

Обратимся ещё раз к опыту, изображённому на рисунке 74. Как уже говорилось, свободная часть линейки создаёт звук только в том случае, если она колеблется с частотой, не меньшей чем 16 Гц. Переместим линейку в тисках вниз (укоротив тем самым верхнюю часть) и приведём её в колебательное движение. Заметим, что частота колебаний линейки увеличилась, а издаваемый ею звук стал выше. Продолжая периодически укорачивать колеблющуюся часть линейки, убедимся в том, что с увеличением частоты колебаний звук повышается.

Проверим этот вывод на другом опыте. Возьмём зубчатый диск (рис. 79, а), с помощью специального устройства приведём его во вращение и прикоснёмся к зубчатому краю тонкой картонной пластинкой (рис. 79, б). Под воздействием зубьев вращающегося диска пластинка начнёт совершать вынужденные колебания, в результате чего мы услышим звук. Увеличим скорость вращения диска, и пластинка станет колебаться чаще, а издаваемый ею звук будет выше.

На основании описанного опыта можно заключить, что **высота звука зависит от частоты колебаний: чем больше частота колебаний источника звука, тем выше издаваемый им звук.**

Напомним, что ветви камертона совершают гармонические (синусоидальные) колебания, которые являются самым простым видом колебаний. Таким колебаниям присуща только одна строго определённая частота. Звук камертона является *чистым тоном*.

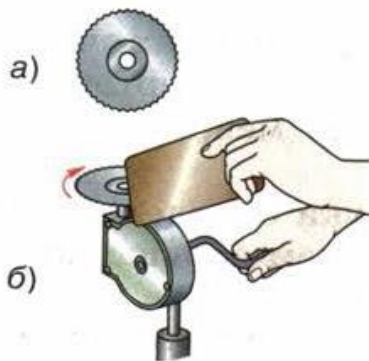


Рис. 79. Исследование зависимости высоты звука от частоты колебаний источника

Чистым тоном называется звук источника, совершающего гармонические колебания одной частоты.

Звуки от других источников (например, звуки различных музыкальных инструментов, голоса людей, звук сирены и многие другие) представляют собой совокупность гармонических колебаний разных частот, т. е. совокупность чистых тонов.

Самая низкая (т. е. самая малая) частота такого сложного звука называется **основной частотой**, а соответствующий ей звук определённой высоты — **основным тоном** (иногда его называют просто *тоном*). *Высота сложного звука определяется именно высотой его основного тона.*

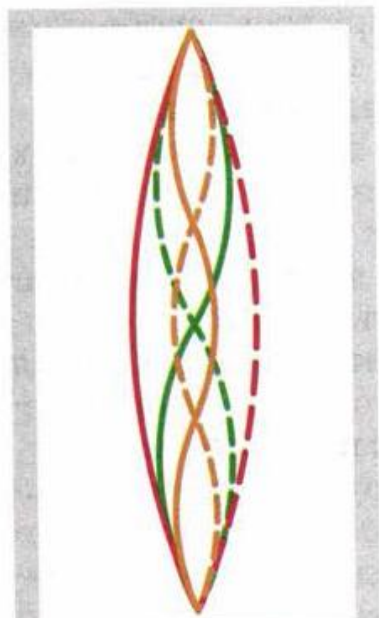
Все остальные тоны сложного звука называются **обертонами**. Частоты всех обертонов данного звука в целое число раз больше частоты его основного тона (поэтому их называют также *высшими гармоническими тонами*).

Обертоны определяют **тембр** звука, т. е. такое его качество, которое позволяет нам отличать звуки одних источников от звуков других. Например, мы легко отличаем звук рояля от звука скрипки даже в том случае, если эти звуки имеют одинаковую высоту, т. е. одну и ту же частоту основного тона. Отличие же этих звуков обусловлено разным набором обертонов (совокупность обертонов различных источников может отличаться количеством обертонов, их амплитудами, сдвигом фаз между ними, спектром частот).

