

# Физика вокруг нас

Физика и музыка



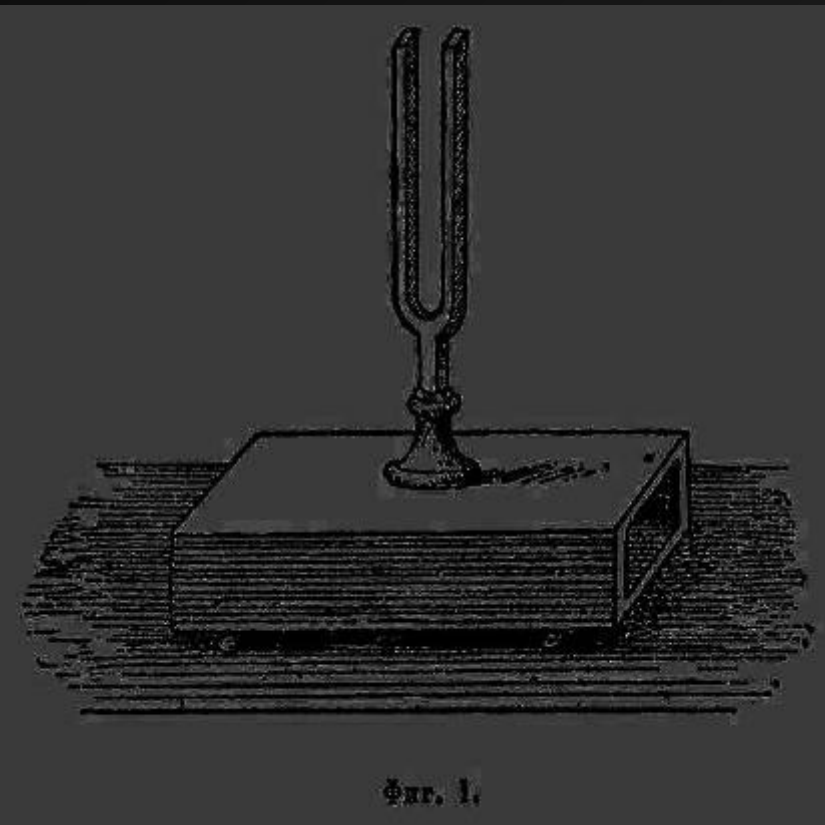
- Музыкальные звуки сопровождают нас на протяжении всей нашей жизни. Силу музыки, способной воплотить воедино мечты, стремления, и помыслы человека, испытал на себе каждый из нас.

- Окружающих нас звуков много, но интересуют нас не все, а именно музыкальные звуки. Почему? Чем отличаются остальные звуки? Что представляет собой звук? Как его можно получить? На эти вопросы отвечает физика

- Мы охотно слушаем музыку, пение птиц, приятный человеческий голос. Напротив, тархтение телеги, визг пилы, мощные удары молота нам неприятны и нередко раздражают и утомляют. Таким образом, по действию, производимому на нас, все звуки делятся на две группы: музыкальные звуки и шумы. Чем они отличаются друг от друга?



- Установить различие между музыкой и шумом довольно трудно, так как то, что может казаться музыкой для одного, может быть просто шумом для другого. Некоторые считают оперу совершенно немзыкально, а другие, наоборот, видят в ней предел совершенства в музыке. Ржание лошади или скрип нагруженного лесом вагона может быть шумом для большинства людей, но для лесопромышленника это- музыка. Любящим родителям крик младенца кажется музыкой, для других эти звуки просто шум.



- Однако большинство людей согласится с тем, что звуки, идущие от колеблющихся струн, язычков, камертона и вибрирующих голосовых связок певца, музыкальные. Но если это так, то что же существенно в возбуждении музыкального звука или тона?
- Для музыкального звука существенно, чтобы колебания происходили через равные промежутки времени. Колебания струн, камертонов и т.д. имеют такой характер; а колебания поездов, вагонов с лесом и т.д. происходят через неправильные, неравномерные промежутки времени, и производимые ими звуки представляют только шум.

- Музыкальные звуки издают различные
- музыкальные инструменты.
- Источники звука в них разные,
- поэтому музыкальные инструменты делятся на ряд групп:
- ударные – бубны, барабаны, ксилофоны и т.д.
- (здесь колеблются от удара палочки
- или руки натянутый материал,
- металлические пластины и т.д.)

- клавишные - пианино, клавесины
- (колебания струн вызываются ударами молоточков);



- духовые – флейты, горны, фанфары, валторны, трубы (колебания столба воздуха внутри инструмента);



- струнные – скрипка, гитара.

