ГЛАВА 9

ВОЛНЫ

КОЛЕБАНИЯ ПЕРЕДАЮТСЯ ОТ ТОЧКИ К ТОЧКЕ

Многим, наверное, приходилось видеть некошеное поле в ветренную погоду, когда, по словам поэта, «волнуется желтеющая нива». Глядя на такое поле, мы видим, что вдоль него что-то перемещается. Но что именно перемещается, неясно. Ведь стебли растений остаются на месте. Они лишь наклоняются, выпрямляются, снова наклоняются и т. д. Наблюдаемый нами процесс представляет собой *волну*.

Поместим на поверхность воды в сосуде легкий поплавок. Осторожно добавим еще один. Появление второго поплавка никак не отражается на первом, и можно считать, что поплавки не взаимодействуют. А теперь легкими нажатиями заставим один из поплавков совершать колебания. К этому второй поплавок не остается «равнодушным». Через некоторое время станет колебаться и он. Но при этом мы увидим, что от поплавка, который мы привели в колебательное движение, по воде «пошли круги». Эти круги — тоже волны.

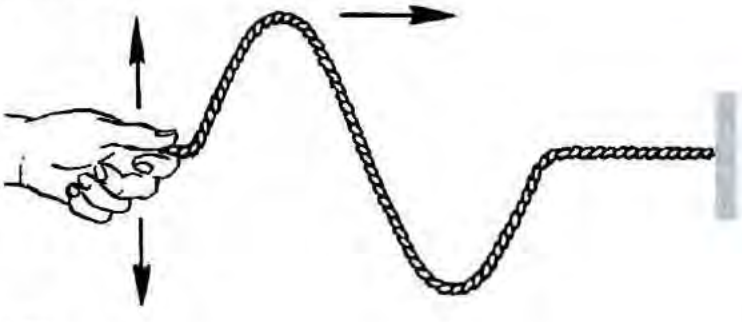
Еще один пример. Возьмем длинный шнур и закрепим один его конец, а другой приведем в колебательное движение (рис. 165). Мы увидим, что вдоль шнура что-то «бежит», хотя концы шнура остаются на месте. То, что «бежит» по шнуру — это тоже волна (такого рода волны так и называются бегущими).

§ 58. ЧТО ТАКОЕ ВОЛНА?

Что же распространяется вдоль поля, по воде, вдоль шнура?

Во всех трех примерах источником волн являются колебания. Колеблются стебли растений, деформируемые ветром, колеблются частицы воды, колеблется конец шнура. А колебания, возникшие в одном месте (например, на конце шнура), передаются другим частицам. То, что мы называем волной, и есть *распространение колебаний от точки к точке, от частицы к частице.*

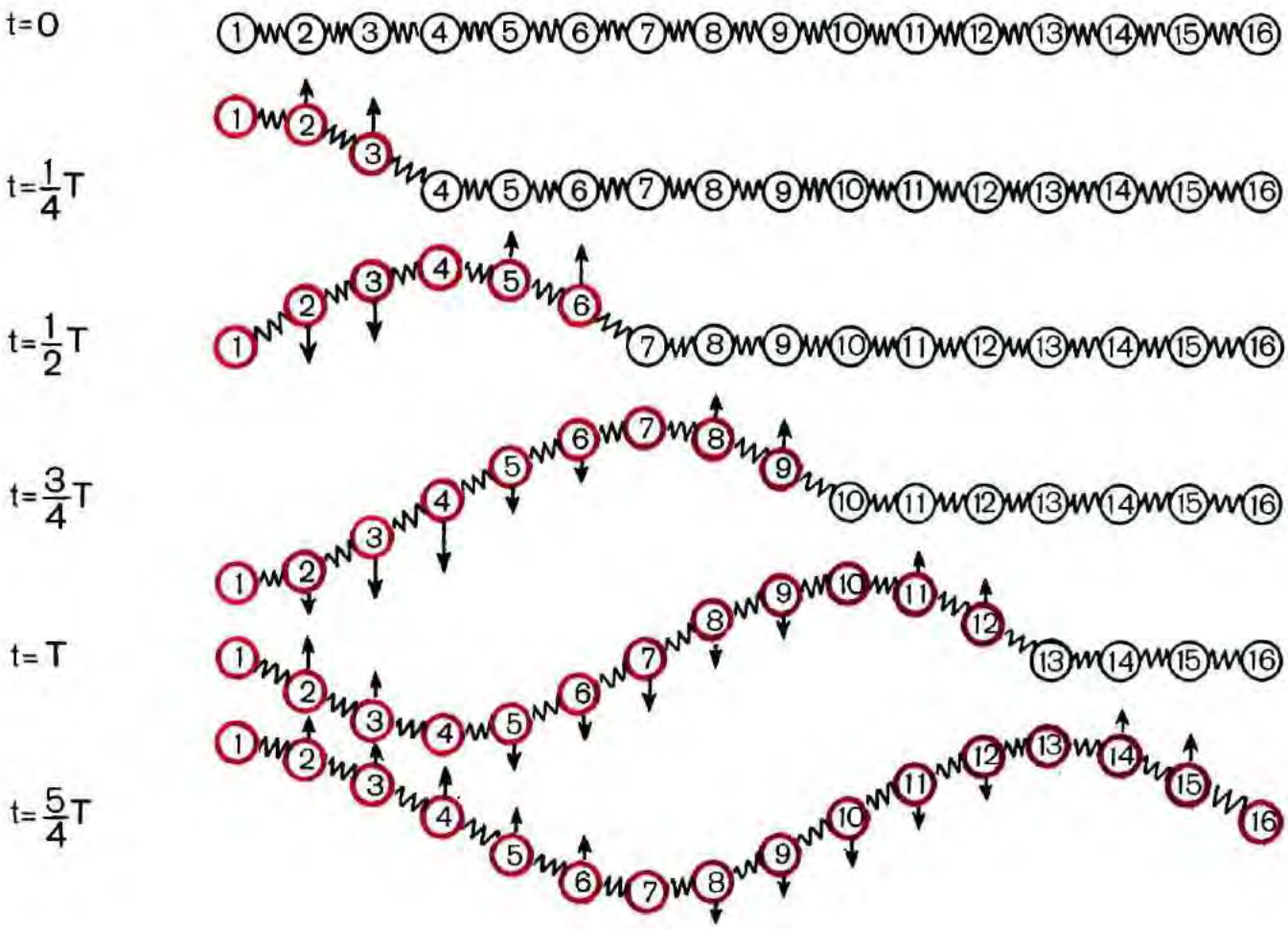
Рис. 165



Хорошей моделью образования волны в шнуре может служить цепочка маленьких шариков (точек), массой m каждый, между которыми действует сила упругости. Мы можем вообразить, что между шариками расположены маленькие пружинки (рис. 166).