Таким образом, **высота звука определяется частотой его основного тона: чем больше частота основного тона, тем выше звук.**

Тембр звука определяется совокупностью его обертонов. *

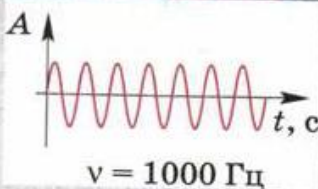
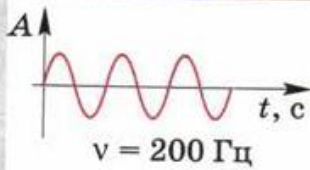
Чтобы выяснить, от чего зависит громкость звука, вернёмся к опыту, изображённому на рисунке 76. К одной ветви камертона подводят



Колебания струны, издающей звук основного тона и двух обертонов



Тембры звуков рояля и скрипки отличаются набором обертонов



При равных амплитудах женский голос, имеющий большую частоту, чем мужской, воспринимается как более громкий

вплотную маленький висящий на нити шарик, а по другой слегка ударяют молоточком. Обе ветви камертона приходят в колебательное движение. Слышен негромкий звук. Шарик отскакивает от колеблющейся ветви на небольшое расстояние. Затем камертон глушат и снова ударяют по нему, но гораздо сильнее, чем в первый раз. Теперь камертон звучит громче, а шарик отскакивает на большее расстояние, что свидетельствует о большей амплитуде колебаний ветвей.

Этот и многие другие опыты позволяют сделать вывод о том, что **громкость звука зависит от амплитуды колебаний: чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.**

В рассмотренном опыте частоты колебаний обоих звуков — тихого и громкого — одинаковы, так как их источником является один и тот же камертон. Но если сравнить звуки *разных частот*, то кроме амплитуды колебаний пришлось бы учитывать ещё один фактор, влияющий на громкость. Дело в том, что чувствительность человеческого уха к звукам разной частоты различна. *При одинаковых амплитудах как более громкие воспринимаются звуки, частоты которых лежат в пределах от 1000 до 5000 Гц.* Поэтому, например, высокий женский голос с частотой 1000 Гц будет для нашего уха громче низкого мужского с частотой 200 Гц, даже если амплитуды колебаний голосовых связок в обоих случаях одинаковы. *Громкость звука зависит также от его длительности и от индивидуальных особенностей слушателя.*

Громкость звука — это субъективное качество слухового ощущения, позволяющее располагать все звуки по шкале от тихих до громких.

Единица громкости звука называется *сон*. ❄

В практических задачах громкость звука принято характеризовать *уровнем звукового*

давления, измеряемым в белах (Б) или децибелах (дБ), составляющих десятую часть бела.

Например, звуку, возникающему при листании газеты, соответствует уровень звукового давления порядка 20 дБ, звуку звонка будильника — примерно 80 дБ, двигателя самолёта — порядка 130 дБ (такой громкий звук вызывает у человека болевое ощущение). *

Систематическое воздействие на человека громких звуков, особенно шумов (совокупности звуков разной громкости, высоты тона, тембра), неблагоприятно отражается на его здоровье.

В шумных районах у многих людей появляются симптомы шумовой болезни: повышенная нервная возбудимость, быстрая утомляемость, повышенное артериальное давление. Поэтому в больших городах приходится принимать специальные меры для уменьшения шумов, например запрещать звуковые сигналы автомобилей.

? Вопросы

1. С какой целью проводились опыты, изображённые на рисунках 74 и 79? Какой был сделан вывод по результатам этих опытов? 2. Как на опыте удостовериться в том, что из двух камертонов более высокий звук издаёт тот, у которого больше собственная частота? (Частоты на камертонах не указаны.) 3*. От чего зависит высота звука? 4. Как изменится громкость звука, если уменьшить амплитуду колебаний его источника? 5. Звук какой частоты — 500 Гц или 3000 Гц — человеческое ухо воспримет как более громкий при одинаковых амплитудах колебаний источников этих звуков? 6. От чего зависит громкость звука? 7. Как отражается на здоровье человека систематическое действие громких звуков?



УПРАЖНЕНИЕ 29

1. Какое насекомое чаще машет крыльями в полёте — шмель, комар или муха? Почему вы так думаете?
2. Зубья вращающейся циркулярной пилы создают в воздухе звуковую волну. Как изменится высота звука, издаваемого пилой при её холостом ходе, если на ней начать распиливать толстую доску из плотной древесины? Почему?

3. Известно, что чем туже натянута струна на гитаре, тем более высокий звук она издаёт. Как изменится высота звучания гитарных струн при значительном повышении температуры окружающего воздуха? Ответ поясните.