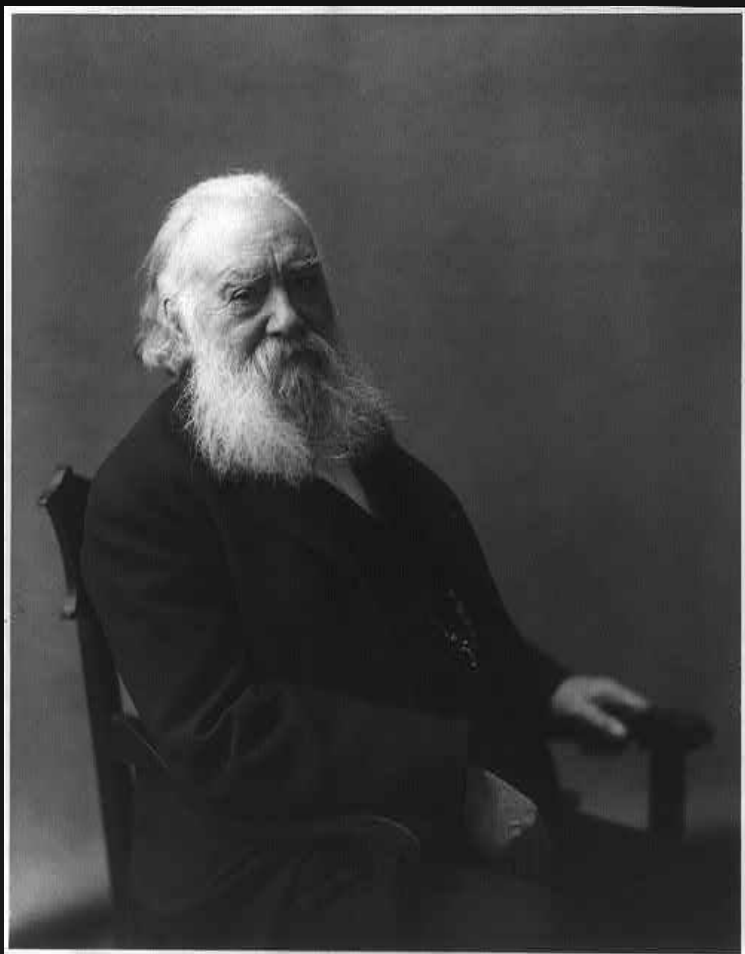


- Такое деление часто условно. Например, орган – целая фабрика звуков. Еще в XIX веке на нем, как на настоящей фабрике трудились рабочие, вручную качали меха. Лишь в прошлом веке людей заменили электромоторы, а на смену мехам пришли вентиляторы. Орган по праву называется царем оркестра, а рояль признается его королем. Но правильнее оркестр считать республикой, где каждый гражданин пользуется правом голоса и каждый представляет собой неповторимую индивидуальность.





- Чем же отличаются друг от друга звуки разных инструментов? Для характеристики звука существуют три важных понятия:
- 1. Громкость звука. Она определяется действием звука на орган слуха, и поэтому ее трудно оценить объективно. В физике пользуются понятием, которое можно измерить – интенсивность звука, которая зависит от амплитуды колебаний и от площади тела, совершающего колебания.
- Хотя амплитуда колебаний источника звука может быть велика, амплитуда частиц передающей среды воздуха очень мала. Ухо чувствительно к амплитудам колебаний воздуха порядка одной миллиардной сантиметра и еще меньшим амплитудам колебаний частиц жидкостей и твердых тел. Колебания частиц воздуха с амплитудой в одну сотую сантиметра создают такой громкий звук, который способен нанести повреждение уху. Мерой громкости является  $\lg E/E_0$ , где  $E_0$  – нулевой уровень энергии звука (звуков такой силы не услышит человек даже самым хорошим слухом),  $E$  – уровень энергии интересующего нас звука.



- Единица громкости – белл (в честь ученого Грэхема Белла, изобретателя телефона). На практике чаще громкость измеряют в децибеллах. Вот примеры громкости различных звуков на расстоянии в несколько метров от источника звука: шелест листьев-10дБ, громкий разговор 70 дБ, пылесос – 50дБ. От звучащего музыкального инструмента волна распространяется во все стороны, и на расстоянии от него громкость звука естественно уменьшается. Для усиления звука служат корпуса инструментов. Эти корпуса играют роль резонаторных ящиков.

- Наинизший из слышимых человеком музыкальных звуков имеет частоту 16 колебаний в секунду. Он извлекается органом. Но применяется нечасто- слишком уж басовит. Разобрать и понять его трудно.
- Зато 27 колебаний в секунду – тон, вполне ясный для уха, хотя тоже редкий. Его можно услышать, нажав крайнюю левую клавишу рояля. Следующий любопытный тон - 44 колебания в секунду, абсолютно «нижний» рекорд мужского баса, поставленный в восемнадцатом веке певцом Каспаром Феспером. (В наши дни такой звук берет англичанин Норманн Аллин.)