Пусть точка *1* отведена вверх и отпущена. Пружинка, связывающая ее с точкой *2*, при этом растянется, возникнет сила упругости, которая действует не только на точку *1*, но и на точку *2*. Начнет, следовательно, колебаться и точка *2*. Это приведет к деформации следующей пружинки, так что начнет совершать колебания и точка *3* и т. д. Так как у всех шариков одинаковые массы и у всех

Рис. 166



пружинок одинаковые жесткости, то все шарики будут колебаться (каждый около своего положения равновесия) с одинаковыми периодами и одинаковыми амплитудами. Однако начнутся эти колебания неодновременно. Ведь все шарики обладают инертностью (у них есть масса!) и, значит, на изменение их скорости требуется время. Поэтому вторая точка начнет колебаться позже, чем первая, третья — позже, чем вторая, и т. д.

Длина волны. Допустим, что к тому моменту времени, когда точка *1* пройдет путь от положения равновесия до крайнего верхнего положения (на это уйдет четверть периода колебаний), успеют начать колебания точки *2* и *3* (см. рис. 166). Точки, правее третьей, еще покоятся. До них не дошла «очередь». К моменту, когда точка *1* вернется в положение равновесия, начнут свои колебания точки *4—6* и т. д.

Через промежуток времени, равный периоду колебаний шариков, шарик *1* завершит свое первое колебание. К этому времени соседняя точка *2* этого сделать не успеет, потому что она начала двигаться позже. Она и закончит свое первое колебание позже точки *1*. Еще позже это сделают точки *3, 4* и т. д.

На некотором расстоянии от точки *1* находится точка, которая «опаздывает» с началом колебаний ровно на один период (на рисунке 166 это точка *13*). Это значит, что за время, равное периоду колебания T, колебание «успело» распространиться до точки *13*. Эта точка начнет свое первое колебание в тот момент, когда точка *1* начнет свое второе колебание. Обозначим расстояние, на которое колебание распространяется за время T, греческой буквой λ. Называется оно *длиной волны*.

Ясно, что точка, расположенная на расстоянии 2λ от точки *1*,

начнет свое первое колебание в тот момент, когда точка *1* начнет свое третье колебание, а точка *13* — второе. Эти точки, следовательно, движутся одинаково: они одновременно начинают двигаться вверх, вместе проходят положение равновесия, одновременно движутся вниз, одновременно заканчивают очередное колебание и начинают следующее. И не только они, но и любые точки, отстоящие одна от другой на расстояниях, равных 3λ, 4λ и т. д. Можно поэтому сказать, что длина волны равна расстоянию между двумя ближайшими точками в волне, движущимися одинаково и имеющими одинаковые отклонения от положения равновесия.

Реальные тела — это, конечно, не цепочка шариков с пружинками между ними. Но частицы в них реально существуют. Силы взаимодействия между ними тоже действуют. Поэтому и волны в них — тоже реально существуют.

Скорость волны. Волна — это распространение колебаний в пространстве. Поэтому можно говорить о скорости v этого распространения. Эта скорость называется *скоростью волны*. Мы только что видели, что за время, равное периоду T, колебание распространяется на расстояние, равное длине волны λ. Значит,

$$\lambda = vT. \qquad (1)$$

Так как период T колебаний связан с частотой ν колебаний соотношением $T = \frac{1}{\nu}$, то $\lambda = \frac{v}{\nu}$, или

$$v = \lambda\nu. \qquad (2)$$

Скорость волны равна произведению частоты колебаний в волне на длину волны.

