

**Муниципальное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением отдельных  
предметов № 27» г.Старый Оскол Старооскольского района  
Белгородской области**

# ***Звук и его воспроизведение***

***Подготовили ученики 9  
«А» класса Гаврилова  
Анастасия и  
Хиропулос Роман***

# Содержание:

- Основные понятия
  - Звуковые явления
  - Акустика в помещениях
  - Электроакустика
  - Ультразвук
  - Слух
- Используемая литература

# Основные понятия

**Звук** - механические колебания и волны в упругой среде в пределах слышимости человеческого уха (примерно от 16 до 20000 колебаний в секунду (Гц)).

**Инфразвук** - ниже 20 Гц (сотрясение, дрожание).

**Ультразвук** - выше 20000 Гц.

**Тон** - синусоидальные звуковые колебания (камертон).

**Музыкальный звук** - звуковые колебания с различными тонами, частоты которых находятся в целочисленных отношениях друг к другу, т. е. образуют гармонический ряд частот (скрипка, флейта, пение).

**Смесь тонов** - звук, составленный из различных тонов произвольной частоты(колокол).

**Смесь музыкальных звуков** - звук, состоящий из нескольких музыкальных звуков с основными тонами произвольной частоты (струнный квартет).



**Воббулированный тон** - тон, частота которого периодически меняется, т.е. модулированный по частоте звук; чаще всего применяется при акустических исследованиях помещений для устранения стоячих волн.

**Биения** - наложение двух тонов или звуков с относительно малой разностью частот  $F_1$  и  $F_2$ . Частота биений  $F_1 - F_2$ .

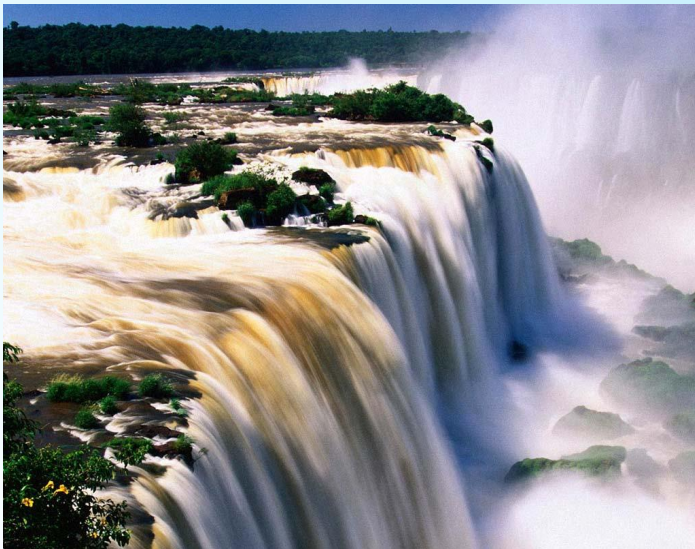
**Бинауральный (стереоакустический) эффект** - способность различать направление, в котором находится источник воспринимаемых нами звуков; объясняется тем, что при слушании двумя ушами фронт звуковой волны доходит до каждого из них с некоторой разницей во времени. Наименьшая разница во времени еще ощущаемая человеческими ушами, составляет  $3 \cdot 10^{-5}$  сек.

**Звуковые волны представляют собой продольные, механические волны.** Они испускаются источником звука - колеблющимся телом - и распространяются в твердых телах, жидкостях и газах в виде колебаний давления (волн давления).

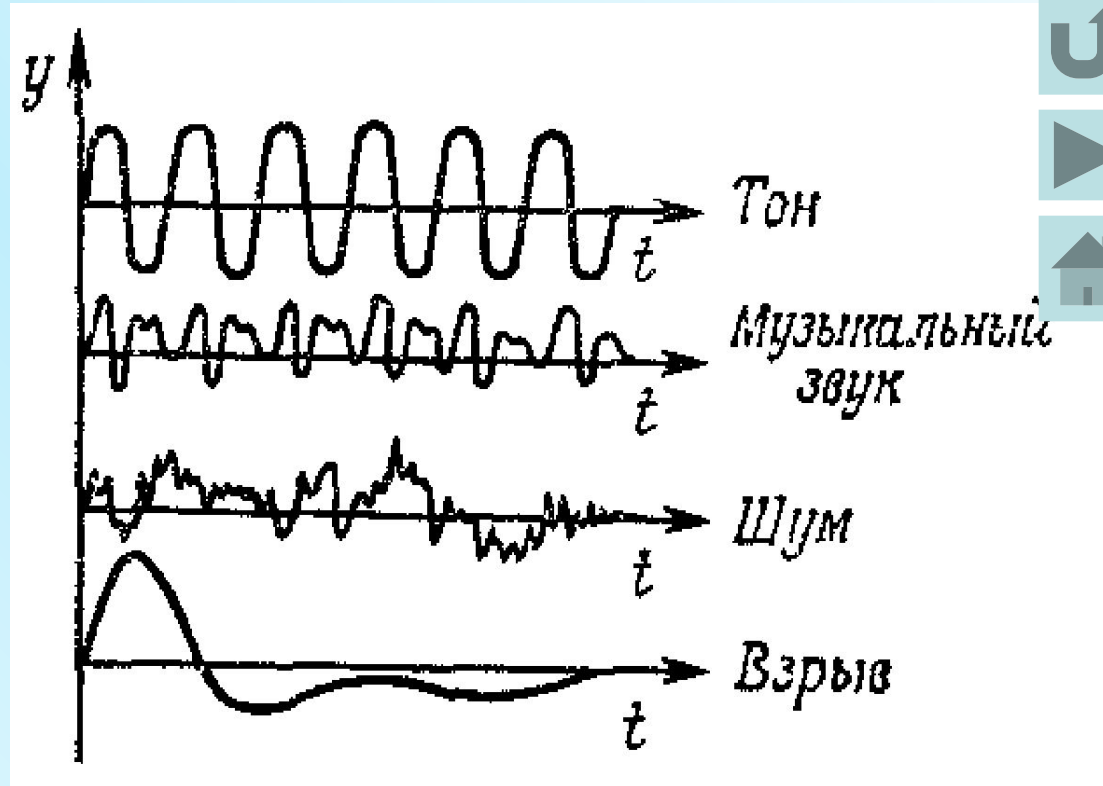
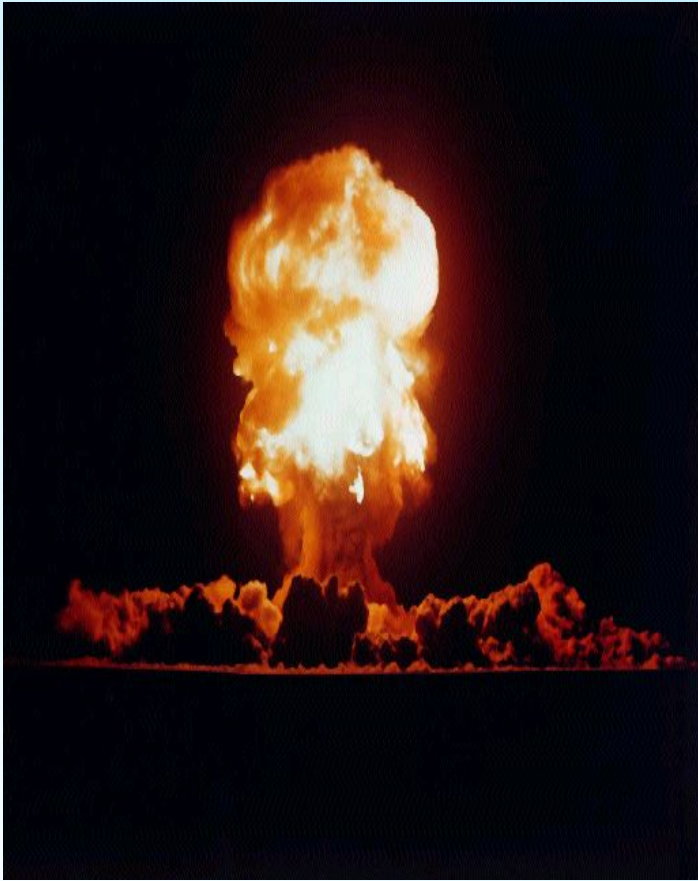


