

Рис. 81. Отражение звуковых волн

Каждый из вас знаком с таким звуковым явлением, как эхо. Эхо образуется в результате отражения звука от различных преград — стен большого пустого помещения, леса, сводов высокой арки в здании (рис. 81).

Но почему мы не слышим эха в небольшой квартире? Ведь и в ней звук должен отражаться от стен, потолка, пола.

Оказывается, эхо слышно лишь в том случае, когда отражённый звук воспринимается отдельно от произнесённого. Для этого нужно, чтобы промежуток времени между воздействием этих двух звуков на барабанную перепонку уха составлял не менее 0,06 с.

Определим, через какое время после произнесённого вами короткого возгласа отражённый от стены звук достигнет вашего уха, если вы стоите на расстоянии 3 м от этой стены.

Звук должен пройти расстояние до стены и обратно, т. е. 6 м, распространяясь со скоростью 340 м/с. На это потребуется время

$$t = \frac{s}{v}, \text{ т. е.}$$

$$t = \frac{6 \text{ м}}{340 \text{ м/с}} \approx 0,02 \text{ с.}$$

В данном случае интервал между двумя воспринимаемыми вами звуками — произнесённым и отражённым — значительно меньше того, который необходим, чтобы услышать эхо. Кроме того, образованию эха в комнате препятствует находящаяся в ней мебель, шторы и другие предметы, частично поглощающие отражённый звук. Поэтому в таком помещении речь людей и другие звуки не искажаются эхом и звучат чётко и разборчиво.

Большие полупустые помещения с гладкими стенами, полом и потолком обладают свойством очень хорошо отражать звуковые волны. В та-



В пустом спортивном зале из-за наложения отражённых от разных поверхностей звуковых волн вместо чёткого звука слышен гул



Рис. 82. Принцип действия рупора



Рис. 83. Пример механического резонанса

ком помещении благодаря набеганию предшествующих звуковых волн на последующие получается наложение звуков, и образуется гул. Для улучшения звуковых свойств больших залов и аудиторий их стены часто облицовывают звукопоглощающими материалами.

На свойстве звука отражаться от гладких поверхностей основано действие рупора — расширяющейся трубы обычно круглого или прямоугольного сечения (рис. 82). При использовании рупора звуковые волны не рассеиваются во все стороны, а образуют узконаправленный пучок, за счёт чего мощность звука увеличивается и он распространяется на большее расстояние.

Напомним, что при резонансе амплитуда установившихся вынужденных механических колебаний достигает наибольшего значения в том случае, если частота вынуждающей силы совпадает с собственной частотой колебательной системы.

Например, довольно тяжёлый нитяной маятник (рис. 83) можно сильно раскачать, если периодически дуть на него (даже очень слабой струёй) в направлении его движения с частотой, равной его собственной частоте.

Резонанс может быть вызван и действием звуковых волн. Чтобы пронаблюдать это, сделаем следующий опыт. Возьмём два камертона *A* и *B* с одинаковыми собственными частотами и поставим их рядом, обратив отверстия ящиков, на которых они укреплены, навстречу друг другу (рис. 84). Ударяя резиновым молоточком по камертону *A*, приведём его в колебание, а затем приглушим пальцами.

Мы услышим звук, издаваемый камертоном *B*, который отзывается на колебания камертона *A* подобно тому, как в опытах с маятниками (см. рис. 68, б) маятник *1* отзывался на колебания маятника *3*.

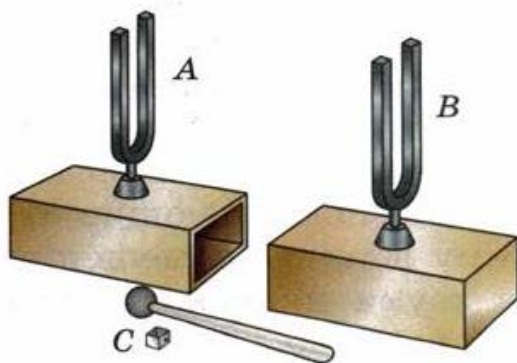


Рис. 84. Оборудование для демонстрации звукового резонанса

Изменим период колебания камертона B , надев на его ножку небольшую муфточку C . Повторив опыт, обнаружим, что теперь камертон B уже не отзывается на колебания камертона A .

Звуковые волны, образованные камертоном A , дойдя до камертона B , возбуждают в нём вынужденные колебания. Поскольку собственные частоты колебаний камертонов одинаковы, то имеет место резонанс: камертон B колеблется с наибольшей возможной амплитудой и издаёт звук. Но при наличии на камертоне B муфты C его собственная частота колебаний меняется, и амплитуда колебаний уменьшается настолько, что звука мы не услышим.

Ящики, на которых установлены камертоны, способствуют усилению звука и наиболее полной передаче энергии от одного камертона к другому. Усиление звука происходит за счёт колебаний самого ящика и особенно столба воздуха в нём. Размеры ящика подбирают таким образом, чтобы собственная частота воздушного столба в нём совпадала с частотой колебаний камертона. При этом столб воздуха колеблется в резонанс с камертоном, т. е. амплитуда его колебаний и соответственно громкость звука достигают наибольших значений.

Камертон, снабжённый таким ящиком (*резонатором*), издаёт более громкий, но менее длительный звук (по закону сохранения энергии).

В музыкальных инструментах роль резонаторов выполняют части их корпусов. Например, в гитаре, скрипке и других подобных им струнных инструментах резонаторами служат деки, которые усиливают издаваемые струнами звуки и придают звучанию инструмента характерную для него окраску — тембр. Тембр звука зависит не только от формы и размера резонатора, но и от того, из какого дерева он изготовлен, и даже от состава лака, покрываю-



Дека гитары служит резонатором

щего его. Тембр определяется также материалом, из которого сделана струна, и тем, гладкая она или витая.

Резонаторы имеются и в голосовом аппарате человека. Источники звука в голосовом аппарате — голосовые связки. Они приходят в колебание благодаря продуванию воздуха из лёгких и возбуждают звук, основной тон которого зависит от их натяжения. Этот звук богат обертонами. Гортань усиливает те из обертонов, частота колебаний которых близка к её собственной частоте. Дальше звуковые волны попадают в полость рта. Для произнесения каждой гласной необходимо особое положение губ, языка и определённая форма резонаторной полости во рту.

Вопросы

1. Какова причина образования эха? Почему эхо не возникает в маленькой, заполненной мебелью комнате? Ответы обоснуйте. **2.** Как можно улучшить звуковые свойства большого зала? **3.** Почему при использовании рупора звук распространяется на большее расстояние? **4.** Приведите примеры проявления звукового резонанса, не упомянутые в тексте параграфа. **5.** Для чего камертоны устанавливаются на резонаторных ящиках? Каково назначение резонаторов, применяемых в музыкальных инструментах? **6.** Что является источником голоса человека?



ЗАДАНИЕ

- Придумайте, с помощью каких предметов (кроме камертонов на резонаторных ящиках) можно продемонстрировать явление звукового резонанса. Проведите придуманный вами опыт, опишите ваши действия и наблюдаемые результаты.