

как сделать самому ГРАММОФОН

К. ЛУКАШЕВИЧ

1932

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО



• • • КАК СДЕЛАТЬ САМОМУ • • •

К. ЛУКАШЕВИЧ

ГРАММОФОН

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1932 ЛЕНИНГРАД

Читатель! Сообщите отзыв об этой книге (ваши замечания о ее недостатках и желательных изменениях в следующем издании) по адресу: Москва, Ильинка, проезд им. Владимирова, 4. Государственному технико-теоретическому издательству (в секцию организационно-массовой работы).

Редакционную работу по этой книге провел Б. Андреев. Издание оформила С. Дыман. Корректуру держал П. Игнатович. Наблюдал за выпуском Е. Богданов. Рукопись сдана в производство 31/V 1932 г. Листы подписаны к печати 16/VIII 1932 г. Книга вышла в свет в сентябре в количестве 5.000 экз. на бумаге формата $72 \times 105 \frac{1}{2}$. Печатных знаков в книге 124.000. Листов в книге $4 \frac{1}{4}$. Заказ № 1960. ГТИ № 457. Уполномоченный Главлита В-6448.

1. КАК ВОЗНИКАЕТ ЗВУК

Граммофон на первый взгляд — простая штука. Заведешь пружину, пружина раскручивается и вертит пластинку. Иголочка скользит по пластинке и мембрана поет, говорит, играет. А рупор — чтобы усилить звук. Очень просто, это всякий знает. Каждый, наверное, даже сам «играл» на граммофоне.

Устроен граммофон, действительно, очень просто.

Но как это случилось, что звук «поймался» на пластинку? Ведь звук, это — что-то невидимое, неуловимое... И вдруг это неуловимое закрепилося и превратилось в маленькие царапинки на граммофонной пластинке. И в этих царапинках и слова, и музыка, и любой звук запечатлелся на долгое время, пока пластинка не износится.

Как это случилось?

И еще вопрос: как это иголочка, скользя по царапинкам на пластинке, заставляет мембрану играть, петь, говорить? Как благодаря царапинкам снова получается звук?

Вот в этих двух вопросах вся суть. А чтобы ответить на них, надо знать, что такое звук. Надо знать, что происходит, когда звучит что-нибудь, например струна, гармония, наш голос и т. д. Происходит ли тут движение или что другое? А если движение, то что именно движется? И как движется? И дальше: как это звуки от звучащих предметов достигают нашего уха? Как это в ухе создается ощущение звука?

Только узнав, что такое звук, мы поймем, почему построен граммофон так, а не иначе. Только тогда мы

дадим себе ясный отчет в том, как действует граммофон, как это звуки превращаются в ничтожные царапинки на пластинке и как царапинки вызывают звуки.

Итак, что такое звук? Как он возникает?

Начнем с самого простого. Вы отводите натянутую веревку или натянутую струну пальцем и пускаете.

Веревка или струна звучат. Ухо ваше слышит звук, а глаз видит, как дрожит струна. Как только размах струны уменьшается, звук замирает. Перестала дрожать струна — прекратился звук.

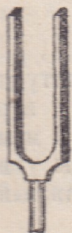


Рис. 1. Ка-
мертон.

Что звучащая струна дрожит (колеблется), вы это ясно видите. Но вот перед вами камертон. Это — металлический стержень, изогнутый так, как показано на

рис. 1. Вы ударяете по его ножке и слышите звук. Но дрожит ли камертон как струна?

Колеблется ли он так же, как струна, или иначе, по-другому? Глаз этого не видит, но можно устроить так, чтобы он видел. Привесьте на нитке легкий бузинный шарик. Прикасайтесь шариком к звучащему камертону (рис. 2). Шарик отскакивает. А раз отскакивает — значит камертон колеблется (дрожит). Невидимые дрожания ножек камертона толкают шарик, и шарик отскакивает.

Можно еще и по-другому обнаружить колебания камертона. Прикоснитесь к звучащему камертону ногтем, и вы отчетливо почувствуете, как камертон часто-часто ударяет вас в нготь.

А вот еще один опыт. Тут обнаружить колебание труднее. Зажмите в тисках длинный латунный или стеклянный стержень как раз посередине (рис. 3). Одну



Рис. 2. Исследование колебаний камертона при помощи шарика.

его половину натирайте кожей (кожу надо предварительно посыпать канифолью и затем натирать стер-

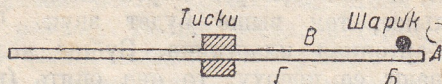


Рис. 3. Стержень, зажатый посредине в тисках.

жень вдоль, по длине), а к другой прикасайтесь шариком, подвешенным на нитке. Стержень резко, пронзительно запищит, а шарик будет отскакивать от стержня, где бы вы ни прикоснулись им (в А, или Б, или В, или Г). Как видите, и этот пронзительно звучащий стержень тоже дрожит.

Еще один опыт, только в другом роде. Укрепите зубчатое колесико так, чтобы его можно было быстро вращать (рис. 4). Можно устроить зубчатое колесико, выпилив его лобзиком из фанеры. Это колесико приклейте к катушке от ниток. Катушку, навернув на нее



Рис. 4. Получение звука при помощи зубчатого колесика и картонной пластинки.

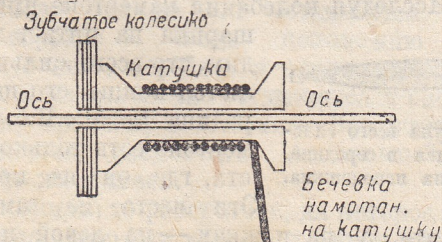


Рис. 5. Шпулька с зубчатым колесиком.

бечевку, наденьте на ось (рис. 5). Теперь, если тянуть за бечевку, колесико будет вращаться.

Прикасайтесь кусочком тонкого плотного картона к зубцам быстро вращающегося колесика. Вы услышите звук, и чем быстрее вертится колесико, тем пронзительнее, тем выше будет звук. Что здесь звучит? Картонная пластинка. Зубцы колесика то подбрасывают ее кверху, то она опять (вследствие своей упругости) возвращается в прежнее положение.

И тут, как и во всех предыдущих опытах, звук возник благодаря колебаниям. Только в одних случаях колебания эти заметны прямо на-глаз или на-ощупь, а в других скрыты от нас, и нужны особые приемы, чтобы их обнаружить.

Итак, мы можем сделать вывод. Заливается ли нежно в кустах соловей, скрипит ли телега, или гудит фабричный гудок, — все эти звуки — только колебания. В горле у соловья и у нас есть что-то, что колеблется, что дрожит, что служит источником звука.

Но об этом после.

Узлы и пучности

А пока будем внимательно наблюдать за колебаниями звучащих предметов (тел). Струна всего сильнее колеблется в середине, у концов она неподвижна (рис. 6). Исследуя колебания камертона при помощи



Рис. 6. Струна всего сильнее колеблется в середине. У концов она неподвижна.

шарика на нитке, мы находим, что всего сильнее колеблются концы его ножек. Середина тоже. Во всем камертоне есть только два места, где он не колеблется. Эти места не там, где вы его держите, а на ножках — на левой и на правой (рис. 7). От этих мест шарик не отекает, потому что они неподвижны. Таким образом камертон колеблется не весь целиком, а тремя частями. Как видите, не все части звучащего тела

колеблются одинаково: одни колеблются сильнее, другие — слабее, а третьи совсем не колеблются. Неподвижные места струны, камертона и т. п. называются *узлами*. Те же места, которые колеблются сильнее всего, называются *пучностями*. У струны два узла и одна пучность, у камертона два узла и три пучности; у пластинки, зажатой одним концом в тисках (рис. 8), один узел и одна пучность. Если вы выведете эту пластинку из ее обычного, среднего положения (или, как говорят, из положения равновесия), то пластинка начнет колебаться, и вы услы-



Рис. 7. Узлы и пучности у звучащего камертона.

шите звук. Рассмотрим более подробно, как колеблется эта пластинка.

Начнем следить за колебаниями пластинки с того момента, как она попадает в положение равновесия. Как она будет колебаться дальше?

Из положения равновесия (рис. 8) пластинка отойдет на-

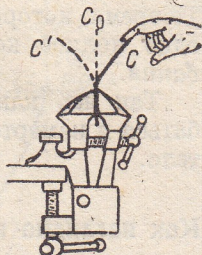


Рис. 8. Упругая пластинка, зажатая одним концом в тисках.

