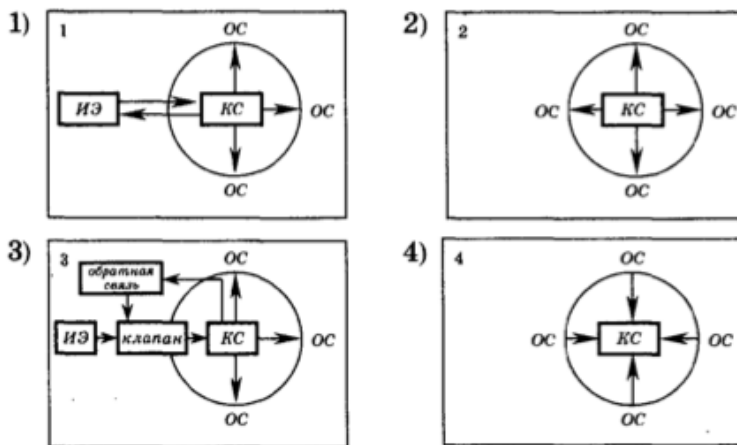
11. Кинетическая энергия пружинного маятника меняется по закону (см рис.) Нарисуйте каким моментам колебания соответствуют крайние (по вертикали) точки на графике. Укажите чему равен период колебания маятника.

12. На рисунке представлен график зависимости амплитуды  $A$  вынужденных колебаний от частоты  $\nu$  внешней силы. При резонансе амплитуда колебаний равна

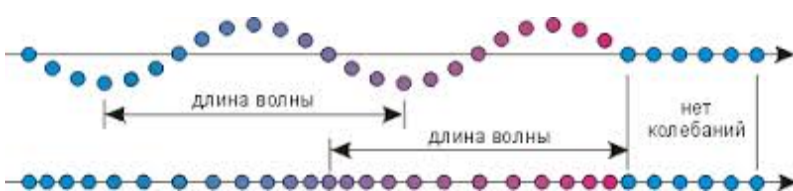
- 1) 1 см                    3) 4 см  
2) 2 см                    4) 6 см



13. На рисунке приведены схемы, стрелки на которых обозначают направление обмена энергией между колебательной системой (КС), источником энергии (ИЭ) и окружающей средой (ОС). Какая из схем относится к вынужденным колебаниям?



### 10.2 Волны. Длина волны. Скорость распространения волны.



1. Какая из двух волн представленных на рисунке является продольной, а какая - поперечной? Подпишите их. Укажите приблизительно область, в которой происходит колебание одного из шариков в каждом случае. В каком случае амплитуда колебания больше? \_\_\_\_\_

2. Свяжите характеристики волны и их отличительные черты.

Длина волны	Характеризует волну в каждой точке, одинакова в любой точке
Период	Характеризует волну в каждой точке, может быть разной в разных точках
Частота	Характеризует всю волну целиком
Амплитуда	
Скорость волны	

3. Чему равна длина звуковой волны частотой 440 Гц в воздухе?

среда	Скорость звука м/с
Воздух	330
Вода	1500
железо	6000

4. Во сколько раз отличается длина волны в воздухе от длины этой же волны в воде?

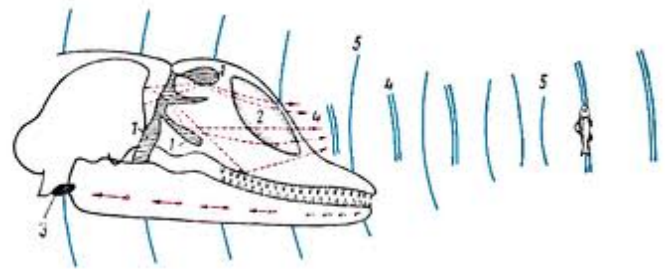
5. В металле звуковая волна имеет длину 6 м, какую длину она будет иметь в воздухе?
6. Моряки услышали грохот от взрыва, прошедшего на поверхности воды два раза. Какое расстояние было до места взрыва, если между звуками взрыва прошло 2 с?