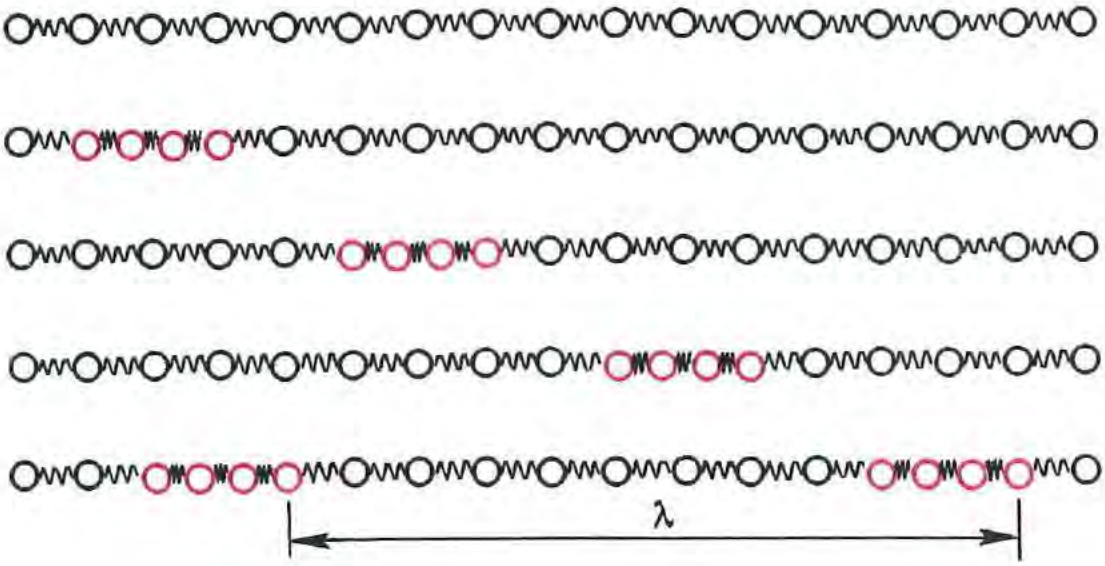
§ 59. ДВА ВИДА ВОЛН

Вернемся еще раз к нашей модели — цепочке шариков и пружинок. Мы видели, как распространяются в виде волны колебания, вызванные тем, что первая в цепи точка была отведена вверх, т. е. так, что эта точка, как и все остальные, колебалась вдоль вертикальных прямых. Колебания же распространялись вдоль горизонтальной линии. *Волны, распространяющиеся в направлении, перпендикулярном направлению колебаний частиц в волне, называются поперечными.*

Но волну вдоль цепочки можно вызвать и иначе. Первый шарик можно отвести не вверх или вниз, а вправо или влево. Это тоже заставило бы его колебаться, и эти колебания передавались бы вдоль цепочки, образуя волну. Но теперь частицы колеблются вдоль горизонтальной прямой, и вдоль этой же прямой распространяются колебания (рис. 167). *Волна, в которой колебания происходят вдоль той же прямой, что и их распространение, называется продольной волной.*

Когда в цепочке возбуждается поперечная волна (см. рис. 166), это приводит к видимому изменению формы цепочки. На ней появляются горбы и впадины. Расстояние между горбами так же, как и между впадинами, равно длине волны. Когда же в той же цепочке возникает продольная волна (см. рис, 167), цепочка остается прямой, но в ней образуются сгущения и разрежения. Расстояние между соседними сгущениями, как и между

Рис. 167



разрежениями, тоже равно длине волны. Вдоль поперечной волны «бегут» горбы и впадины, вдоль продольной — сгущения и разрежения.

Формулы, связывающие скорость волны с частотой и длиной волны, относящиеся к поперечной волне, справедливы и для продольной волны.

Обратим внимание на следующее. Для возникновения волны в среде необходима деформация, без нее не будет силы упругости. Для того чтобы возникла продольная волна, необходима деформация растяжения или сжатия. Растягиваться и сжиматься может любая среда — твердая, жидкая и газообразная. Поэтому продольные волны могут возникать и распространяться в любой среде. Для возникновения же поперечной волны требуется деформация другого вида. Это деформация сдвига (схематически она показана на рисунке 168 справа). А деформация сдвига возможна только в твердых телах. Поэтому поперечные волны могут возникать и распространяться только в твердых средах.

График волны. График колебаний (см. рис. 159) показывает, как изменяется координата *одной* колеблющейся точки со временем. В волне колеблются все точки, ее образующие. Поэтому график волны должен показать, как зависит координата *всех* точек волны от их места в волне. Такой график показан на рисунке 169. По оси ординат отложены значения отклонения x каждой точки от ее положения равновесия, по оси абсцисс — расстояние той или иной точки от некоторого начала, например от источника волны. Графики колебаний и волны не следует путать. Хотя они внешне похожи.

Рис. 168

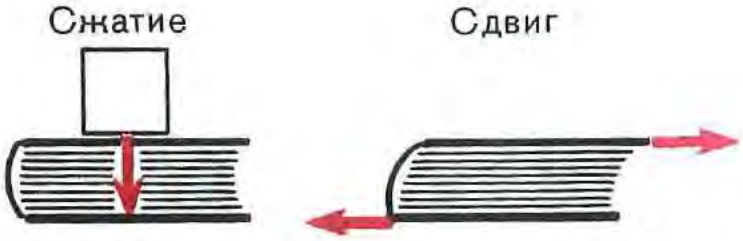
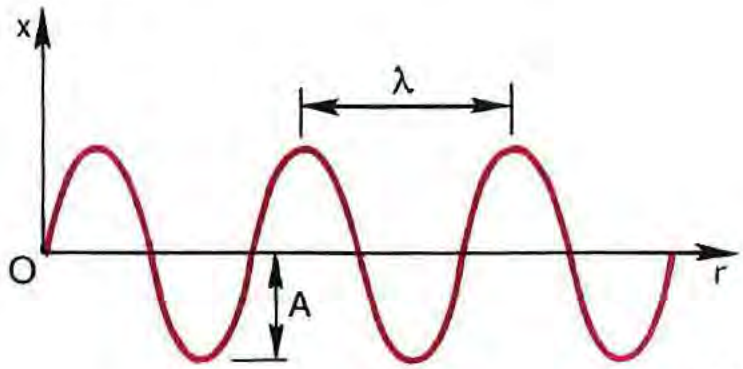


Рис. 169



Волна и энергия. С колебаниями, как мы знаем, связана энергия. Напомним, что она пропорциональна квадрату амплитуды колебаний. Поэтому вместе с колебаниями волной переносится и энергия колебаний, хотя сами носители этой энергии, колеблющиеся частицы, с волной не переносятся. Таким образом, волна оказывается также и переносчиком энергии.

Вопросы

1. Что такое волна? При каком условии возможно распространение волны?

2. Что такое скорость волны?

3. Как связаны между собой скорость, длина волны и частота колебаний частиц в волне?

4. Как связаны между собой скорость, длина волны и период колебаний частиц в волне?

5. Какая волна называется продольной? Поперечной?

6. В каких средах могут возникать и распространяться поперечные волны? Продольные волны?

Упражнение 34

1. Рыбак заметил, что гребни волн проходят мимо кормы его лодки, стоящей на якоре, через каждые 6 с. Он измерил расстояние между ближайшими гребнями и нашел, что оно равно 20 м. Какова скорость волны?