право. Здесь она на миг остановится, потом двинется обратно к своему положению равновесия. Дойдя до него, перейдет и отклонится налево. Тут она опять на мгновение остановится и снова двинется к своему среднему положению. Вот она уже пришла в положение равновесия. А дальше? Дальше — опять то же самое.

Тот размах, то расстояние, на которое отклоняется пластинка влево или вправо от своего обычного, среднего положения, называется *амплитудой*. Не все части колеблющейся пластинки имеют одинаковый размах, одинаковую амплитуду. Всего больше амплитуда у свободного конца пластинки.

Пусть пластинка, колеблясь, прошла такой путь: среднее положение (это — начало нашего наблюдения за пластинкой), крайнее правое положение, опять среднее, крайнее левое положение и снова среднее. Мы говорим тогда, что пластинка совершила одно *полное колебание*.

Или пусть пластинка качалась так: крайнее правое положение, среднее, крайнее левое положение, опять среднее и снова крайнее правое. Опять пластинка совершила одно полное колебание. Вообще можно сказать, что полное колебание получится, если пластинка пройдет путь, равный четырем амплитудам. То время, которое затратила пластинка, чтобы сделать одно полное колебание, называется *периодом колебания*.

Так же, как колебалась пластинка, будут колебаться и камертон, и струна, и вообще всякое звучащее тело.

Как наглядно изобразить колебания звучащего тела

Колебания пластинки (или, вернее, части ее, хотя бы верхней точки), а также струны камертона и т. д., словом, всякого звучащего тела, можно изобразить при помощи чертежа или графика (рис. 9).

Проведем две линии: вертикальную и горизонтальную. Горизонтальную линию будем приравнивать к тому положению пластинки, когда она находится в своем среднем положении. На этой же горизонтальной линии мы будем отмечать время. Условимся, что определенный отрезок прямой линии обозначает секунду. Разделим теперь горизонтальную линию на $\frac{1}{2}$ секунды, на секунды и т. д. Если пластинка отклоняется от своего среднего положения вправо, то будем на чертеже откладывать это расстояние (амплитуду) вверх от горизонтальной линии. Если же пластинка отклоняется от среднего положения влево, то будем откладывать амплитуду вниз от горизонтальной линии.

Итак, горизонтальная линия соответствует среднему положению (покою) пластинки. На этой же линии отмечено время. Правые отклонения пластинки мы откладываем вверх от горизонтали, левые — вниз. Пусть пластинка делает в две секунды только одно полное колебание. Пусть сейчас она находится в своем среднем положении и собирается двигаться направо.

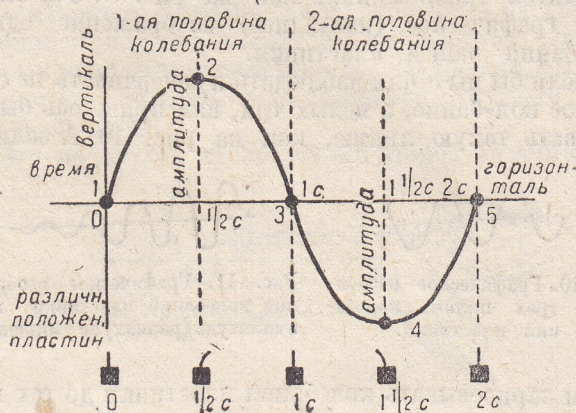


Рис. 9. Изображение одного полного колебания пластинки (зажатой в тисках).

Давайте с этого момента зачерчивать колебания пластинки.

Отметим на рис. 9 начальное, исходное, положение пластинки. Поставим кружок 1 на горизонтали там, где у нас начинается время, там, где стоит нуль. Через $\frac{1}{2}$ секунды пластинка отклоняется вверх на одну амплитуду. Найдем на горизонтали то место, которое обозначает $\frac{1}{2}$ секунды. От этого места кверху отложим амплитуду. Тут мы поставим кружок 2. Еще через $\frac{1}{2}$ секунды (всего с начала счета времени пройдет одна секунда) пластинка будет в среднем положении. Отметим на горизонтали положение пла-

стинки кружком 3. Пройдет еще $\frac{1}{2}$ секунды (а всего $1\frac{1}{2}$ секунды). Пластинка отойдет влево. Найдём $1\frac{1}{2}$ секунды и от этого места книзу отложим амплитуду (кружок 4). Еще через $\frac{1}{2}$ секунды (т. е. ровно через две секунды после начала счета времени) пластинка окажется снова в среднем положении. Отметим это кружочком 5. Все отметки соединим между собой, и получится такая линия, как на рис. 9. Эта линия есть графическое (наглядное) изображение одного колебания нашей пластинки.

Если бы мы стали наблюдать и зачерчивать не одно полное колебание, а целых три, нам пришлось бы нарисовать такую линию, как на рис. 10. А если мы

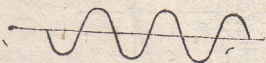


Рис. 10. Графическое изображение трех полных колебаний пластинки.

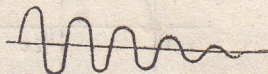


Рис. 11. Графическое изображение колебаний пластинки, когда амплитуда (размах) ее уменьшается.

будем зарисовывать колебания пластинки до тех пор, пока звук совсем не прекратится, получится то, что изображено на рис. 11. Вы видите, что по мере того, как амплитуда (размах) пластинки уменьшается, звук слабеет. Значит, сила звука, его громкость, зависит от амплитуды. Чем амплитуда больше, тем звук сильнее, чем она меньше, тем звук слабее.

Можно устроить так, что пластинка сама будет зарисовывать свои колебания, сама начертит график. Для этого к концу пластинки прикрепите маленький карандаш и устройте так, чтобы конец его упирался в бумажную ленту (рис. 12). Заставьте пластинку колебаться, а сами равномерно и быстро тащите ленту. При удаче опыта карандаш вычертит кривую линию — график своего движения.

То, что рассказано в этой главе, относится ко всякому звучащему телу. Колебания любого голосового

аппарата (человека, соловья) или музыкального инструмента могут быть представлены в виде тех графиков, которые мы только что рисовали.

2. ЧЕМ ПЕРЕДАЕТСЯ ЗВУК

Произведем такой опыт. Возьмем два совершенно одинаковых камертона. Попробуем их, каждый отдельно, и убедимся, что они звучат одинаково. Поставим один камертон на одном столе, другой — на другом. Ударим по первому камертону, он зазвучит. Прикоснемся к нему рукой: камертон уже не дрожит, мы остановили его. Однако ясно слышится откуда-то точно такой же звук.

Это на другом столе звучит второй камертон.

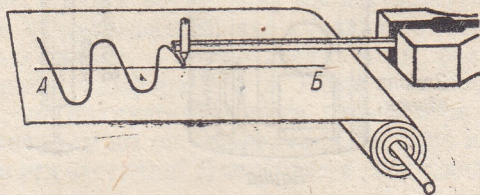


Рис. 12. Пластика (зажатая в тисках) при колебании сама чертит график своих колебаний.

Отчего же он зазвучал? Ведь мы не ударили по нему и даже не прикасались к нему?

Проделайте этот опыт несколько раз. Получается то же самое.

Какой же вывод можно сделать на основании этих опытов? Только один. Колебания одного камертона каким-то путем передаются другому и заставляют его дрожать (колебаться) так же, как и первый.

Но как же это происходит? Почему колебания одного звучащего тела могут передаваться другому, находящемуся от него на некотором расстоянии? Что передает эти колебания? Быть может, тут вино-

ват воздух, которой окружает все тела? Быть может, только благодаря воздуху колебания одного камертона передались другому? А что если бы в данном случае не было воздуха? Передавался ли бы звук?

Возьмем большую стеклянную банку (рис. 13). Поместим в нее электрический звонок и устроим так, чтобы он звонил. Затем тщательно закупорим банку. Через трубку *Д* начнем из банки выкачивать воздух воздушным насосом. Мы увидим, что чем меньше будет оставаться в банке воздуха, тем слабее будет звенеть

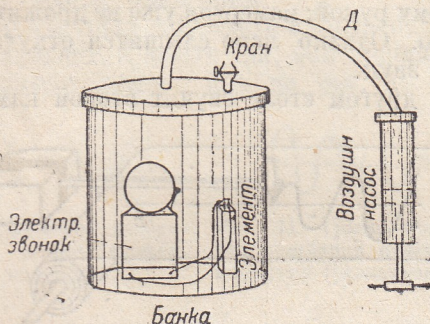


Рис. 13. Если из банки выкачать воздух, то звука не слышно.