Различают: **музыкальный тон, созвучие (музыкальный звук), шум и взрыв.**

- **Музыкальный (чистый) тон** - это синусоидальное колебание.
- **Созвучие** - результат одновременного звучания нескольких музыкальных тонов, т. е. несинусоидальное колебание, возникающее в результате сложения нескольких синусоидальных колебаний. Тон самой низкой частоты определяет общую высоту звука, остальные тона (обертоны) определяют «окраску» (тембр) звука.
- **Шум** - звуковые колебания с большим числом произвольных частот, очень плотно расположенных друг к другу (с непрерывным звуковым спектром - водопад, уличный шум).



- **Взрыв** - кратковременное и сильное звуковое воздействие. Между колебаниями источника звука и звуковым ощущением существует следующая взаимосвязь.



# Звуковые явления

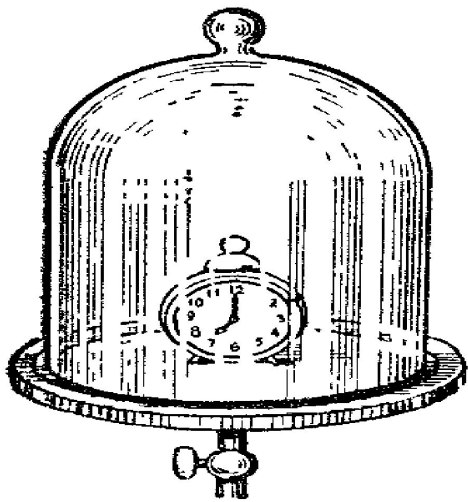
## **Природа звука. Распространение звука. Звуковые волны.**

Возьмем стальную полосу, неподвижно закрепленную одним концом, и приведем в быстрое колебание другой ее конец, тогда сразу же услышим звук, издаваемый данным телом. Из этого следует, что *источником звука является колеблющееся тело*. Будем уменьшать частоту колебания стальной полосы и тогда с некоторого момента мы перестанем слышать звуки, несмотря на то, что полоса будет совершать ясно видимые колебания. Это значит, что *не при всякой частоте* колеблющееся тело является источником звука.

Поместим будильник на мягкой подставке под колокол воздушного насоса (рис. 1). Пока в колоколе находится воздух, звук звона ясно слышен. При выкачивании воздуха происходит ослабление звука и при сильном разрежении воздуха звук становится неслышимым, хотя видно, что молоточек ударяет по звонку. Из этого заключаем, что *для восприятия звуков нужна передающая среда, при которой распространяются колебания от звучащего тела до уха*.

Если бы не было воздушной оболочки вокруг Земли, то мы лишились бы возможности слышать звуки, издаваемые окружающими телами.





и выкачивании воздуха из  
слышен все слабее

под колокола звук

казывают, что звуковые волны от  
да распространяются быстрее по  
духу. Другим примером может служить передача звуков  
по балкам дома или по трубам парового отопления.  
Тела проводят звук по разному. Мягкие и пористые тела  
являются плохими проводниками звука. Для защиты некоторых помещений,  
например, радиостудий от проникновения посторонних звуков, стены, потолок  
прокладывают прослойками из войлока, прессованной пробки, пористых  
камней, резины и других звуко-непроводящих материалов.

Жидкости также довольно хорошо проводят звук. Водолазы, находящиеся  
под водой, довольно ясно слышат все происходящее на борту парохода и даже  
на берегу. Рыбы, находясь в воде, также хорошо слышат голоса и шаги на  
берегу.





Итак, звуковые волны распространяются в твердых, жидких и газообразных телах, но не могут распространяться в вакууме.

Колебания звучащего тела, находящегося в воздухе, вызывают сжатия и разрежения воздуха, т. е. образуются продольные волны, которые и распространяются во все стороны. Если бы могли видеть частицы, участвующие в волновом движении, то волны имели бы такой вид, как показан на рис. 2. Распространение звука от точечного источника звука происходит в виде шаровых (сферических) волн. Воздушная волна, достигающая уха, приводит в колебание барабанную перепонку, а затем с помощью особых косточек колебание передается слуховому нерву и вызывает ощущение звука слышание.