2. Волна с частотой колебаний 165 Гц распространяется в среде, в которой скорость волны равна 330 м/с. Чему равна длина волны?

3. Вдоль упругого шнура распространяется поперечная волна со скоростью 20 м/с, период колебаний точек шнура 0,5 с. Найдите длину волны.

§ 60. ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ

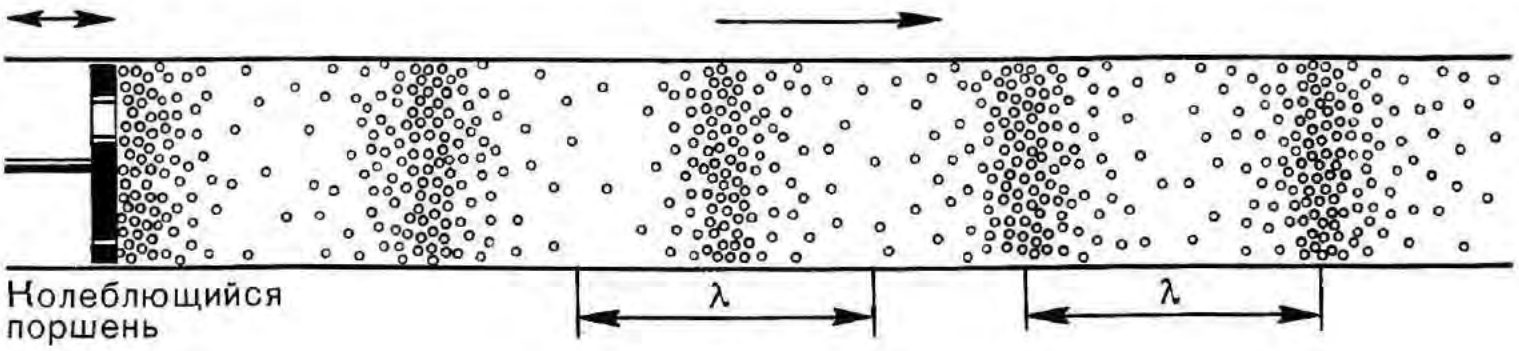
Человек живет в мире звуков. Звук — это то, что слышит ухо. Мы слышим голоса людей, пение птиц, звуки музыкальных инструментов, шум леса, гром во время грозы. Звучат работающие машины, движущийся транспорт и т. д.

Что такое звук? Как он возникает? Чем одни звуки отличаются от других?

Раздел физики, в котором изучаются звуковые явления, называется *акустикой*.

Звук — волна. Услышав какой-то звук, мы обычно можем установить, что он дошел до нас от какого-то источника. Рассматривая этот источник, мы всегда найдем в нем что-то колеблющееся. Если, например, звук исходит от репродуктора, то в

Рис. 170



нем колеблется мембрана — легкий диск, закрепленный по его окружности. Если звук издает музыкальный инструмент, то источник звука — это колеблющаяся струна, колеблющийся столб воздуха и др.

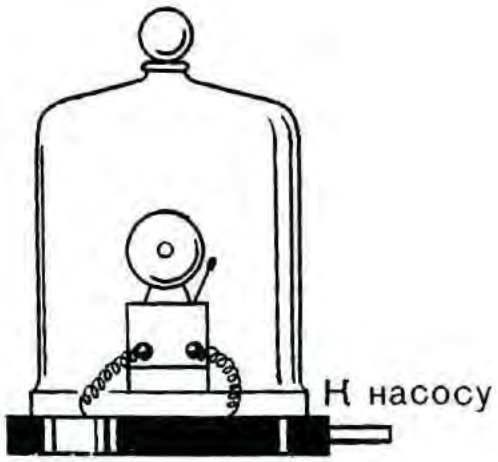
Но как звук доходит до нас? Очевидно, через воздух, который разделяет ухо и источник звука. Но распространяющиеся колебания — это волна. Следовательно, звук распространяется в виде волн. И кое-что о звуковых волнах мы можем сразу сказать. Если звуковая волна распространяется в воздухе, значит — это волна продольная, потому что в газе только такие волны и возможны.

В продольных волнах колебания частиц приводят к тому, что в газе возникают сменяющие друг друга области сгущения и разрежения. На рисунке 170 показана такая волна сгущений и разрежений.

То, что воздух — «проводник» звука, было доказано опытом, поставленным в 1660 г. Р. Бойлем. Если откачать воздух из под колокола воздушного насоса (рис. 171), то мы не услышим звучания находящегося там электрического звонка.

Звук может распространяться также и в жидкой, и в твердой среде. Тот, кто нырял в реку или море, знает, что под водой хорошо слышны звуки гребных винтов теплоходов, удары камней и др. Звук движущегося поезда хорошо слышен, если приложить ухо к рельсу.

Рис. 171



Звуковые частоты. Если звук — это волна, распространяющаяся в воздухе, то он должен возникать всякий раз, когда частицы воздуха приходят в колебательное движение. Размахивание руками, например, тоже должно было бы вызвать звук: ведь машущие руки заставляют частицы колебаться. Известно, однако, что размахивание руками не воспринимается ухом как звук, хотя волна при этом возникает. Объясняется это тем, что ощущение звука создается только при определенных *частотах* колебаний в волне. Опыт показывает, что для органа слуха человека звуковыми являются только такие волны, в которых колебания происходят с частотами от 20 до 20 000 Гц. Размахивать руками 20 и более раз в секунду никто не может!

Вопросы

1. Что может быть источником звука?

2. Как распространяется звук?

3. Может ли звук распространяться в пространстве, лишенном вещества?

4. Всякая ли волна, достигшая органа слуха человека, вызывает ощущение звука?

5. Почему не воспринимаются как звуки волны, вызываемые биениями сердца? Колебаниями объема легких при дыхании?

6. Могут ли космонавты космических кораблей поддерживать связь между кораблями с помощью звуковых сигналов?