колокольчик. И, наконец, звук совсем заглохнет. Вы ничего не услышите, хотя ясно будете видеть, что молоточек электрического звонка попрежнему сильно ударяет в колокольчик. Впустите в банку снова воздух. По мере того как воздуха в банке будет становиться больше, звон будет все слышнее и слышнее. И, наконец, опять колокольчик зазвенит так же громко, как и раньше.

Значит, это воздух передает колебания одного камертона другому.

Но как передает воздух колебания? Как идет звук по воздуху?

Для ответа на эти вопросы нам нужно сначала узнать строение воздуха.

3. О СТРОЕНИИ ВОЗДУХА И ДРУГИХ ТЕЛ

Как-то в детстве я прочел в одной книге, что дикари (индейцы) отличают по запаху металлы: и серебро, и золото, и медь, и другие. Прочел и засмеялся: подумал, что это неправда. И напрасно. Медь, действительно, пахнет. У нее достаточно сильный, резкий запах. Правда, я могу только медь отличить по запаху от всех других металлов, но факт остается фактом: медь пахнет. Попробуйте сами, и вы убедитесь, что это так.

Отчего же медь пахнет? Да вообще почему мы ощущаем запах того или другого вещества?

Приходится думать, что от всех пахнущих предметов (тел) «что-то такое» исходит, «что-то» отрывается и попадает к нам в нос, почему мы и чувствуем запах.

Ну, а что отрывается, что попадает к нам в нос? Раз медью пахнет, — ясно — значит медь, раз камфорой — значит камфора и т. д. Иначе как же?

Итак, от пахнущих веществ отрываются невидимые частички, и мы ощущаем запах. Как же могут отрываться эти частички? Попробуем в этом разобраться.

Все тела не сплошные

Мы знаем, что воздух и всякий другой газ (кислород, углекислый газ, водород и т. д.), любую жидкость и даже твердое тело можно сжать. Тогда они будут занимать меньше места, чем занимали раньше.

Ну, а теперь подумайте: если бы все тела были сплошные, если бы в жидкостях, газах, твердых телах не было никаких промежутков, — разве их можно было бы сжать?

Значит, все тела не сплошные. Не только сжимаемость убеждает нас в этом, но и много других фактов. Можно, например, ртуть заставить пройти сквозь дерево или сквозь кожу или небольшим кусочком краски окрасить большое количество воды, или,

бросив щепотку соли, посолить целую тарелку супа. Если бы краска или соль были сплошные, как бы они могли распределиться по всей жидкости?

А вот еще и другой опыт. Его в первый раз сделали ученые в XVII веке, т. е. около трехсот лет назад. Взяли они металлический шар, внутри пустой, наполнили его водой и закрутили так, что вода никак не могла выйти наружу. После этого начали бить по шару молотком, шар при этом не сломался, даже трещинки на нем не появилось, он только смялся под ударами молотка. А вода выступила на поверхность шара мельчайшими капельками.

Ну, как бы вода могла пройти сквозь металл, если бы металл был сплошной? Много и других опытов убеждает нас в том, что все тела — и твердые, и жидкие, и газы — не сплошные. Они состоят из маленьких частичек (молекул), из таких маленьких, что их ни в какое увеличительное стекло увидеть нельзя.

Если бы капля воды увеличилась до размеров земного шара, тогда каждая молекула, из которых состоит эта «капля», была бы шариком, величиной немножко больше, чем черная смородина, и чуть меньше, чем вишня.

Итак, все тела построены из частичек, из молекул. Между этими частичками есть свободные промежутки.

Но если все тела состоят из частичек и между частичками есть свободные промежутки, то почему же все тела не рассыпаются, не разлетаются?

Между частицами тела есть взаимное притяжение. Одна частица притягивает другие, соседние, а те, в свою очередь, притягивают ее и т. д. Поэтому тела и не рассыпаются. Взаимное притяжение особенно велико между частицами твердого тела.

Попробуйте разорвать медную или железную проволоку. Ваша сила пойдет на то, чтобы преодолеть притяжение между частицами проволоки; как вы уви-

дите, это притяжение не маленькое, — разорвать проволоку трудно.

В жидкостях дело иное. Там одна частичка притягивает другую гораздо слабее: отделить часть жидкости от остальной очень легко.

Ну, а в воздухе (и в других газах) притяжения между частицами почти совсем нет. Дайте воздуху определенное место — он займет его все. Дайте места в десять, в сто раз больше — то же самое количество воздуха распространится по пространству в десять, в сто раз большему. Воздуху всегда места мало. Всегда он стремится занять как можно большее пространство.

Притяжение между частицами воздуха заметно только тогда, когда воздух очень сильно сжат. Тогда частички будут сравнительно близко друг от друга и начнут притягивать друг друга. А если к тому же воздух охлаждать, то притяжение между частичками воздуха увеличится настолько, что он превратится в жидкость.

И всякий газ, если его сильно охлаждать и сжимать, можно превратить в жидкость.

Итак, все тела состоят из частиц. Между частицами есть свободные промежутки. В твердых телах частицы довольно близко находятся одна от другой, в жидкостях — дальше, а в газах — сравнительно очень далеко.

Частицы, из которых состоят тела, движутся

Когда я говорил, что между частицами тел есть притяжение, то естественно должен был напрашиваться такой вопрос: почему же эти частицы не соберутся вместе?

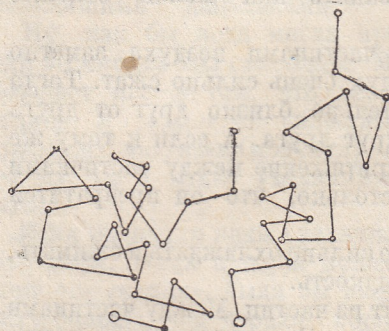
А это оттого, что частицы движутся.

Один ученый проделал такой опыт. Он взял кусок свинца и кусок золота, отшлифовал их хорошенько, положил один на другой и оставил так лежать на четыре года. Через четыре года ученый снял золото со свинца и исследовал их. Оказалось, что свинец

маленькими крупинками проник в золото, а золото проникло в свинец. Золото проникло в свинец на 4 мм, и свинец в золото — тоже на 4 мм.

Если бы свинец и золото не состояли из частичек, и если бы эти частички не двигались, то как могло бы получиться, что свинец попал в золото, а золото в свинец? Этот опыт наглядно убеждает нас в том, что даже твердые тела состоят из частиц и эти частицы движутся.

Частицы твердого тела движутся сравнительно медленно. Только в исключительных случаях, только



тогда, когда они находятся на поверхности тела, они могут выскочить из тела. И тогда они будут блуждать среди молекул воздуха. Вот они попадут вам в нос, и вы почувствуете запах. Вы скажете: «Это пахнет нафталином, камфорой и т. д.».

Частицы жидкости движутся быстрее, они перемещаются на

большие расстояния и куда легче, чем частицы твердых тел, отрываются от поверхности и улетают. Жидкости с каждым мгновением становятся меньше и меньше: жидкость испаряется.

Ну, а частицы воздуха (и других газов) движутся очень быстро и при этом во всех направлениях.

Попробуем мысленно проследить путь одной частицы воздуха. Этот путь — не прямая линия. Постоянные столкновения с другими частицами, постоянные отскакивания все время меняют направление полета. Путь полета частицы, это — ломаная линия, непрерывные зигзаги (рис. 14). Если измерить все зигзаги,

которые сделает частица воздуха в одну секунду, то окажется, что она пролетела огромное расстояние — 485 метров. Если бы оседлать такую частицу, то из Москвы в Ленинград можно было бы на ней доехать всего в 20 минут.

Частицы других газов, например водорода, движутся еще быстрее. Частица водорода в одну секунду пробегает 1840 метров, т. е. 6480 километров в час.

Как видите, скорость огромная!

Вот перед вами маленькое облачко воздуха — величиной с полнаперстка. Сколько там частиц? Страшно много. И все эти частицы движутся, миллиарды миллиардов раз сталкиваются друг с другом, отскакивают. Тут непрерывное движение, невиданные скорости, постоянные столкновения.