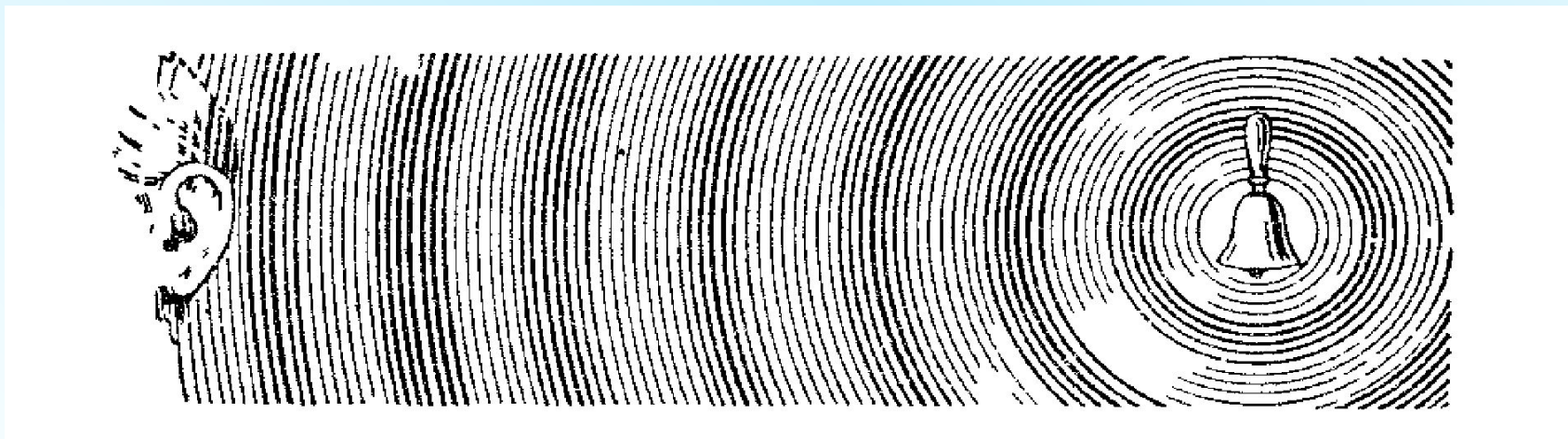


Рис. 2. Распространение звуковых волн в воздухе

## Скорость распространения звуковых волн

При неизменной температуре звуковые волны в однородной среде распространяются с постоянной скоростью, а в различных средах с различной скоростью. Опыт подтверждает этот вывод. Когда происходит удар молнии, то звук, возникающий во всех частях разряда, не поспевает прийти одновременно и наблюдатель слышит продолжительный раскат грома. Звук от выстрела наблюдатель услышит значительно позже, чем увидит вспышку при выстреле. На основании этого опыта можно измерить скорость звука в воздухе. Измеряя время между вспышкой и слышимым звуком, а также расстояние от вспышки до наблюдателя и разделив его на время движения звука, мы получим скорость звука в воздухе. Скорость звука в воздухе при  $0^{\circ}\text{C}$  равна  $332\text{ м/сек}$ . (при повышении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  скорость звука увеличивается на  $0,6\text{ м/сек}$ .)

При решении задач можно принимать скорость звука в воздухе равной  $340\text{ м/сек}$  (при температуре около  $15^{\circ}\text{C}$ ). Скорость звука не зависит ни от частоты колебаний, ни от давления воздуха, если давление не слишком велико и не слишком мало, но зависит от температуры. С ее повышением скорость звука увеличивается.

В различных газах скорость звука различна. В легких газах скорость распространения звука больше, чем в тяжелых газах. Легкий газ освобождается от сжатого состояния быстрее, чем тяжелый, и поэтому скорость движения волны должна быть большей. опыты подтверждают это. Так, например, в водороде скорость звука равна  $1270\text{ м/сек}$ , в углекислом газе —  $258\text{ м/сек}$ .

Отметим, что скорость звука в воде равна  $1450\text{ м/сек}$ , т. е. в 4,5 раза более, чем в воздухе.

Для измерения скорости звука в твердом теле воспользовались длинными чугунными трубами водопровода (около  $1\text{ км}$ ). Удар по одному концу трубы передавался на другой конец как двойной удар: один прибывал по трубе, а другой - по воздуху.



Фиксируя оба момента времени с помощью секундомера и зная длину трубы (расстояние) и скорость звука в воздухе, можно было сначала определить время движения звука в воздухе, а затем время движения звука по трубе. Деля длину трубы на время движения по ней звука, можно найти скорость звука. Подобным образом было найдено, что скорость звука в чугуне в 10,5 раз больше, чем в воздухе (3570 м/сек). В железе скорость звука равна 5000 м/сек.

### **Сила, громкость и высота звука. Тембр.**

Силу звука в данной точке можно определить как количество энергии, проходящей в 1 сек, через 1 см площади, расположенной перпендикулярно к направлению движения звука.

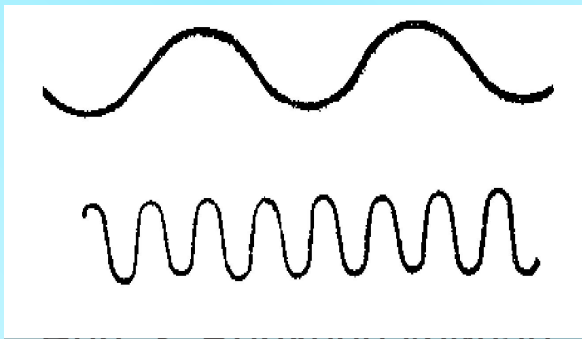
**Она зависит:** 1) от всего количества энергии, посылаемой звучащим телом.

2) от расстояния до звучащего тела.

3) от поглощения звуковой энергии в окружающей среде.

Однородные звуки имеют определенную высоту тона. Звуки мужского голоса являются более низкими, чем звуки детского или женского голоса. Медленные колебания воспринимаются ухом в виде *низких тонов*, а быстрые колебания — в виде *высоких тонов*. Длинная и толстая струна, слабо натянутая, издает звук низкого тона, а короткая и тонкая струна, туго натянутая, издает звук высокого тона. Если взять два звучащие камертона, дающие звуки разной высоты, и одновременно двигать оба камертона вдоль закопченной пластинки, то на пластинке запишутся графики их колебаний (рис. 3). Верхняя кривая получается от камертона, дающего низкий звук, а нижняя от камертона, дающего высокий звук.





Камертон дает более длинные волны, следовательно, при движения камертонов мы имеем частоты: второй камертон колеблется с той, чем первый.

Рис. 5. Верхняя кривая соответствует низкому тону, нижняя - высокому тону.

Если патефонная пластинка вращается быстро, то звуки будут более высокие, а при медленном вращении низкие, несмотря на то, что пластинка одна и та же. В первом случае игла будет колебаться с большей частотой, чем во втором случае, а ее движение передается мембране патефона, которая в свою очередь приведет в колебание прилегающие слои воздуха, и мы услышим звуки, записанные на пластинке. *Заключаем, что высота звука зависит от частоты колебаний. Большей частоте соответствует и большая высота звука.*



Мы знаем, что звук скрипки, рояля, флейты, певца качественно различны даже при одинаковой высоте тона. Качество звука называется *тембром*. Возникновение тембра объясняется наличием множества стоячих волн, которые являются результатом интерференции бегущих и отраженных волн в музыкальном инструменте.

В любом музыкальном инструменте происходят сложные колебания с различными частотами.

Дополнительные тоны источника звука, имеющие частоту колебания большую в 2, 3 и т. д. раза, чем частота основного тона, называются *обертонами* или *высшими гармоническими колебаниями*. Обертонны и придают оттенок звукам.

### **Отражение и поглощение звука**

Звуковая волна, достигающая поверхности какого-либо тела, отражается. Горы, деревья, стены строений, поверхность воды и даже облака могут отражать звук. Это отражение происходит по такому закону: *угол отражения равен углу падения*. Если отражающая поверхность находится от нас на значительном расстоянии, то мы можем услышать звук, идущий непосредственно от звучащего тела, и спустя некоторое время — другой звук, отраженный. Отдельно воспринятый отраженный звук называется *эхом*.

Ощущение воспринятого звука длится около 0,1 сек.



Чтобы отдельно слышать другой звук, идущий за первым, необходим интервал не менее 0,1 сек. Зная, что скорость звука в воздухе равна 340 м/сек, легко вычислить, что за 0,1 сек звук успеет пройти 34 м. Из этого следует, что отраженные звуки говорящего человека могут быть восприняты как эхо лишь тогда, когда отражающая поверхность будет находиться на расстоянии 17 м от этого человека (путь в оба конца будет равен 34 м). В малых помещениях отраженные звуки сливаются с основными (произносимыми), удлиняя их и усиливая.