§ 61. СВОЙСТВА ЗВУКА

Ощущение звука вызывается звуковыми волнами, достигающими органа слуха — уха. Важнейшая часть этого органа — барабанная перепонка. Пришедшая звуковая волна вызывает вынужденные колебания перепонки с частотой колебаний в волне. Они и воспринимаются мозгом как звук.

Звуки бывают разные. Мы легко различаем свист и дробь барабана, мужской голос (бас) от женского (сопрано).

Чем же отличаются звуки друг от друга?

Тон звука. Об одних звуках говорят, что они *низкого* тона, другие мы называем звуками *высокого тона*. Ухо их легко различает. Звук, создаваемый большим барабаном, это звук низкого тона, свист — звук высокого тона. Простые измерения (развертка колебаний) показывают, что звуки низких тонов — это колебания малой частоты в звуковой волне. Звуку высокого тона соответствует бóльшая частота колебаний. Частота колебаний в звуковой волне определяет тон звука.

Существуют особые источники звука, испускающие единственную частоту, так называемый *чистый тон*. Это *камертоны* различных размеров — простые устройства, представляющие собой изогнутые металлические стержни на ножках (рис. 172). Чем больше размеры камертонов, тем ниже звук, который он испускает при ударе по нему.

Рис.172

Громкость звука. Звуки даже одного тона могут быть разной громкости. С чем связана эта характеристика звука? Нетрудно понять, что она связана с *энергией* колебаний в источнике и в волне. Энергия же колебаний определяется амплитудой колебаний. Громкость, следовательно, зависит от *амплитуды* колебаний. Но связь между громкостью и амплитудой не простая.

Самый слабый еще слышимый звук, дошедший до барабанной перепонки, приносит в 1 с энергию, равную примерно 10^{-16} Дж, а самый громкий звук (реактивного ракетного двигателя в нескольких метрах от него) — около 10^{-4} Дж. Следовательно, по мощности самый громкий звук примерно в тысячу миллиардов раз превосходит самый слабый. Но этого нельзя сказать о громкости звука. О звуках вообще нельзя сказать, что один из них в два, в три, а тем более в миллионы или в миллиарды раз громче другого. О звуках различной громкости говорят, что один громче другого не во столько-то раз, а *на* столько-то единиц. Единица громкости называется д е ц и б е л о м (дБ). Например, громкость звука шороха листьев оценивается 10 дБ, шепота — 20 дБ, уличного шума — 70 дБ. Шум громкостью 130 дБ ощущается кожей и вызывает ощущение боли. О громкости уличного шума, например, можно сказать, что она на 60 дБ больше громкости шороха листьев.

Скорость звука. Как и всякая

волна, звуковая волна характеризуется скоростью распространения колебаний в ней. С длиной волны λ и частотой колебаний ν скорость v связана уже известной нам формулой.

$$v = \lambda\nu.$$

Скорость звука различна в различных средах (веществах). Так, в воздухе при температуре 20 °С скорость звуковых волн (любых длин волн) равна 340 м/с. В других средах она может быть иной. В таблице приведены данные о скорости звука в разных средах.

Частицы жидкости, в которой распространяется звуковая волна, совершают вынужденные колебания с частотой, «навязанной» им колебаниями в источнике звука. Но длина волны даже одного и того же звука в разных средах различна, потому что различны скорости звука.

Вещество	Скорость звука, м/с
Воздух (при 20 °С)	343,1
Водород	1284
Вода	1483 (при 20 °С)
Железо	5850
Резина	1800
Морская вода	1530

Вопросы

1. От чего зависит громкость звука?

2. Звуковая волна переносит энергию. Зависит ли тон звука от энергии?

3. Звуки низкого или высокого тона имеют большую длину волны в данной среде?

Упражнение 35

1. Найдите длины звуковых волн человеческого голоса, высота тона которого соответствует частоте:

а) 80 Гц; б) 1400 Гц.

2. С вершины вертикальной скалы высотой 1000 м упал камень. Через какое время наблюдатель на вершине услышит звук от удара камня при его падении?

3. Удар грома был услышан через 8 с после того, как сверкнула молния. На каком расстоянии от наблюдателя произошел грозовой разряд?

4. Каким длинам волн соответствуют граничные значения частот, воспринимаемых человеком как звук? Расчет сделайте для воздуха.

5. Стрелок услышал звук от удара пули о мишень через 4 с после выстрела. На каком расстоянии находится мишень, если скорость пули 600 м/с?

§ 62. ЗВУКОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Отражение звука. Звуковая волна, распространяясь в некоторой среде, рано или поздно доходит до границы этой среды, а за ней начинается другая среда, состоящая из других частиц, в которой и скорость звука другая. На такой границе происходит явление *отражения* звуковой волны.

Почему отражается звук? Происходит это потому, что колебания, принесенные волной к границе, передаются частицам второй среды и они сами становятся источником новой звуковой волны. Эта вторичная волна распространяется не только во второй среде, но и в первой, откуда пришла первичная

волна. Это и есть отраженная волна.

С явлением отражения звука связано такое известное явление, как *эхо*. Оно состоит в том, что звук от источника доходит до какого-то препятствия («препятствие» — это и есть граница двух сред!), отражается от него и возвращается к месту, где он возник. И если первичный звук и звук отраженный доходят до слушателя не одновременно, то он слышит звук дважды. Звук может испытать и несколько отражений. Тогда можно услышать звук много раз — отсюда, например, раскаты грома.