4. КАК ПЕРЕДАЕТ ВОЗДУХ КОЛЕБАНИЯ ЗВУЧАЩИХ ТЕЛ

Вот перед вами длинная труба (рис. 15). Она картонная или жестяная, длиной от 4 до 6 метров. Поперечник трубы от 10 до 15 сантиметров. На левый

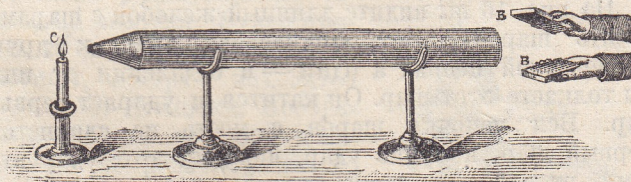


Рис. 15. Труба Тиндаля.

конец трубы надета воронка с небольшим отверстием. Перед отверстием воронки — зажженная свеча. Перед правым концом трубы вы хлопаете в ладоши. Свеча тухнет.

Почему?

Быть может, хлопнув в ладоши или дощечками, мы так сильно отшвырнули частицы воздуха, что они,

пролетев через всю трубу, вырвались сквозь отверстие воронки и потушили свечу?

Чтобы выяснить это, наполним правую часть трубы табачным дымом. Для этого в трубу надо просунуть длинную стеклянную трубку, соединенную с резиновой трубкой, и через эти трубки напустить в трубу дыма. Теперь снова хлопнем в ладоши. Свеча опять потухнет, а дым не выйдет. Это показывает, что при хлопке (при звуке) частицы воздуха не летят непосредственно от ладош до пламени свечи. Не они тушат свечу, а те частицы воздуха, которые находятся у самого пламени. Следующий простой опыт поможет нам разобраться в этом явлении.

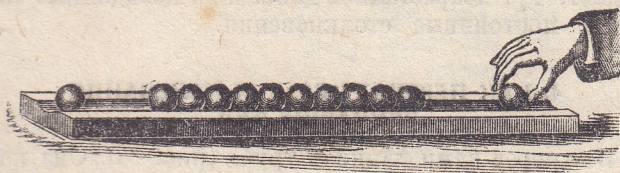


Рис. 16. Передача толчков шарами.

На рис. 16 вы видите длинный желобок с шарами. Десять шаров лежат, прикасаясь друг к другу непрерывной цепью, а один — в отдалении от них. Вы толкаете этот шар. Он катится и ударяет первый шар. Вся цепочка шаров с места не сдвинется. Первый шар, получив удар, передает этот удар второму, второй — третьему, третий — четвертому и т. д. Наконец, десятый шар, получив удар от девятого, откатится немного в сторону (туда, где уже лежит шар).

Вообразите теперь, что это не шары, а частицы воздуха. Первый шар, это — первый слой частиц, прилежавший к вашим ладоням, остальные — промежуточные слои частиц. А последний, десятый, шар, это — последний слой частиц, тот слой, который, находится у самого пламени. Как шары друг по другу

передали толчок, таким же способом передали хлопок в ладоши и частицы воздуха. Когда вы хлопнули, вы оттолкнули рядом находящиеся частицы воздуха. Эти частицы воздуха передали полученный ими толчок соседнему, второму, слою частиц, второй — третьему, третий — четвертому и т. д. Наконец, толчок добежал до последнего слоя частиц, частицы этого слоя устремились на пламя, и свеча потухла.

Так же ведут себя частицы воздуха при всяком звуке. Дрожания звучащего тела толчками передаются по частицам воздуха от слоя к слою, вплоть до нашего уха.

Нарисуем более подробно картину того, как это происходит.

Звуковые волны

Пусть у нас все та же стальная упругая полоска, зажатая одним концом в тисках. Вы отводите ее в левое положение (рис. 17).

Со всех сторон полоска окружена движущимися частицами воздуха. Будем принимать во внимание только те частицы, которые находятся справа от полоски. Вообразите, что эти частицы неподвижны и расположены на равном расстоянии друг от друга. Отпустите полоску. Она качнется слева направо и толкнет частицы воздуха вправо. Под влиянием толчка эти частицы сблизятся между собой, сгустятся и тоже качнутся направо. Когда пластинка дойдет до своего крайнего правого положения, получится такая картина, которая изображена на рис. 18. Те частицы, которые раньше прилегали к пластинке, теперь отбро-

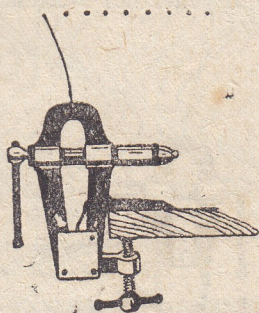


Рис. 17. Частицы воздуха расположены равномерно.

шейны направо и сближены, сгущены. Дальше толчок еще не распространился, и там пока еще все спокойно.

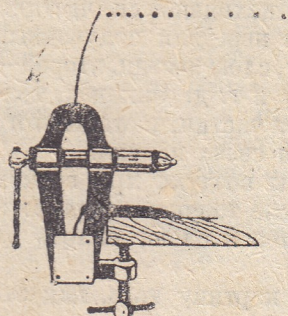


Рис. 18. Сгущение частиц воздуха.

Но вот полоска качнулась обратно, налево. Уходя налево, полоска освобождает место для тех частиц, которые она только что отшвырнула направо и которые она сблизила (сгустила). И эти частицы, конечно, двинутся обратно за полоской. Ведь они всегда стремятся туда, где не так тесно. И так как им предоставлено больше места, они разойдутся друг от друга

дальше, чем были. Мы скажем, что эти частицы разрежены, что тут произошло разрежение. Пока эти частички сближаются и отдаляются друг от друга, они успевают воздействовать на другие, более правые

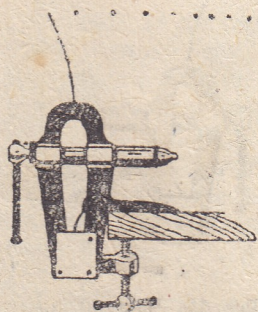


Рис. 19. Разрежение и сгущение (одна волна) частиц воздуха.

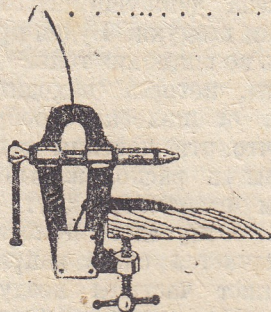


Рис. 20. Две волны (разрежение, сгущение, разрежение, сгущение) частиц воздуха.

частицы. Они успевают передать им свой толчок. И эти более правые частицы сближаются, сгустятся. Там получится сгущение. На рис. 19 рядом с по-

лоской частицы разрежены, правее — сгущены, еще правее — находятся в покое. Итак, полоска сделала одно полное колебание и произвела в близлежащих частицах одно сгущение и одно разрежение. Если полоска совершит два полных колебания, получится то, что изображено на рис. 20. Всего правее частицы сгущены, левее разрежены, еще левее — опять сгущение и, наконец, у самой пластинки — вновь разрежение. Полоска послала по частицам воздуха вправо сгущение, разрежение, сгущение и разрежение, или, как говорят по-другому, две *волны*. Ибо одно сгущение и одно разрежение принято называть *волной*.

Полоска продолжает колебаться и с каждым взмахом то вновь сгущает, то вновь разрежает близлежащие частицы. А те сгущения и разрежения, которые образовались раньше (при первых качаниях полоски), передаются последовательно все дальше и дальше.

Еще нагляднее объяснит вам движение частиц рис. 21. На этом рисунке какие-то кривые линии. Вырежьте из картона лист, а в его середине сделайте узкую щелочку — прорез. Положите этот картон на рис. 21 так, чтобы прорез пришелся на самой верхней части рисунка. Тогда сквозь прорез в картоне вы увидите какие-то точки. Вообразите, что это не точки



Рис. 21. Звуковые волны.

а частицы воздуха. Теперь, придерживая картон, двигайте книгу от себя. Частицы как бы задвигаются, начнут колебаться туда и сюда. Из этих движущихся частиц получается то сгущение, то разрежение. И эти сгущения и разрежения бегут по частицам одно за другим, одно за другим. Так же (вернее, приблизительно так же, ибо это только грубая схема сложного явления) будут колебаться и частицы воздуха при звуке. По воздуху одно за другим побегут сгущения, разрежения, сгущения, разрежения и т. д. Словом, от звучащего тела во все стороны будут распространяться *звуковые волны*.

Каждая частица воздуха тоже колеблется

Полоска колеблется вправо, влево, и частицы воздуха перемещаются тоже вправо, влево. Они тоже движутся около какого-то своего среднего положения, они тоже колеблются.