Многочисленное отражение звука от стен может значительно удлинить продолжительность основного звука в помещении.

Звуковая энергия сильно поглощается войлоком, мягкой мебелью, а также тесно сидящей публикой.

Звуки музыкальных инструментов, издающих большинство высоких тонов, получаются более громкими в помещении, где нет мягкой мебели с плотно сидящей публикой. Когда источник звука замолкает, то звук прекращается не мгновенно, а еще продолжается некоторое время. Такое явление называется *реверберацией*, а время, в течение которого происходит реверберация, называется *временем реверберации*. Время реверберации тем меньше, чем больше столкновений звука происходит со стенами, потолком и другими поверхностями (это бывает в тесном помещении), и чем большая поглощающая способность их материалов. При слишком коротком времени реверберации, что бывает при сильном поглощении звука в помещении, энергия воспринятых звуков получается малой и такой зал будет «глухим». Звуки будут слабые и «тусклые». Зал не сможет «наполнить» ни звуки певца или музыканта, ни звуки оратора. Если же реверберация слишком продолжительна (3 сек и более), то звуки не будут отчетливыми, например, слоги речи, которые должны быть хорошо слышимы отдельно. Звуки будут сливаться. Это произойдет потому, что звуки, сохраняющиеся в результате долгой реверберации, накладываются на новые звуки, исходящие непосредственно от звучащего тела.



Это произойдет потому, что звуки, сохраняющиеся в результате долгой реверберации, накладываются на новые звуки, исходящие непосредственно от звучащего тела.

Иногда важно уметь и заглушить звуки. Физиологи доказали, что при достаточной тишине в помещениях значительно повышается производительность труда. В комнатах, где работают на пишущих машинках, бывает сильный стук и для его заглушения нужны материалы, способные поглощать высокие частоты (например, войлок, ковры и т. п.).

В больших городах очень много уличных шумов. Борьба с шумом является очень важной задачей. Изобретение противозумных установок является до сих пор весьма трудным делом, поэтому для заглушения звуков используют различные строительные материалы, способные поглощать звуки.



# Ультразвук

Колебания, лежащие за пределами верхней границы слышимости, называются *ультразвуками*.

Их можно получить с частотами от 50 килогерц до 30 мегагерц. Ультразвуки распространяются в воздухе, но сильно поглощаются углекислым газом и если последний присутствует в воздухе в значительном количестве, то передача ультразвуковых волн на большие расстояния сильно затрудняется. Главным источником ультразвуковых колебаний служит кварцевая пластинка, которая приводится в колебание перпендикулярно к ее поверхности с помощью электрических колебаний переменного электрического напряжения.

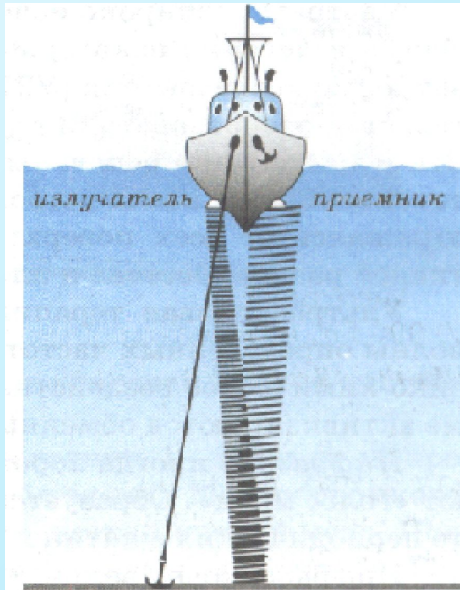
Если вырезать из кварца пластинку в определенном направлении относительно граней кристалла и поместить ее между двумя металлическими пластинками, то, зарядив пластинки, мы этим самым изменим ее размеры: пластинка уменьшится по ширине и увеличится по толщине. Приложив переменное напряжение, мы получим механические колебания кварцевой пластинки.

Если собственный период колебания кварцевой пластинки будет близок к периоду электрических колебаний, то можно получить колебания с довольно большими амплитудами и привести в движение окружающий воздух.





Ультразвуки обладают целым рядом интересных свойств: они проходят через массивные твердые тела; нагревают тело, через которое проходят; ускоряют химические реакции; ускоряют кристаллизацию; распыляют твердые тела, находящиеся внутри жидкости, быстро образуя стойкие эмульсии; укрупняют частички копоти, содержащиеся в топочных газах; производят разрыв красных кровяных шариков, вызывают смерть рыб, лягушек, головастиков через 1—2 мин; убивают бактерии. Это свойство может быть использовано в молочной промышленности. Озвучивая ультразвуками молоко и убивая этим молочнокислые бактерии, можно задержать свертывание молока на несколько суток. Возможно, что при дальнейшем изучении они будут использованы для лечения ряда заболеваний (кожных и др.); они хорошо распространяются в воде, поэтому применяются для сигнализации между судами, а также для исследования рельефа дна, для обнаруживания косяков рыб (что важно в рыболовном деле), для поисков затонувших судов. Прибор для приема ультразвуков содержит в себе такое же приспособление, какое имеется в приборе, создающем ультразвуки.



Ультразвуки применяются для обнаружения внутренних дефектов таких деталей, которые не поддаются просвечиванию даже самыми мощными рентгеновскими установками.

Если массивное твердое тело имеет внутреннюю неоднородность, то ультразвуки будут больше затухать в местах большей плотности и этим обнаружат недостатки строения.

Ультразвуковые колебания могут иметь огромную частоту, порядка трехсот миллионов в секунду. Опытами установлено, что чем выше частота ультразвуков, тем более направленным пучком они распространяются в жидкостях и твердых телах.

Если в металле на пути лучей нет дефектов, то лучи проходят без заметного ослабления и регистрирующий прибор дает большие показания. Если в металле на пути лучей есть дефекты, то лучи частично поглотятся, частично отразятся от граней дефекта и пройдут сильно ослабленными или вовсе не пройдут, при этом регистрирующий прибор даст малые показания или нулевые. На основании такого исследования можно иметь ясное представление о внутренних дефектах деталей машин.