Звуколокация. На явлении эхо основан метод определения расстояний до различных предметов и обнаружения их месторасположений. В самом деле, допустим, что некоторым источником звука испущен звуковой сигнал и зафиксирован момент его испускания. Звук встретил какое-то препятствие, отразился от него, вернулся и был принят приемником звука. Если при этом был измерен промежуток времени между моментами испускания и приема, то легко найти и расстояние до препятствия. За измеренное время звук прошел расстояние, равное $2s$, где s — расстояние до препятствия. Если скорость звука v известна, то можно написать:

$$t=\frac{2s}{v},\ \text{или}\ s=\frac{vt}{2}.$$

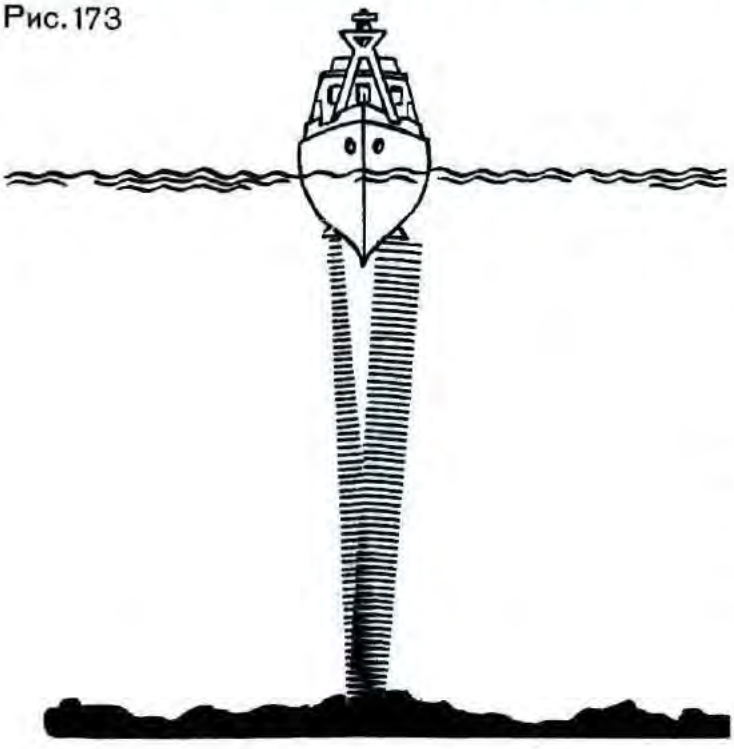
По этой формуле можно найти расстояние до отражателя сигнала. Но ведь надо еще знать, где он находится, в каком направлении от источника сигнал встретил его. Между тем звук распространяется по всем направлениям, и отраженный сигнал мог прийти с разных сторон. Чтобы избегнуть этой трудности, используют не обычный звук, а *ультразвук*.

Ультразвуковые волны по своей природе такие же, как звуковые но они не воспринимаются человеком как звук. Это объясняется тем, что частота колебаний в них больше, чем 20 000 Гц. Такие волны наблюдаются в природе. Есть даже живые существа, способные их испускать и принимать. Ультразвуковые волны и притом большой мощности (большой амплитуды) можно создавать с помощью электрических и магнитных методов.

Главная особенность ультразвуковых волн состоит в том, что их можно сделать *направленными*, распространяющимися по определенному направлению от источника. Благодаря этому по отражению ультразвука можно не только найти расстояние (скорость ультразвуковых волн такая же, как и обычных), но и узнать, где находится тот предмет, который их отразил. Так можно, например, измерять глубину моря под кораблем (рис. 173).

Звуколокаторы (их называют и эхолокаторами) позволяют обнару-

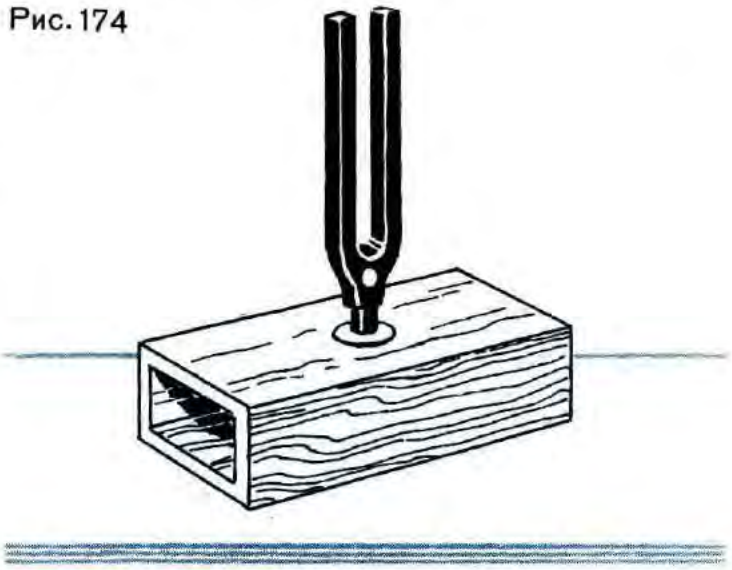
Рис. 173



живать и определять местоположение различных повреждений в изделиях (пустоты, трещины, посторонние включения). В медицине ультразвук используют для обнаружения различных аномалий в теле больного — опухолей, искажений формы органов или их частей и т. д. Чем короче длина ультразвуковой волны, тем меньше размеры обнаруживаемых деталей. Ультразвук используется также для лечения некоторых болезней.

Акустический резонанс. Звуковые колебания, переносимые звуковой волной, могут служить вынуждающей, периодически изменяющейся силой для колебательных систем и вызывать в этих системах явление резонанса, т. е. заставить их звучать. Такой резонанс называют *акустическим резонансом*. Приведем простой пример. Выше мы упоминали об устройстве для получения чистого тона, т. е. звука одной частоты,— камертоне. Сам по себе этот прибор дает очень слабый звук, потому что площадь поверхности колеблющихся ветвей камертона, соприкасающейся с воздухом, мала и в колебательное движение приходит слишком мало частиц воздуха. Поэтому камертон обычно укрепляют

Рис. 174



на деревянном ящике (рис. 174), подобранном так, чтобы частота его собственных колебаний была равна частоте звука, создаваемого камертоном. Благодаря резонансу стенки ящика тоже начинают колебаться с частотой камертона. Это колебания большой амплитуды (резонанс!), да и площадь поверхности ящика велика, поэтому звук камертона оказывается значительно более громким. Ящик так и называют — *резонатор*. В музыкальных инструментах без резонаторов тоже нельзя обойтись. Ими служат деки. Без них, от одних струн, звуки были бы почти не слышны. Полость рта человека — тоже резонатор для голосовых связок.