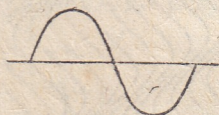


Рис. 22. Изображение одного полного колебания одной частицы воздуха.

Колебания каждой частицы можно изобразить при помощи рис. 22, так же, как мы изображали колебания звучащего тела. При этом, если частица движется вправо от своего среднего положения, то мы это расстояние будем откладывать вверх от горизонтали, если же влево, — то вниз. Рис. 22 представляет нам движение частицы воздуха, которая за одну секунду качнулась два раза: справа налево и слева направо, т. е. совершила одно полное колебание. Если же эта частица сделает в секунду триста колебаний, то мы должны нарисовать триста возвышений и триста углублений.

Итак, каждая частица воздуха при звуке тоже колеблется и при этом всегда в такт с колебаниями самого звучащего тела.

5. КАК МЫ СЛЫШИМ

Перед вами колокольчик. Он звенит. Он посылает по частицам воздуха сгущения и разрежения (рис. 23)



Рис. 23. Ушная раковина направляет эти сгущения и разрежения частиц воздуха в ушной канал.

вверх и вниз, вправо и влево; во все стороны бегут звуковые волны. Вот они подбежали к вашему уху. Уш-

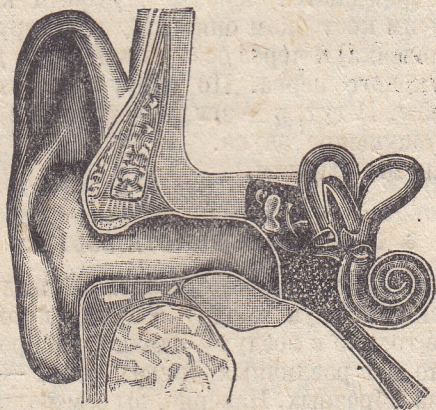


Рис. 24. Разрез уха.

ная раковина (рис. 24) сейчас же захватывает эти сгущения и разрежения и направляет их в ушной

канал, так называемый наружный слуховой проход. Вот сгущения и разрежения пробежали по ушному каналу и наткнулись на перегородку. Они уперлись в тонкую, упругую ткань — в барабанную перепонку. Сгущение вдавило перепонку. В следующий момент частицы отпрянули от барабанной перепонки. Она сейчас же выпрямилась и выпятилась наружу. Новое сгущение — опять вдавилась перепонка. Затем снова разрежение — перепонка вновь выпятилась.

Барабанная перепонка то вгибается внутрь уха, то, наоборот, выпячивается. Вгибается и выпячивается барабанная перепонка в такт со сгущениями и разрежениями, в такт с колебаниями самого звучащего тела. Пусть звучащее тело делает 435 колебаний в одну секунду. 435 сгущений и 435 разрежений набегает на барабанную перепонку, и 435 раз в секунду вгибается и столько же раз выпячивается барабанная перепонка. Барабанная перепонка делает тоже 435 колебаний в одну секунду. Колебания барабанной перепонки передаются особым слуховым косточкам, а уже по этим косточкам они доходят до другой перепонки (окошечка) и через особую жидкость достигают конца слухового нерва. По нерву колебания передаются мозгу. И тут, в мозгу, механическое движение вызывает ощущение звука.

Вот как мы слышим.

6. СКОРОСТЬ И ВЫСОТА ЗВУКА

Скоро ли бегут звуковые волны по воздуху? Достаточно скоро. Звук в одну секунду проходит 340 метров. Не только в воздухе, однако, распространяется звук, но и в различных других телах — твердых, жидких, газообразных. Наверно, вы замечали во время купанья, что под водой все звуки куда слышнее, чем в воздухе. Это оттого, что вода лучше проводит звук, чем воздух. Звук в воде пробегает 1450 метров в одну секунду. В меди он проходит в секунду 3800 метров,

в железе — 4900 метров, в стекле — 5600 метров, в каучуке — от 34 до 69 метров.

В начале мы говорили, что звук возникает благодаря колебаниям. Вы помните опыт с зубчатым колесиком и с картонной пластинкой. Прodelайте этот опыт снова и при этом вращайте колесико с разной скоростью — то тихо, то быстро. Вы услышите звук то низкий, то высокий. Высота звука, как ясно видно из этого опыта, зависит от скорости вращения зубчатого колеса, а следовательно, и от числа ударов зубчатого колеса о картонную пластинку. Иначе: высота звука зависит от числа колебаний картонной пластинки в секунду. Чем чаще колеблется пластинка, чем чаще подбрасывает ее зубчатое колесо, тем звук будет выше, пронзительнее, резче. Были устроены специальные приборы (сирены), при помощи которых можно получать звуки с различным числом колебаний в секунду, от 10—30 и до 30 000—80 000. И вот оказалось, что наше ухо ощущает не все колебания. Оно слышит не всякий звук. Если тело колеблется очень медленно, скажем 10 раз в секунду, то мы ничего не слышим. Если оно колеблется 16, 30, 100, 500, 1000, 10 000, 20 000 раз в секунду, то мы ощущаем звук. Но вот мы заставили тело колебаться очень часто — 50 000 раз в секунду. Полная тишина, мы словно оглохли. Опытами установлено, что мы слышим звук, когда предмет делает не менее 16 и не более 30 000—40 000 колебаний в секунду.

Правда, у различных людей границы слуха разные. Для одних верхняя граница слуха — 30 000 колебаний в секунду, для других — 40 000 и т. д. Одни слышат отвратительный, пронзительный, резкий звук, — хоть уши зажимай и вон беги. А другие ничего не слышат.

Вот как рассказывают о таких опытах английские ученые *Волластон* и *Гершель*.

«Внезапность перехода от совершенного слышания к совершенному отсутствию восприятия поражает так

сильно, что опыты подобного рода весьма забавны. Любопытно наблюдать, как в обществе из нескольких человек разные лица высказывают последовательно изумление, когда звуки приближаются к границе их слуха и переходят ее. Те, которые радовались недавно своей победе, часто в свою очередь принуждены бывают сознаться, как недалеко простирается их превосходство над другими».

«Ничего не может быть поразительнее, как видеть двух лиц, вовсе не глухих, из которых одно жалуется на пронзительную резкость звука, между тем как другое утверждает, что вовсе нет никакого звука».

Интересно, что границы слуха у животных не такие, как у человека. Например, собака 75 000 колебаний воспринимает как звук. Собака выражает беспокойство и нервность от этих столь высоких звуков, а мы их не слышим, для нас ничем не нарушаются тишина и спокойствие.

Не все колебания, не все звуки нам нравятся. Очень редкие (до 32 колебаний в секунду) и очень частые (выше 4000) режут ухо, неприятны нам. А звуки с числом колебаний от 32 до 4000 (в секунду) производят на нас хорошее впечатление, нравятся нам. Это — музыкальные звуки.

7. ПОЧЕМУ МЫ ОТЛИЧАЕМ ОДИН МУЗЫКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОТ ДРУГОГО

Вот перед вами две струны. Одна — струна рояля, другая — скрипки. Обе струны «настроены в унисон», т. е. дают звук одинаковой высоты. Однако вы сразу отличите звук скрипки от звука рояля. Хотя звук одинаковой высоты, но все же разница есть.

Заставьте звучать струну и осторожно коснитесь ее середины. Вы этим устроите посредине струны еще один узел, и вся струна как одно целое перестанет дрожать. Будут колебаться только ее половины. Вы услышите (от каждой половинки) звук более высокий

(октавой выше), чем от целой струны. Мы нарочно заглушали основной тон струны, чтобы обнаружить побочные звуки, или, как говорят, *обертоны*. Эти обертоны всегда выше основного тона.

Когда колеблется струна, она не только колеблется как целое, но еще разбивается на части: на половины, четверти, трети и т. д. И эти части колеблются гораздо чаще, чем вся струна, и дают звуки более высокие. Но что происходит в это время с молекулами воздуха? Как это они успевают воспроизводить колебания и целой струны и ее частей?

Пусть у вас есть три струны, причем вы устроили так,

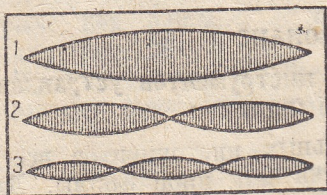


Рис. 25. Первая струна колеблется как целое, вторая только половинами, а третья разбилась на три колеблющиеся части.