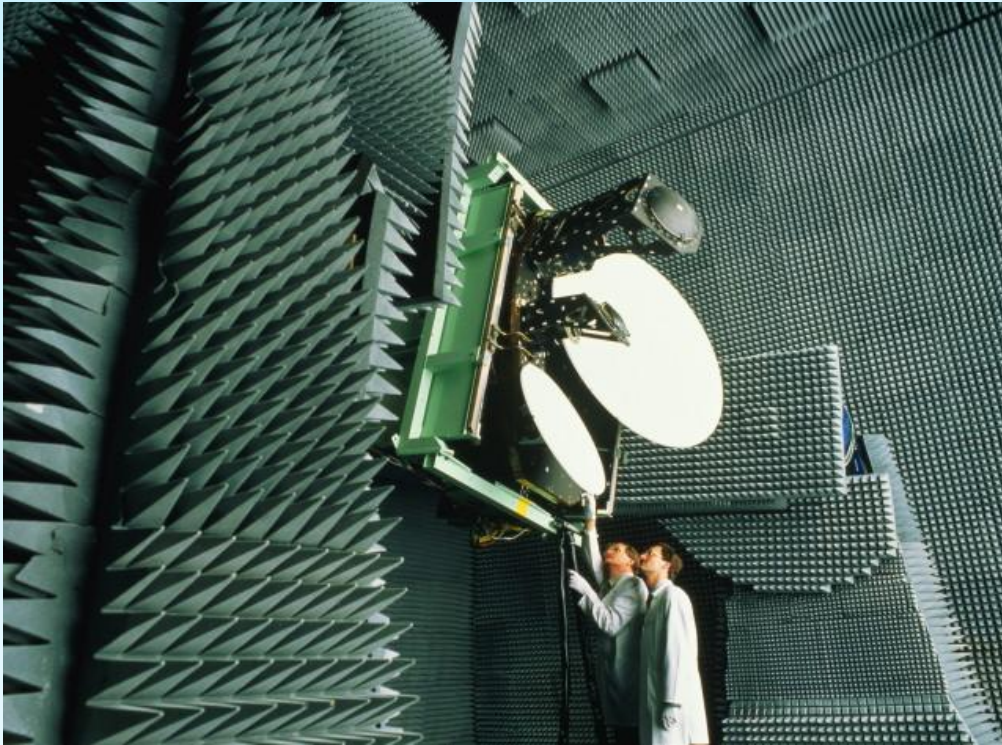
С помощью изобретенного С. Я. Соколовым в 1951 г. ультразвукового микроскопа можно наблюдать рост кристаллов при отвердевании расплавленного металла и ряд других физико-химических процессов.

После изобретения методов излучения и приема ультразвуковых колебаний ученые выяснили, что ультразвуки широко распространены в природе.

Множество насекомых, например из породы, близкой к кузнечикам и сверчкам, могут издавать ультразвуки и воспринимать их.



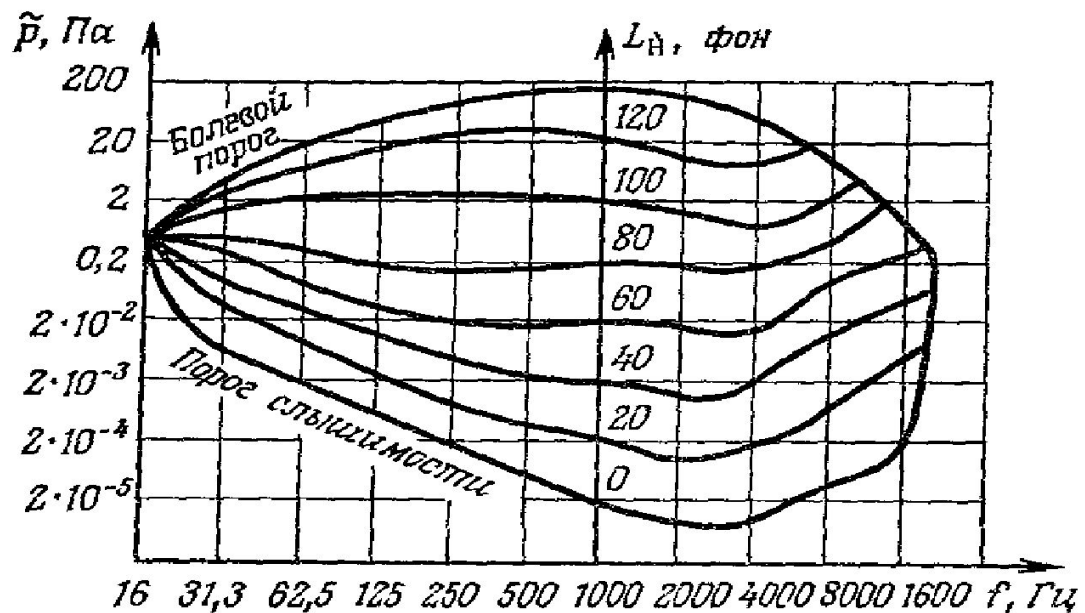
Удалось установить, что летучие мыши принимают ультразвуковые волны, отраженные от различных предметов. Гортанью летучие мыши создают ультразвуки, которые распространяются в окружающее пространство и отражаются от различных предметов. Воспринимая отраженные ультразвуки, летучие мыши способны ориентироваться в окружающем пространстве, не наталкиваясь на препятствия при своем полете.



# Слух

## Диаграмма слуха

Диаграмма, на которой представлены области частот и интенсивностей, воспринимаемые человеческим ухом, называется диаграммой слуха. Нормальное ухо слышит только звуки, характеристики которых лежат внутри указанной области. Нижняя граничная кривая характеризует **порог слышимости** в зависимости от частоты, верхняя кривая — **болевым порог** в зависимости от частоты. Известно, что при одинаковом звуковом давлении и одинаковой интенсивности громкость звуков различной частоты по-разному воспринимается ухом. Поскольку на частоте 1000 Гц ухо воспринимает наибольший диапазон интенсивностей (при 1000 Гц диаграмма слуха имеет наибольшее вертикальное поперечное сечение), в определенной громкости используется эта частота.



# Громкость

Приведенные в выше сказанном разделе, характеристики звукового поля представляют собой физические величины, которые объективно существуют и следовательно, могут быть измерены. Напротив, громкость — это сила звука, воспринимаемая человеком субъективно, она зависит от слуха и является физиологической характеристикой. Громкость измеряется в **фонах**. Фон, так же как и децибел, не является единицей измерения, а представляет собой умноженный на 20 логарифм отношения звуковых давлений.