7. Обязательными условиями возбуждения звуковой волны являются:  
 А — наличие источника колебаний,  
 Б — наличие упругой среды,  
 В — наличие газовой среды.  
 Правильным является выбор условий  
 1) А и Б      2) Б и В      3) А и В      4) А, Б, В

8. Мимо рыбака, сидящего на пристани, прошло 5 гребней волны за 10 с. Каков период колебаний поплавок на волнах?  
 1) 5 с      2) 50 с      3) 2 с      4) 0,5 с

9. Летучая мышь испустила звуковую волну, которая отразилась от препятствия и вернулась обратно через 0,2 с. На каком расстоянии от мыши находится препятствие?
10. Что изображено на рисунке? Попробуйте подписать часть цифр.

- 1 —  
 2 —  
 3 —  
 4 —  
 5 —



11. Во сколько раз длиннее световая волна, чем звуковая такой же частоты?
12. Слесарь Иванов слушал как работает станок. В определенный момент времени высота звука, который издавал станок выросла. Что можно сказать про скорость вращения мотора станка при этом?



### 10.3 Электромагнитные волны.

1. Электромагнитные волны может испускать:
  - a. Электрон, который врезается в препятствие
  - b. Электрон, который равномерно движется в пространстве
  - c. Электрон, который совершает колебания
  - d. Протон, который совершает колебания
  - e. Электрический ток, который колеблется в длинном проводе.
2. Выберите правильные утверждения:
  - a. Изменение магнитного поля, способно порождать электрическое поле.
  - b. Изменение электрического поля, способно порождать магнитное поле.
  - c. Магнитное поле, способно порождать изменяющееся электрическое поле.
  - d. Заряд, двигающийся с ускорением, способен создавать в пространстве вокруг себя возмущение электрического и магнитного поля, которое и есть электромагнитная волна.
  - e. Электромагнитная волна распространяется с постоянной скоростью.
  - f. Частота электромагнитной волны может быть любой, но волны слишком маленькой частоты излучаются очень слабо.
  - g. Частота 100 Гц – очень маленькая для электромагнитной волны
  - h. В электромагнитной волне колеблется электрическое и магнитное поле.
3. Для создания электромагнитной волны используется антенна и колебательный контур, состоящий из конденсатора и катушки индуктивности. Как изменится частота излучаемой волны, если емкость конденсатора увеличить в 2 раза?
4. Передатчик использует колебательный контур с конденсатором, емкостью 1000 мкФ. Передатчик работает на частоте 1 МГц. Как изменится частота передатчика, если заменить конденсатор на другой, емкостью 10 мкФ? \_\_\_\_\_
5. Выберите факторы, которые мешают превращать звуковое колебание в колебание электрического тока, а затем сразу создавать электромагнитную волну той же частотой.
  - a. Звуковые колебания не гармонические, а электромагнитные волны - гармонические колебания.
  - b. Не может быть электромагнитных волн, частоты равной частоте колебания звуковой волны.
  - c. Если испускать электромагнитную волну частотой равной частоте звуковой волны, она будет очень слабой.
  - d. Частота электромагнитной волны должна быть всегда больше, чтобы ее можно было «нагрузить» информацией содержащейся в звуковой волне.
6. Свяжите понятия причинно-следственной связью (пронумеруйте).
  - a. Электромагнитная волна попадает в длинный проводник (антенну)
  - b. Колебания электрического тока превращаются в звуковые колебания в микрофоне.
  - c. «Звуковое» колебание тока складывается с высокочастотным колебанием.
  - d. Возникает колебание электронов в длинном проводнике (антенне)
  - e. Из высокочастотного колебания извлекается «звуковая составляющая».
  - f. В антенне возникает колебание электрического тока.
  - g. Создается электромагнитная волна.
  - h. Звуковое колебание создает колебание электронов в микрофоне
7. Нарисуйте рядом временную зависимость высокочастотного сигнала и «звукового» сигнала, используемого в модуляции.
  
8. Что мы услышим в динамике, если мы подсоединим усиленный сигнал с антенны непосредственно на динамик (без детектирования) \_\_\_\_\_
9. Какую роль играет явление резонанса в работе приемника. \_\_\_\_\_
10. Радиолокатор испускает электромагнитную волну и принимает отраженный сигнал через 10 мкс. На каком расстоянии находится обнаруженный объект от локатора. \_\_\_\_\_
11. Расположите электромагнитные волны в порядке возрастания длины волны: радиоволны, ультрафиолетовые волны, рентгеновские волны, гамма - волны, ультрафиолетовое излучение.
12. Расположите электромагнитные волны в порядке их вреда для здоровья человека: радиоволны, ультрафиолетовые волны, рентгеновские волны, гамма - волны, ультрафиолетовое излучение.