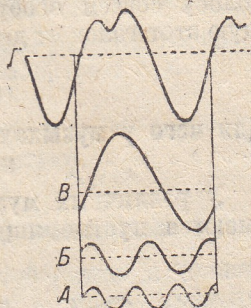


Рис. 26.

что первая струна колеблется только как целое, вторая только половинами и третья разбилась на три колеблющиеся части (рис. 25). Под влиянием этих струн частицы воздуха будут колебаться так, как изображено на рис. 26 (B, B и A).

Ясно, что частицы воздуха не смогут сразу и одновременно воспроизводить эти три различных движения. Эти колебания наложатся друг на друга, и получится одно сложное колебание (рис. 26, Г).

То же самое происходит, когда струна колеблется не только целиком, но и своими частями (половинами, четвертями, третями и т. д.). Частицы воздуха будут

воспроизводить тогда то движение, которое изображено на рис. 26, Г.

Итак, к основному звуку, который издает струна, всегда примешиваются «подзвуки» — обертоны. У обертонов число колебаний в одну секунду, или частота колебаний, больше, чем у основного тона, чем у целой струны. Но размах (амплитуда) этих обертонов меньше. Это и дает нам возможность отличить один музыкальный инструмент от другого. То же происходит и с человеческим голосом. Голос одного человека отличается от другого не только основным тоном, но и побочными тонами — обертонами. Эти обертоны придают голосу совсем особую звуковую окраску, отличающую этот голос от десятков и сотен таких же голосов.

8. РЕЗОНАНС

Для чего у музыкальных инструментов устраивают пустые ящики

У различных музыкальных инструментов всегда имеются пустые ящики той или иной формы. Для чего они?



Для того, чтобы усиливать звуки.

Как же тут усиливается звук?

На это ответит нам следующий опыт.

Держите звучащий камертон над отверстием длинного стеклянного стакана (рис. 27). Осторожно подливайте в стакан воду и наблюдайте, будет ли меняться сила звука? И вот при некоторой высоте столба воздуха окажется, что звук

Рис. 27. Резонанс.

камертона значительно усилился. Еще подольте воды — звук снова ослабнет. Только при одном определенном расстоянии от края стакана до поверхности воды (т. е. при вполне определенной высоте воздушного столба в стакане) звук усиливается; если эта высота будет другая, то звук усиливаться не будет. Поэтому камертоны укрепляют на пустых ящиках, у которых нет одной стенки (рис. 28).

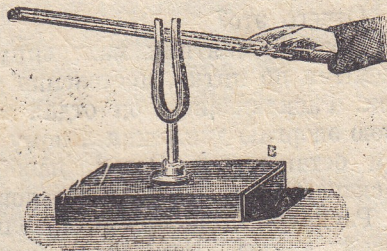


Рис. 28. Камертон с ящиком (резонатором), усиливающим звук.

Тут происходит особое, очень важное явление, называемое *резонансом* (отзывчивостью).

Резонанс (отзывчивость) маятников

Натянем суровую нитку. К этой нитке подвяжем пять других суровых ниток, а к ним — тяжелые шарики (маятники), причем два крайних шарика подвесим на нитках длиной в один метр, средние — на нитках в $\frac{1}{2}$ метра, а самый средний — на нитке в $\frac{1}{4}$ метра.

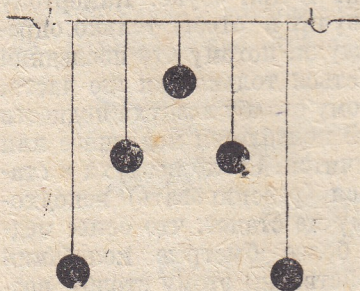


Рис. 29. Резонанс маятников.

Раскачаем правый длинный маятник (рис. 29). Он качается. Левый, такой же длины, маятник ведет себя беспокойно. Вот он начинает покачиваться, сначала чуть-чуть, а потом все сильнее и сильнее. В конце

концов он начинает качаться так же, как и правый маятник, а в это время размах правого маятника становится меньше и меньше и, наконец, он совсем останавливается.

Отчего это?

Правый маятник маленькими толчками, передаваемыми по нитке, постепенно раскачал левый маятник. Раскачиваясь, он отдал маленькими порциями свою энергию движению левому маятнику и поэтому сам остановился. Затем, наоборот, левый маятник раскачает правый, а сам остановится, и т. д.

Раскачиваются при этом только маятники одинаковой длины. Правый раскачивает одинаковый с ним по длине левый, остальные почти не качаются.

Дело в том, что маятники разной длины всегда качаются по-разному. Короткий маятник качается быстрее, длинный медленнее. Заставить короткий маятник качаться так же медленно, как длинный, никак нельзя. Поэтому на качание правого длинного маятника отзывается (резонирует, т. е. начинает качаться) только такой же длины левый, а остальные не раскачиваются, не резонируют.

То же самое происходит и при звуке. Камертону отзывается (резонирует, звучит в ответ) только определенной длины столб воздуха, потому что последний сам по себе может колебаться только так же часто, как камертон. А если к этому столбу воздуха поднести другой камертон, который колеблется медленнее или быстрее, то ничего не получится. Столб воздуха в стакане не станет отзываться (резонировать) неподходящему камертону. Потому не станет, что более медленные колебания или более быстрые колебания второго камертона не свойственны этому столбу воздуха.

Как короткому маятнику не раскачать длинный, так и неподходящему камертону не заставить резонировать данный столб воздуха.

Голос дождевой бочки

Случалось ли вам когда-нибудь заставить петь дождевую бочку? Вы наклоняетесь над бочкой и тянете ту или другую ноту. И вот, наконец, бочка начинает вам отвечать. Она загудит низко-низко. Если вы измените высоту звука, бочка перестанет вам отвечать, не будет усиливать ваш голос, не будет вам резонировать.

Что вы сделали с бочкой?

Вы своим голосом заставили дрожать частицы воздуха в бочке. Другими словами, вы привели весь столб воздуха в бочке в точно такие же колебания, какие производит ваш голос. А сам столб воздуха в бочке, именно благодаря своей высоте, может отзываться только на один определенный звук, а этот звук как раз вы и производите. Поэтому бочка и шлет вам ответ. И всегда она будет резонировать только на один определенный тон, т. е. на звук вполне определенной высоты.

9. НАШ ГОЛОС

Устройство человеческого голосового аппарата можно понять, взглянув на рис. 30. На нем изображены меха, к которым присоединена длинная трубка. Правый конец этой трубки затянут двумя рези-



Рис. 30. Меха с трубкой и перепонками.

новыми перепонками так, что между перепонками остается только маленькая щелочка, через которую может вырываться воздух.

Сожмите меха. Воздух из мехов по длинной трубке устремится к перепонкам (мембранам), немножко приподнимет их и маленьким облачком вырвется наружу. Затем перепонки отойдут назад. А меха в это время продолжают еще и еще гнать воздух. Новая порция воздуха опять приподнимет резиновые перепонки, опять вырвется из трубы маленькое облачко воздуха, и снова перепонка возвратится в прежнее положение.

И так все время, пока мы будем работать мехами, воздух маленькими облачками будет выходить из трубы и приподнимать перепонки. Перепонки начнут колебаться и, следовательно, станут звучать. Мы услышим звук.

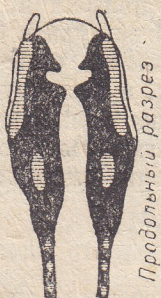


Рис. 31. Разрезы дыхательного горла человека, заканчивающегося голосовыми связками.

Подобно этому устроен и голосовой аппарат человека. Мехам в организме человека соответствует *диафрагма*. Диафрагма, это — мускульная мембрана, которая отделяет грудную клетку от полости живота. Она может растягиваться и сжиматься, а значит, втягивать и выталкивать воздух.

Длинная труба, это — дыхательное горло.

Резиновые перепонки, это — голосовые связки, которыми заканчивается дыхательное горло (рис. 31). Голосовые связки колеблются от того воздуха, который проходит через них.

Но это еще не все.

Дальше, за голосовыми связками, идет полость рта (рис. 32). Воздух, вырвавшийся из дыхательного горла, заставляет звучать голосовые связки, а полость рта усиливает звук голосовых связок, и при этом не один какой-нибудь звук, а все. Изменяя положение губ и языка, мы можем изменять объем и форму столба воздуха во рту. Значит, у нас получаются в зависимости от положения языка и губ различные столбы воздуха и, следовательно, различные возможности резонанса. Каждый из этих получающихся по нашему желанию столбов воздуха усиливает только какой-нибудь определенный звук голосовых связок.