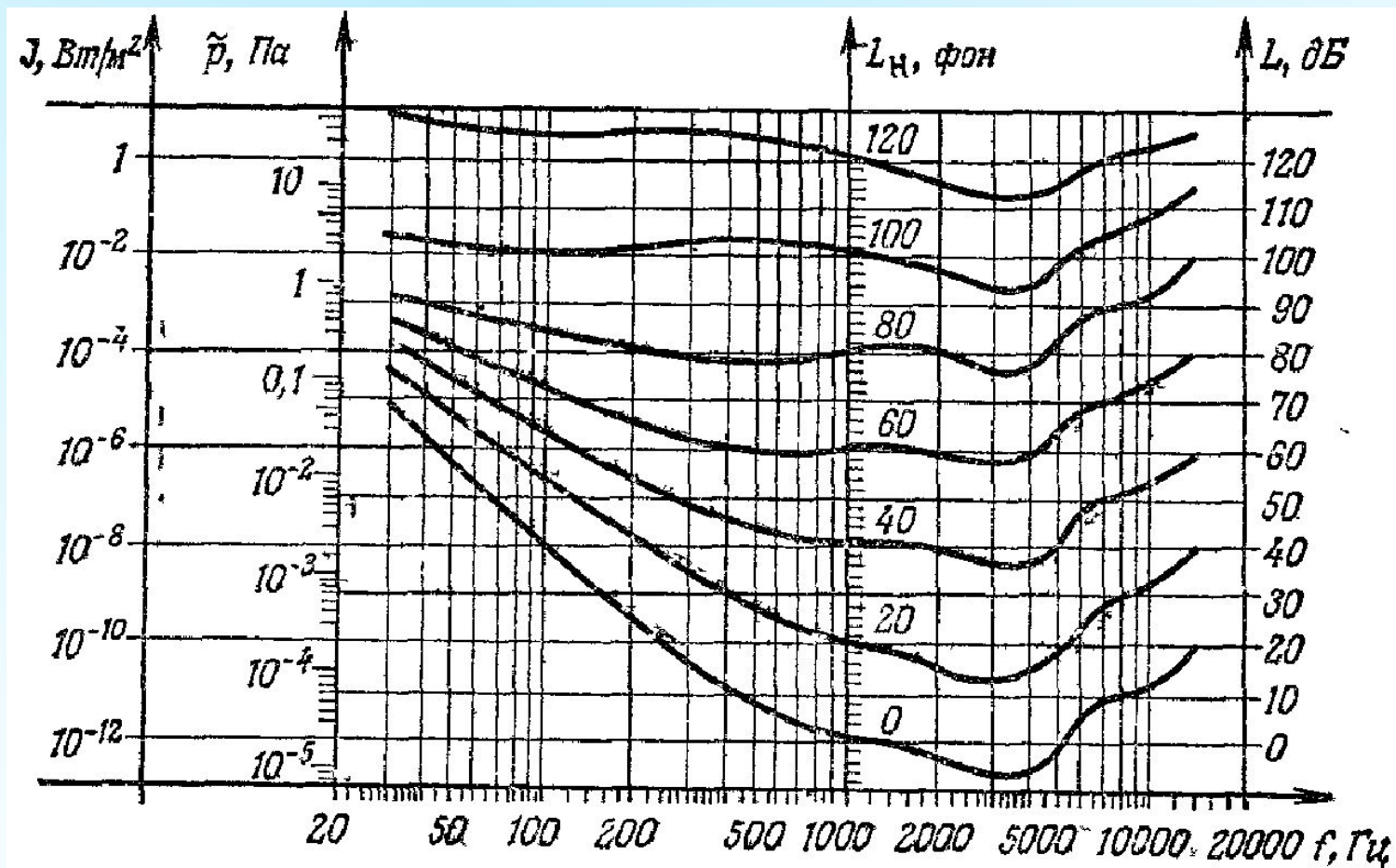
Если  $L_H$  — громкость,

$p$  — звуковое давление, которое отвечает звуковому тону с частотой 1000 Гц, воспринимаемому как звук с громкостью, равной громкости измеряемого звука,

$p_0$  — 20 мкПа — стандартное пороговое звуковое давление,  
то аналогично

$$L_H = 20 \lg \frac{\bar{p}}{\bar{p}_0} \text{ фон} = 20 \lg \frac{p_m}{\sqrt{2} \bar{p}_0} \text{ фон.}$$

На диаграмме представлены «кривые равной громкости». Они позволяют определить, какую величину должны иметь при данной частоте уровень, интенсивности звука и звуковое давление, чтобы воспринималась определенная громкость. «Кривые равной громкости» позволяют без вычисления определять громкость  $L_n$  для каждой точки по частоте и звуковому давлению или по частоте и уровню интенсивности звука.



## **Оценка уровня интенсивности звука**

С помощью диаграммы можно определять только громкость чистых тонов, т. е. синусоидальных звуковых волн. Если же имеется смесь частот, т. е. звуковые волны несинусоидальной формы, то сравнительные измерения и вычисление с помощью формулы сильно затрудняются. Тогда вместо громкости определяют так называемый оценочный уровень интенсивности звука. Он определяется с помощью измерителя уровня интенсивности, состоящего из микрофона, усилителя и индикатора. При этом благодаря дополнительному корректирующему элементу частотная характеристика прибора приближается к чувствительности человеческого уха. Разработаны и утверждены международные оценочные кривые, обозначения которых указываются в скобках, например  $L_{aI} = 60$  дБ (A) означает уровень звукового давления в 60 дБ, определенный по оценочной кривой A для импульсного звука.



# **Электроакустика**

## **Громкоговорители**

Громкоговорители предназначены для преобразования электрических колебаний звуковой частоты в механические колебания звуковой частоты. Рассмотрим диффузорные громкоговорители электродинамической, электромагнитной и пьезоэлектрической систем.

### ***Электродинамический громкоговоритель***

Наиболее распространены громкоговорители с постоянным магнитом. Магнитопровод таких магнитов может быть выполнен в виде скобы или в виде чашечки. Устройство громкоговорителя со скобой видно из рисунка 4.





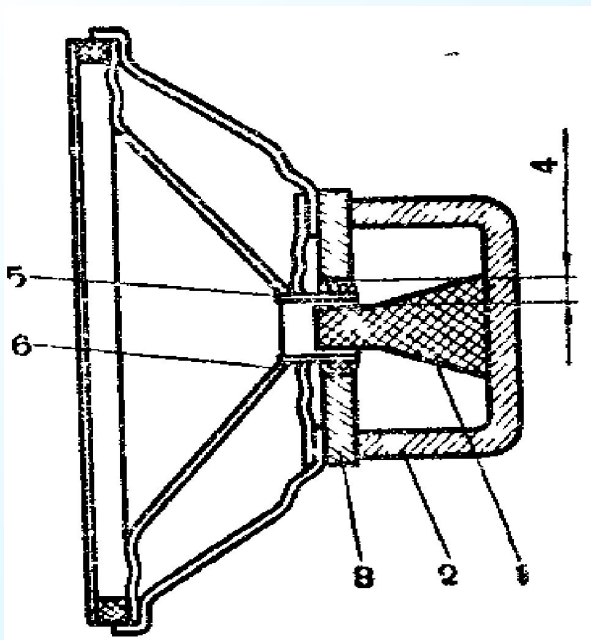


Рис. 5. Устройство  
электродинамического  
громкоговорителя.

В узком кольцевом промежутке между постоянным магнитом, выполненным в виде керна 1, и фланцем 3 создается сильное магнитное поле. Магнитный поток замыкается через скобу 2. В зазоре находится катушка из изолированного провода — звуковая катушка. Каркас 5 этой катушки скреплен с вершиной бумажного конуса — диффузора 6. Она может свободно перемещаться в зазоре. Когда через звуковую катушку проходит переменный ток, то в результате взаимодействия тока с магнитным полем постоянного магнита на катушку с током начинает действовать сила. Направление этой силы можно определить по правилу левой руки (рис. 6).