Вопросы

1. Чем должны различаться две среды, чтобы на их границе происходило отражение звука?

2. Что такое эхо?

3. Что такое ультразвук? Какая его особенность позволяет использовать его для звуколокации?

4. Что такое акустический резонанс?

Упражнение 36

1. Наблюдатель находится на расстоянии 85 м от отвесной скалы. Через какое время он услышит эхо от произнесенного им восклицания?

2. Какова глубина моря, если посланный ультразвуковой сигнал, отразившись от морского дна возвратился через 1,2 с?

САМОЕ ВАЖНОЕ В ДЕВЯТОЙ ГЛАВЕ

Волна — это распространение колебаний в среде. Чтобы колебания могли распространяться, среда должна быть упругой.

Частота колебаний в волне определяется частотой колебаний в источнике. Длина же волны зависит также от скорости распространения волны в данной среде. Скорость волны, частота колебаний и длина волны связаны соотношением

$$v = \lambda\nu.$$

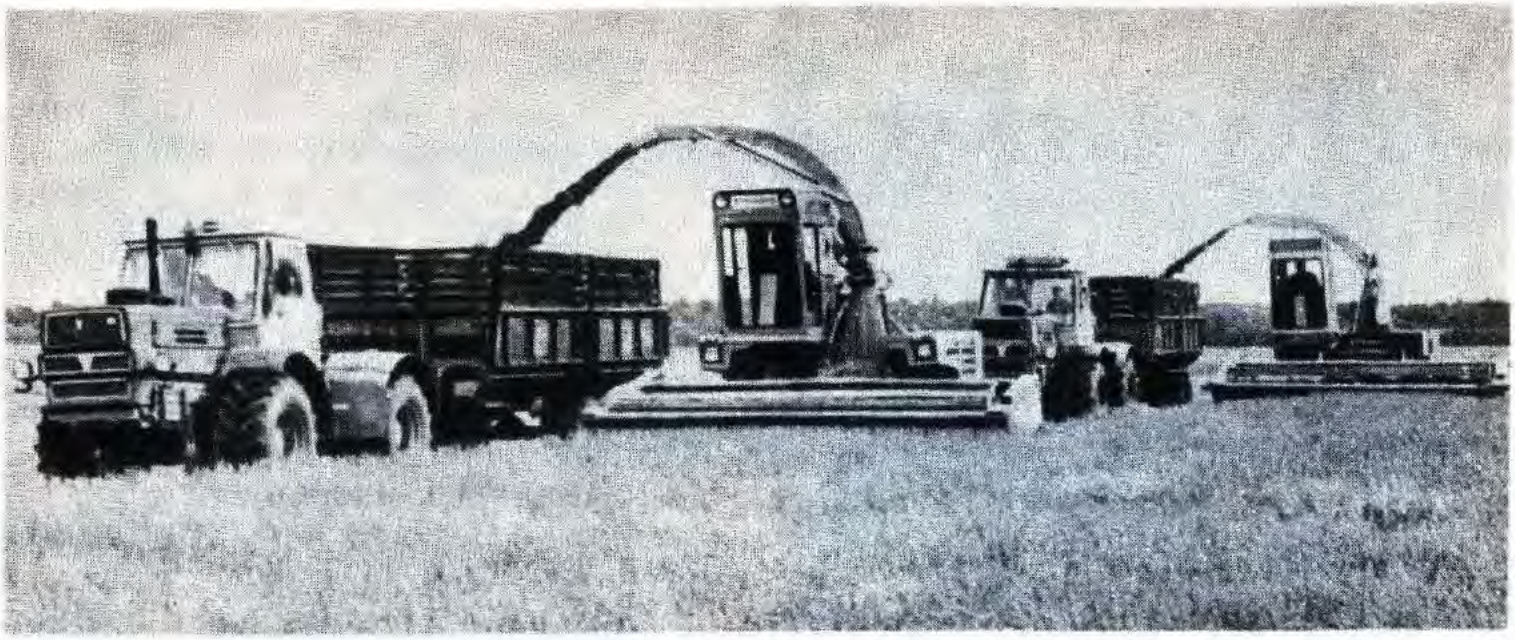
Частным и очень важным случаем волн являются звуковые волны. Звуковые волны доходят до органа слуха человека через воздух. Следовательно, звуковые волны в воздухе — волны продольные.

Человеком воспринимаются как звуки только волны с частотой колебаний в пределах 20—20 000 Гц. Волны с большей частотой колебаний называются ультразвуковыми. Они широко используются в технике для звуколокации, а также для воздействия на вещество.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы познакомились с элементами одной из важнейших физических наук, называемой классической механикой или механикой Ньютона. Важность этого раздела физики определяется тем, что многие величины, введенные в механике, встречаются и используются во всех других разделах физики.

Мы видели, что законы механики позволяют понять и объяснить любые явления, связанные с движениями тел, тел любых — от гигантских небесных тел до мельчайших частиц. И не только объяснить, но и предсказать. Когда-то неожиданные появления на небесном своде комет люди считали проявлениями каких-то таинственных сил, предвещающих людям беды и несчастья. Знание законов механики позволило понять, что ничего таинственного, сверхъестественного в кометах нет, что это тела, движущиеся под действием гравитационной силы, открытой Ньютоном. Их движение можно точно вычислить. Такие вычисления показали, например, что комета, названная в честь Эдмонда Галлея, современника Ньютона, появится в начале 1986 г. И она появилась в «назначенное» время. Законы Ньютона позволили вычислить положение кометы для любого момента времени, причем настолько точно, что можно было отправить космические корабли для «встречи» с кометой и ее изучения. В свою очередь, движение самих кораблей было заранее вычислено по законам механики. И законы эти и вычисления по формулам, выражающим эти законы, «не подвели» — встреча кораблей с кометой состоялась.