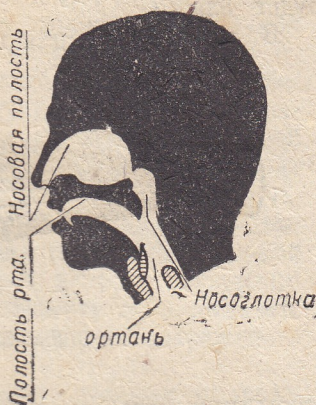


Рис. 32. Разрез полости горла и рта человека.

Трубы и рупоры

Вы в поле, на совершенно открытой местности. Увидели своего знакомого и кричите ему, зовете его. Но он слишком далеко и ничего не слышит. Звук, не дойдя до него, успевает заглухнуть.

Вообразите теперь, что вы протянули очень длинную трубу от него и до себя. Потом встали каждый у своего конца и говорите в трубу. Оказывается, все отлично слышно, как по телефону. Происходит это потому, что вся энергия звуков вашего голоса тратится только на воздух в трубе и заставляет дрожать частички воздуха только в трубе, а не всюду вокруг вас. Вместо длинной трубы возьмем короткую трубу — рупор (рис. 33.) Всего сильнее (с большей амплитудой)

будут колебаться частицы воздуха против рупора. Тут и звук сильнее. А с боков частицы воздуха будут двигаться менее энергично — здесь и звук будет слабее.

В граммофонах для того и пользуются рупором,

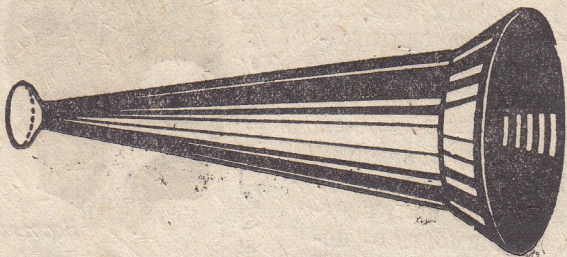


Рис. 33. Рупор.

чтобы заставить звуковые волны не рассеиваться во все стороны, а направляться сжатым, сильным пучком в одном определенном направлении.

10. ГРАММОФОН И ЕГО ПРЕДШЕСТВЕННИКИ

«Говорильная» машина

Издавна стремились люди построить такую машину, которая говорила бы как человек. Много труда, изобретательности и времени убивали на это. И иногда достигали успеха. Машина говорила. Но как говорила? Не как живой, настоящий человек, а именно как машина.

Таких «говорящих» машин было построено немало. Самую замечательную устроил в восьмидесятых годах прошлого столетия *Фабер*.

Вот рассказ об этой машине одного из очевидцев, современников *Фабера*.

«Чего, чего только нет в этой машине: и искусственные легкие, и гортань, и язык, и губы... Все эти

части приводятся в действие сложнейшим и остроумнейшим механизмом. Управляющая машиной особа сидит за клавишами и играет на их, как на рояле. Из сочетаний издающихся при этом машиной звуков образуются сложные звуки, затем слоги, из слогов отдельные слова и целые фразы. Машина говорит без усталости, внятно, хотя и медленно, все, что вы прикажете. Вы сознаете, что перед вами чудо современной механики, но... вы сейчас слышите, что это говорит *машина*, а не живой человек. Эта монотонная речь, эти безжизненные, не скрашенные ни малейшим выражением звуки не в состоянии произвести никакой иллюзии и, преклоняясь перед изобретательностью механики, вы все-таки ни на минуту не перестанете видеть в ней жалкого и несовершенного подражателя природы».

И тут, как и везде, слепое подражание природе, стремление в точности воспроизвести голосовой аппарат человека не привело к цели. Получилась только жалкая говорильная машина.

Все попытки такого же рода кончались неудачами. Слепое подражание природе не достигало цели.

Фонограф

Первый встал на новый путь известный изобретатель — американец *Эдисон*.

В 1877 г. он решил создать машину, которая не только бы говорила, но и пела, играла, словом, воспроизводила все звуки, которые слышит человеческое ухо. Эдисон не пошел по тому ложному пути, по которому шли Фабер и другие изобретатели. Он не стал слепо подражать природе, а пошел новой дорогой, своим путем и создал машину — фонограф.

В декабре 1877 г. Эдисон с небольшим свертком под мышкой явился в редакцию одного нью-йоркского журнала, поставил фонограф на стол и стал вертеть рукоятку. Изумленные редакторы слышали

настоящий, живой человеческий голос. Машина говорила: «Доброго утра, г. редактор! Как вы поживаете. Знакомы ли вы с фонографом? Это я сам и явился к вашим услугам» и т. д.

Удивлению присутствующих не было границ. На другой день вся Америка знала о фонографе и об Эдисоне. Все говорили о диковинной машине и ее изобретателе.

В Европе не поверили известию о фонографе. Подумали: «опять надули эти американцы»... Но скоро пришлось поверить. Сам фонограф прибыл в Париж. 11 марта 1878 г. представитель Эдисона демонстрировал (показывал) фонограф на торжественном заседании Парижской академии наук.

Послушайте, как рассказывает об этом событии один из французских журналов.

«Наконец, фонограф в Париже. Мы его видели, слышали, исследовали сами, собственными органами чувств. Вот как происходило дело. Когда собравшаяся на сеанс многочисленная публика расселась по местам и успокоилась, демонстратор поставил на стоящий в середине залы небольшой столик аппарат Эдисона и снял скрывавший его от зрителей футляр. Затем, взявшись за рукоятку аппарата, он начал ее медленно поворачивать; из машинки послышалась обращенная к публике живая человеческая речь: «Фонограф свидетельствует свое почтение Академии наук». При этом слово «фонограф» произнесено было с особенной отчетливостью. Здесь демонстратор нагнулся к аппарату и произнес фразу: «Господин фонограф, говорите ли вы по-французски?» — и аппарат повторил эту фразу с математической точностью, сохранив тембр, интонацию, все мельчайшие оттенки произнесенной фразы. Демонстратор произнес еще несколько фраз, и все они были повторены фонографом с изумительной точностью. Раздалось громкое «браво». Энтузиазм был всеобщий. На всех лицах написан был восторг, удивление, радость, все наперерыв стре-

мились к чудесной машине и осаждали ее множеством фраз, которые она повторяла совершенно отчетливо по нескольку раз».

Вдруг, среди всеобщего удивления, ликования и радости, как сумасшедший срывается со своего места академик *Бульо*.

С перекошенным от злости лицом, задыхаясь от бешенства, бросается он на представителя Эдисона, показывающего фонограф, хватает его за горло, душил и истуканно, дико орет: «Несчастный, мы не дадим себя одурачить чревовещателю!».

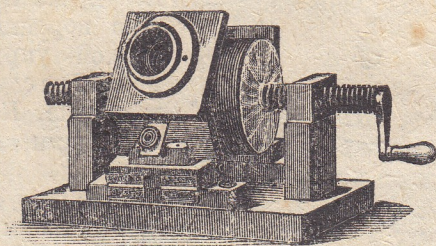


Рис. 34. Фонограф.

Через несколько дней успокоившийся Бульо говорит на заседании Академии наук: «Нельзя допустить, чтобы низкий металл мог заменить благородный аппарат человеческой речи. Фонограф является лишь звуковым обманом».

Что называется, «ум за разум зашел». Так поразило почтенного академика гениальное изобретение Эдисона. Что же было требовать от темных людей, которые, впервые видя граммофон или фонограф, думали, что в трубе сидит «сам бес».

В России фонограф тоже произвел на первых своих слушателей незабываемое на всю жизнь впечатление.

Как же устроен этот диковинный прибор?

Длинная ось нарезана как винт (рис. 34 и 35). На нее наглухо насажен цилиндр-барабан. Ось вра-

щается на двух подставках. В одну подставку вделана гайка. Когда вы вертите рукоятку, вертятся и ось и насаженный на нее цилиндр-барабан. Но так как ось нарезана, то она будет не только вращаться, но и ввинчиваться в гайку. Значит, ось, а вместе с ней и цилиндр будут еще двигаться вправо и влево, в зависимости от того, куда вы станете вертеть рукоятку фонографа. На цилиндр надевается отлитый из особого состава

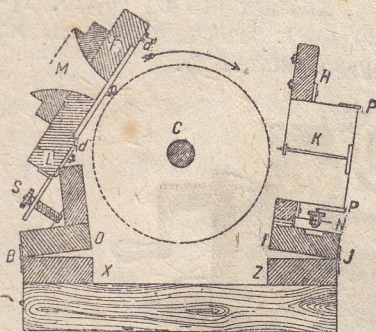


Рис. 35. Разрез фонографа. *М*—воронка, в которую говорят; *dd¹*—мембрана; *o*—острие-иголка; *С*—цилиндр с надетым на него восковым валиком.