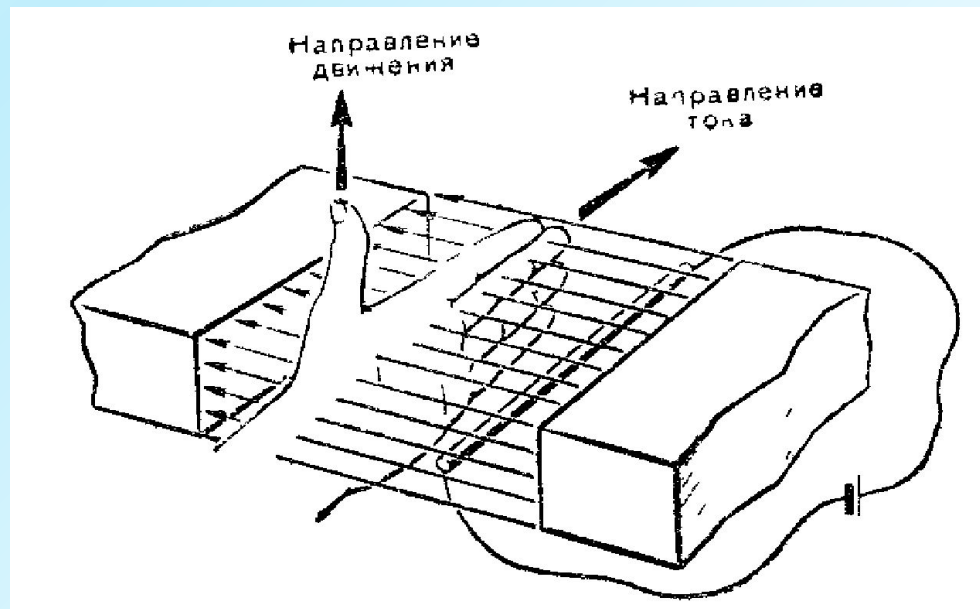
Так как магнитное поле постоянно, то при изменении направления тока в катушке будет изменяться и направление силы, действующей на катушку. Иными словами, катушка начинает колебаться в такт изменениям тока в ней, приводя тем самым в колебательное



движение диффузор, который при этом создает звуковые волны. Чем больше амплитуда переменного тока, протекающего через звуковую катушку, тем больше размах ее колебаний, передаваемых на диффузор, тем, следовательно, громче звук. Громкоговоритель чашечной конструкции показан на рисунке 7.

Одно время для радиоприемников выпускались диффузорные громкоговорители с подмагничиванием. Устройство громкоговорителя этого типа можно увидеть на рисунке 8. Керн такого громкоговорителя 1 изготовлен из мягкой стали, на него надета катушка, состоящая из большого числа витков,— катушка подмагничивания 2. При прохождении через нее постоянного тока керн, скоба 3 и фланец 4 намагничиваются и в зазоре образуется магнитное поле. Такой громкоговоритель работает так же, как и громкоговоритель с постоянным магнитом.

Рис.6. Правило левой руки



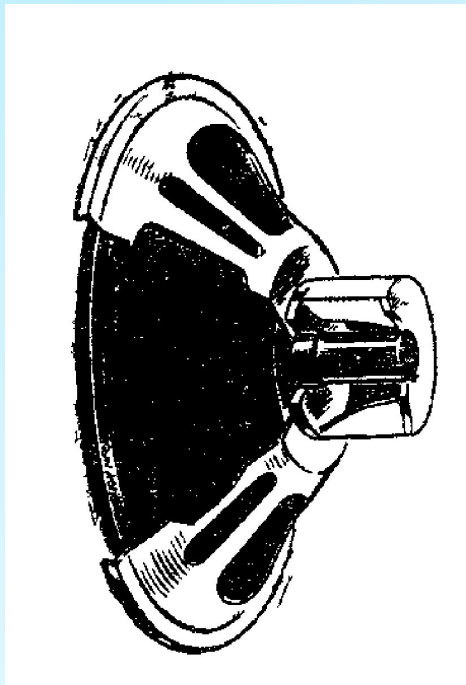


Рис. 7. Внешний вид  
электродинамического  
громкоговорителя  
чашечной  
конструкции.

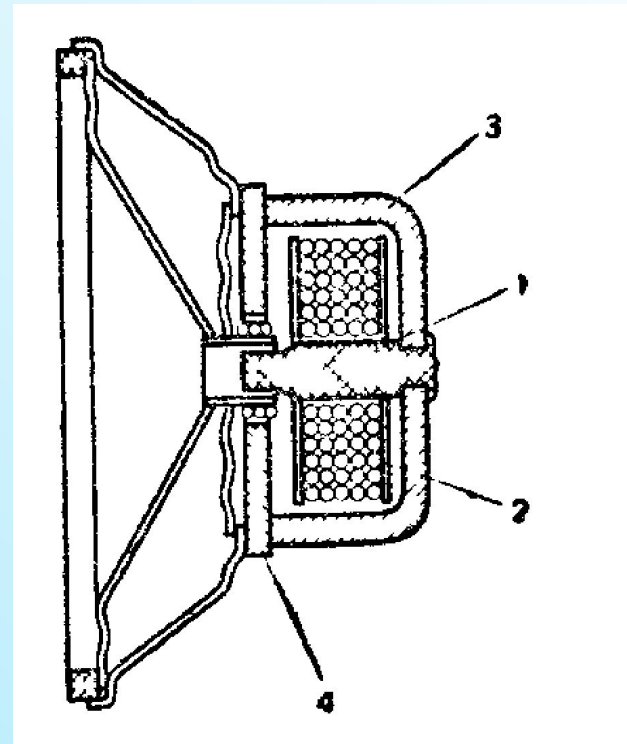


Рис. 8. Устройство  
громкоговорителя с  
подмагничиванием.



## Характеристика громкоговорителей

Основными характеристиками громкоговорителей являются номинальная мощность, полное сопротивление и частотная характеристика.

*Номинальная мощность громкоговорителя* — это такая подводимая к громкоговорителю мощность, при которой громкоговоритель быстро не изнашивается, не перегревается и его нелинейные искажения не превышают определенной величины.

*Полное сопротивление громкоговорителя* — это сопротивление его звуковой катушки переменному току. На нижних частотах оно определяется в основном активным сопротивлением звуковой катушки, а на более высоких частотах — активным и индуктивным сопротивлением обмотки.

*Частотная характеристика громкоговорителя* — кривая, выражающая зависимость звукового давления, создаваемого громкоговорителем, от частоты при неизменном напряжении, подводимом к громкоговорителю. Обозначения громкоговорителей. Первые цифры названия обозначают его номинальную мощность.

Буквы, стоящие после цифр, обозначают тип прибора (например, ГД — громкоговоритель динамический).

Цифры и буквы, стоящие в конце, обозначают номер разработки прибора.

Ниже в таблице 7 приводятся основные данные диффузорных громкоговорителей. При этом полное сопротивление указывается для частоты 1000 гц.



## Микрофоны

Микрофоны предназначены для преобразования механических звуковых колебаний в электрические колебания звуковой частоты. Электрические колебания усиливаются и используются для модуляции высокочастотных колебаний, звукозаписи и т. д.