- 80 колебаний в секунду – обыкновенная нижняя нота хорошего баса и многих инструментов. Повысив звук на октаву, то есть, удвоив число колебаний, переходим к тону, доступному виолончелям, альтам, баритонам, женским контральто, тенорам. Еще октавой выше- участок диапазона, буквально «кишащий» музыкой. Тут работают практически все голоса и музыкальные инструменты. Недаром именно в этом районе акустика закрепила всеобщий эталон высоты – 440 колебаний в секунду («ля» первой октавы).
- Вплоть до 1000-1200 колебаний в секунду диапазон полон музыкой. Эти звуки самые слышные. Выше следуют менее населенные этажи. Легко взбираются на них лишь скрипки, флейты да такие универсалы, как рояль, орган, арфа. И полновластными хозяйками здесь выступают звонкие сопрано.
- Вершины женского голоса поднялись выше. В XVIII веке Моцарт восхищался певицей Лукрецией Аджуяри, которая брала «до» четвертой октавы – 2018 колебаний в секунду. Француженка Мадо Робен пела почти тем же голосом «ре» четвертой октавы – 2300 колебаний в секунду.
- Звуки с частотой выше 3000 колебаний в секунду в качестве самостоятельных музыкальных тонов не используются. Они слишком резки и пронзительны



- А с 16 000 – 20 000 колебаний в секунду начинается недоступный человеческому уху ультразвук. Профессий у него масса. Он сверлит камень, счищает ржавчину, измельчает материалы, измеряет глубину морей.
- Звуки высотой меньше 16 Гц – инфразвук.
- Лет тридцать назад в одном из лондонских театров готовилась к постановке пьеса, действие которой по ходу спектакля переносилось в далекое прошлое. Режиссер хотел подчеркнуть необычайную постановку оригинальным сценическим эффектом. Но каким? К переменам освещения все привыкли, музыка заглушила бы слова автора. И вот физик Роберт Вуд посоветовал использовать инфразвук – сверхнизкий звук, не слышимый человеком, но при достаточной силе, как уверял Вуд, создающий ощущение таинственности.
- Ученый собственноручно изготовил источник инфразвука - органную трубу. И на очередной репетиции ее опробовали. «Последовал неожиданный эффект, - вспоминает журналист-очевидец, - вроде того, который предшествует землетрясению: задрезжали окна, зазвенели стеклянные люстры, все старинное здание начало дрожать. Ужас прокатился по залу. Пришли в смятение даже жители соседних домов». Естественно режиссер отказался от этой идеи и распорядился выкинуть трубу

- Случай в лондонском театре – единственная попытка использовать инфразвуки в искусстве. Науке они служат исправно. Есть приборы, которые чутко улавливают инфразвуки. С помощью таких аппаратов геофизики предсказывают штормы на море, изучают подземные толчки.
- Не все комбинации звуков доставляют удовольствие слушателю. Оказывается, приятные ощущения создают такие звуки, частоты колебаний которых находятся в простых соотношениях. Если звуковые частоты находятся в отношении 2:1, то говорят об октаве, если 5:4 – о большой терции, отношение 4:3 дает кварту, а 3:2 – квинту. Ощущение благозвучности теряется, если частоты звуковых колебаний нельзя представить такими простыми соотношениями. Тогда музыканты говорят о диссонансе. Ухо хорошо ощущает сочетания различных тонов. Поэтому люди даже с посредственным слухом чувствительны к диссонансам.
- Знаменитому немецкому естествоиспытателю Герману Гельмгольцу мы обязаны объяснением этих явлений. Именно он впервые изучил резонаторы, разложил музыкальный звук в спектр, раскрыл секрет тембра, создал теории человеческого голоса и слуха, математически объяснил закономерности музыкальной гармонии.

- По словам шведского физика, лауреата Нобелевской премии, профессора Ханнеса Альвена, красота формул отличается от красоты музыки не больше, чем красота музыки от красоты картин.
- Наверное, поэтому в поисках гармонии ученые чаще всего обращаются к музыке.
- Движение планет Солнечной системы подчиняется законам Кеплера. Пытаясь постичь гармонию истинного движения планет, Кеплер ставил перед собой задачу вывести строгие численные соотношения, отвечающие этой волшебной, неуловимой гармонии. Как и многие ученые до него, например Пифагор, Кеплер обращается к музыке. Ведь именно здесь гармонические сочетания наиболее очевидны. Он пишет «Небесные движения есть не что иное, как ни на миг не прекращающаяся многоголосая музыка, воспринимаемая не слухом, а разумом».