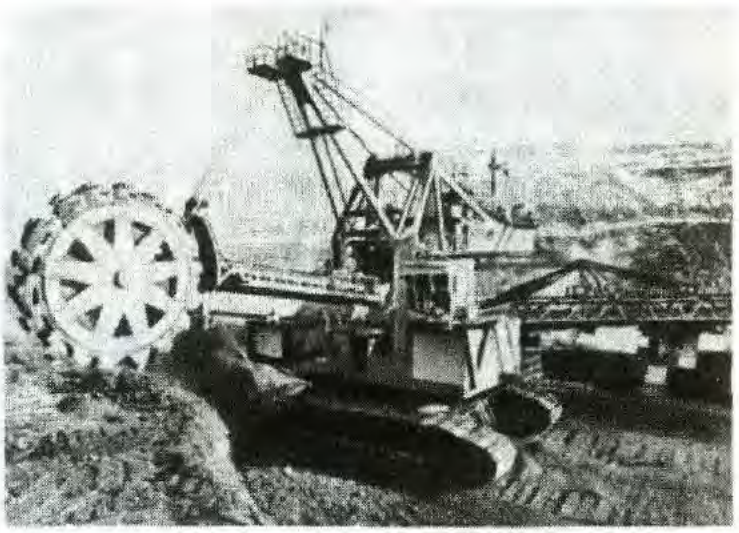
Уборку зеленой массы на силос ведут самоходные кормозаготовительные комбайны «Ярославец»

Механика — это наука о движении тел, т. е. о явлении, наблюдаемым каждым, о явлении, играющем огромную роль в жизни человека, в технике. Повседневная жизнь человека, его труд тесно связаны с движением. Само название науки о движении и названия ее разделов— кинематика и динамика вошли в повседневную нашу жизнь: кинематограф, гидродинамика, аэродинамика, механизм, энергетика, механизация и т. д.

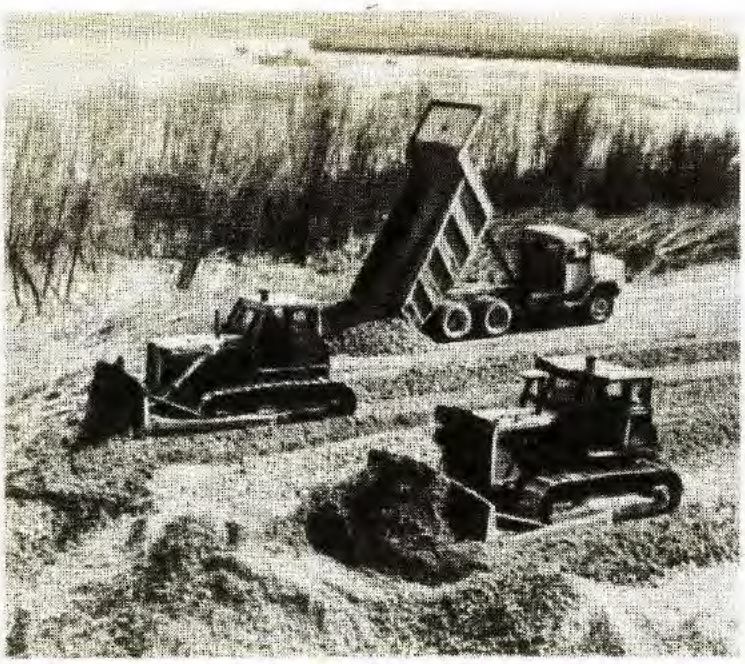
Механизация — это переход от ручного труда к труду с помощью машин. А во всякой машине есть что-то движущееся. И рассчитать машину нельзя без использования законов механики. Построенные человеком машины успешно работают, тем самым доказывая правильность и точность законов механики.

Механизация — это избавление человека от тяжелого ручного труда, многократное увеличение его производительности. Когда-то при строи-

Проходка выемки под полотно железной дороги выполняется ковшовыми экскаваторами



Добыча угля ведется с помощью высокопроизводительных роторных экскаваторов



Земляные работы производятся с помощью бульдозеров

тельстве зданий рабочие переносили на себе кирпичи и другие материалы. Сейчас это делают подъемные краны. При строительстве железных дорог орудиями строителей были лом, лопата, кирка, тачка. О том, как тяжел и изнурителен был труд, мы знаем из стихотворения Н. А. Некрасова «Железная дорога»:

Мы надрывались под зноем, под холодом,
С вечно согнутой спиной.

Теперь на помощь строителям пришли экскаваторы, бульдозеры, путеукладчики и другие машины.

Механизация коренным образом изменила одну из основных отраслей хозяйства — земледелие.

Механизация — процесс непрерывный. Совершенствование машин, повышение их производительности, облегчение труда на них — всем этим постоянно занимается промышленность. Все большую роль при этом начинают играть роботы. В последние десятилетия механизация производства стала дополняться автоматизацией. Автоматизация со-

Портальные краны — первые помощники современных грузчиков

Укладка рельсов на земляное полотно строящейся железной дороги производится путеукладчиком

стоит в том, что управление машинами, контроль их работы передаются специальным устройствам — автоматам, которые сами являются механизмами, машинами. В частности, роботы — это тоже автоматические устройства, машины.

Механизация и автоматизация — это благо для людей. Но нельзя забывать и о вредных последствиях, связанных с ними.

Современная техника прямо или косвенно воздействуют на окружающий нас мир природы. Тяжелые тракторы и другие сельскохозяйственные машины уплотняют почву на полях, снижая ее плодородие. Плотины гидроэлектростанций и водохранилища губят рыбные запасы, затопляют леса и пахотные земли. Электростанции, на которых сжигается топливо, загрязняют атмосферу. Атомные электростанции таят в себе опасность радиоактивных загрязнений и т. д. Поэтому в высшей степени важно, развивая технику, учитывать данные экологии — науки о взаимодействии организмов (растений и животных) между собой и с окружающей средой.