Наиболее распространены микрофоны следующих систем: электродинамические, ленточные, пьезоэлектрические, конденсаторные.

### Микрофон электродинамической системы

В кольцевом зазоре постоянного магнита расположена катушка, жестко скрепленная с мембраной микрофона, изготовленной из тонкого листового алюминия (рис. 83) или полистирола. Когда на мембрану воздействует область повышенного давления воздушной звуковой волны, мембрана прогибается и катушка перемещается в глубь зазора, пересекая при этом линии магнитного поля постоянного магнита, и в ней наводится э. д. с. одного знака; когда же на мембрану воздействует область пониженного давления, мембрана вместе с катушкой движется в обратную сторону и в ней наводится э. д. с. противоположного знака. В результате при колебаниях мембраны под действием звуковых волн в катушке возникает переменный ток звуковой частоты. Чем громче звук, тем больше амплитуда колебаний мембраны и тем большее напряжение появляется на выходе микрофона.

Динамический микрофон имеет достаточно высокую чувствительность, прост, практически нечувствителен атмосферным влияниям, не боится толчков. Внешний вид наиболее распространенных в радиолюбительской практике микрофонов электродинамической системы изображен на рисунке 10.



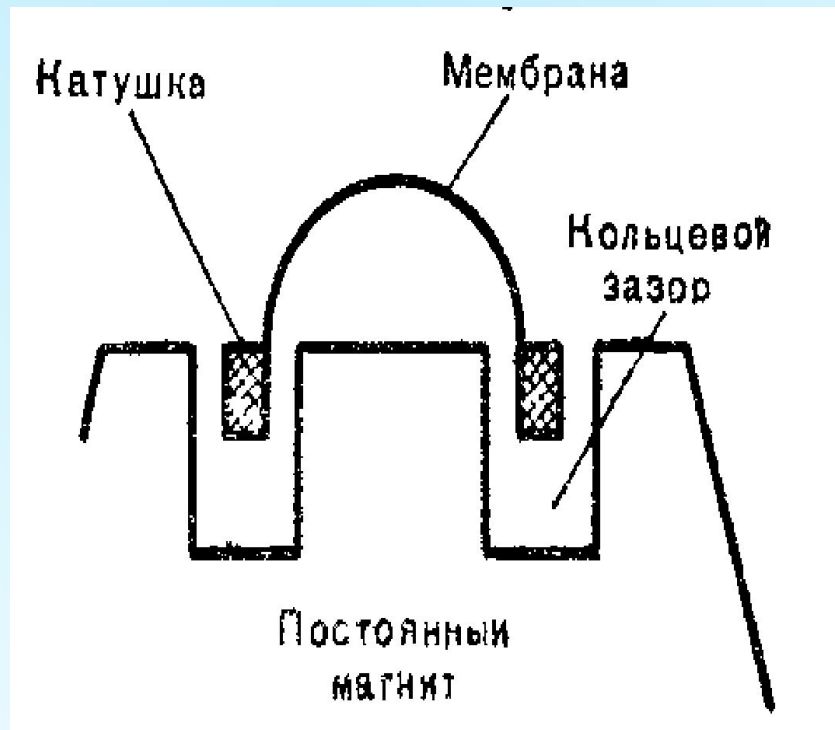


Рис. 9. Устройство микрофона электродинамической системы.

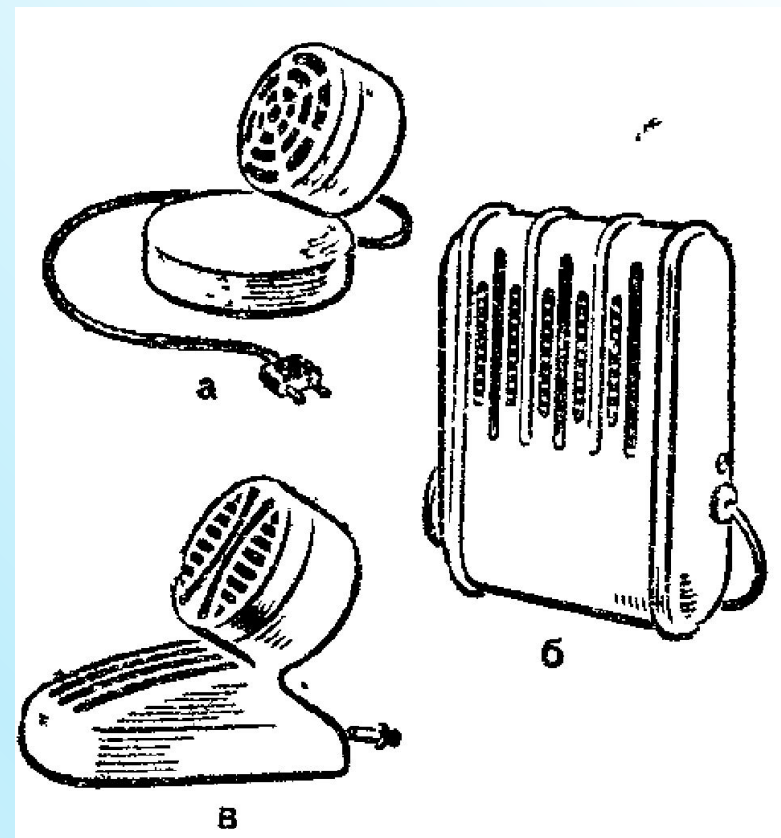


Рис. 84. Внешний вид микрофонов:  
 А - типа МД-41;  
 Б - типа МД-47;  
 в — типа МД-42.



# Акустика в помещениях

Для оценки акустических качеств помещения одних данных о зависимости продолжительности послезвучания от частоты еще недостаточно. Большое значение при этом имеет, кроме того, степень диффузного рассеяния звука. Диффузное рассеяние является мерой однородности звукового поля; согласно Фурреру и Лауберу, оно определяется средней высотой максимума пульсаций частоты, найденного из измерений:  $Df = Ef/n$ , где  $Ef$ , согласно Болту и Рупу, равно разности между суммами максимальных и минимальных звуковых давлений, деленной на интервал частот  $f$ ;  $n$  обозначает число максимумов. Тиле измерял степень рассеяния звукового поля при помощи микрофона с высоконаправленным действием (параболическое зеркало). При рассеянии, равном 100%, устанавливается одинаковая интенсивность звука во всех направлениях (помещение с идеальной акустикой). На практике степень рассеяния составляет от 10 до 66%.

Для улучшения слышимости в некоторых местах внутри акустически неблагоприятных больших помещений Шоддер, Шредер и Тиле применяют «тихоговорящую» установку. С ее помощью определяется уровень передачи, правильный по фазе. Время распространения определяется на магнитофоне путем соответствующей установки звукозаписывающих и звуко снимающих головок.



# Используемая литература

- Краткий справочник по физике (Г. Эберт)
- Справочник по физике (Х. Кухлинг)
- Физика (Н. Д. Бытько)
- Справочник школьника – радиолобителя  
(О. А. Сафонов, А. А. Писов )