(воск с разными примесями) валик. Перед цилиндром на подставке укреплен воронка. Дно воронки закрыто тонкой, упругой перепонкой из слюды. Это—мембрана. К середине перепонки приделано маленькое острие—иголка.

Поставим воронку так, чтобы иголка мембраны чуть-чуть вонзилась в восковый валик. Начнем теперь вертеть рукоятку фо-

нографа. Восковый валик будет одновременно и вращаться и передвигаться в ту или другую сторону. Иголлка вычертит на восковом валике винтообразную линию. Глубина этой линии везде одинакова, потому что сама иголка и мембрана, к которой она прикреплена, не колебались.

Попробуем теперь говорить в воронку. Колебания нашего голоса передаются воздуху. Колеблющийся воздух заставит дрожать мембрану, а вместе с мембраной и иголку. Опять иголка вычертит на восковом валике винтообразную линию, но эта линия будет разной глубины: то глубже, то мельче, в зависимости от произносимых нами звуков. Невидимые

колебания воздуха и мембраны превратились в видимую на восковом валике линию. Звук как бы «замерз».

Отодвинем теперь мембрану с иголкой от валика. Вращая рукоятку фонографа, устроим так, чтобы начало нарезки, вычерченной на валике иголкой, очутилось как раз перед иголкой.

Теперь прижмем иголку к нарезке воскового валика и снова начнем вертеть рукоятку. Иголлка будет то подпрыгивать, подниматься на возвышения, то стремительно падать. Иголлка начнет колебаться, и ее колебания передадутся мембране. Мембрана воспроизведет звуки.

Так действует фонограф.

Особенно трудно было приготовить для фонографа хороший восковый валик. Восковый слой должен быть очень чувствителен к малейшим движениям иголки. Ведь в небольшом слове заключаются десятки тысяч колебаний, и эти десятки тысяч колебаний должны запечатлеться на восковом валике на небольшой длине в виде маленьких углублений. Эдисон потратил много времени и труда на то, чтобы добиться удовлетворительной передачи звуков, чтобы найти подходящий состав для валика.

«Легко делать удивительные открытия, — говорит Эдисон, — но вся трудность состоит в усовершенствовании их настолько, чтобы они получили практическое значение».

В дальнейшем Эдисон усовершенствовал свой фонограф. Вместо того чтобы вертеть рукоятку рукой, он приспособил часовой механизм с регулятором. Валик стал вертеться вполне равномерно. Записывающее звук приспособление (т. е. мембрана с иголкой) тоже подверглось изменениям. На рис. 36 изображен усовершенствованный фонограф Эдисона. Резиновая трубка идет от воронки с мембраной. Дальше эта трубка разветвляется на две, потом еще на две и еще. Концы трубок вкладываются в уши

(по два конца на человека). Так что сразу может слушать четыре человека. Трубки эти служат для того, чтобы звук не рассеивался, чтобы было хорошо слышно. К фонографу можно приспособить и рупор. Звук от такого фонографа получается громкий и вполне отчетливый.

Большое неудобство для фонографа представляют восковые валики. Они легко ломаются, занимают

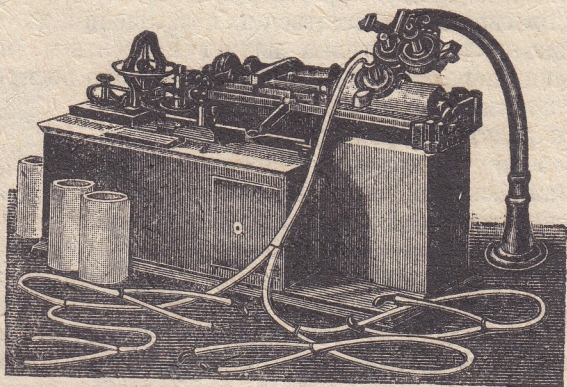


Рис. 36. Усовершенствованный фонограф Эдисона.

много места и вообще неудобны. А граммофон устроен проще и передает звуки громче. Поэтому фонограф не смог конкурировать с граммофоном, — победил граммофон.

Граммoфон

Часто случается, что на определенной ступени развития техники и науки одна и та же мысль приходит сразу нескольким людям. Одно и то же открытие делают сразу несколько человек. Так было и тут. Кроме Эдисона, над той же задачей работал американец *Берлинер* (в Вашингтоне). Он тоже создавал говорящую машину. Берлинер за месяц раньше Эди-

сона (в ноябре 1877 г.) взял патент на свое изобретение.

Это был граммофон. Правда, в то время граммофон еще только подавал слабые намеки на то, что он будет действовать. Через месяц появился эдисоновский фонограф, который был на много лучше, чем граммофон Берлинера. Берлинер лишь через несколько месяцев, уже в 1878 г., достиг значительных успехов.

Устройство граммофона и фонографа почти одинаково: та же мембрана, та же иголка. Только вместо валика в граммофоне диск-пластинка. На этой пластинке и записывались звуки. Вместо винтовой линии иголка вычерчивает на пластинке спиральную линию. В этом вся разница. Так же, как и у фонографа, в первом граммофоне рукоятку приходилось вертеть рукой, как у шарманки. Вращение оси при помощи бесконечного ремня передавалось диску, на который клали граммофонную пластинку.

Первые граммофоны гнусавили, шинели, хрипели, одни звуки усиливали, другие ослабляли. Словом, они работали очень плохо, и звук получался слабый. Постепенно их все улучшали, одновременно улучшалось и производство граммофонных пластинок. И, наконец, граммофон стал таким, каким вы его знаете.

Как устроен граммофон

Граммoфон распадается на следующие части: 1) часовой механизм, сообщающий движение тяжелому диску, на который кладется пластинка, 2) мембрана с иглой и 3) труба, т. е. тонарм с рупором для усиления звуков. На рис. 37 показан часовой механизм, вынутый из ящика. Вращая рукоятку, вы заворачиваете пружину так же, как это делаете в карманных часах. Раскручиваясь, пружина посредством целого ряда зубчатых колес передает свое движение оси граммофона и диску. Диск вращается. Когда граммофон работает, очень важно, чтобы диск, а следова-

тельно, и граммофонная пластинка вращались как можно равномернее. Конечно, часовой механизм будет вращать пластинку равномернее, чем рука. Но все же полной равномерности не будет. Тут нужно еще одно особое приспособление, которое управляло бы скоростью вращения диска, а именно, заставляло бы его вертеться вполне равномерно. Словом, нужен регулятор скорости вращения диска и притом такой, который действовал бы сам собой, т. е. автоматически.

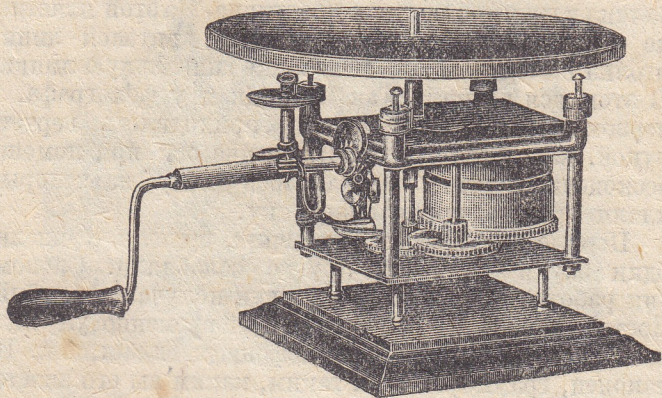
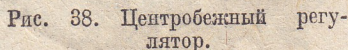


Рис. 37. Часовой механизм граммофона.

Такой регулятор отдельно изображен на рис. 38. Это — центробежный регулятор. Устроен он так: AB — ось, a и a — рычаги, заканчивающиеся тяжелыми шарами K и K . Другие концы этих рычагов прикреплены на шарнире к оси AB так, что они могут подниматься и опускаться. К шарам (или к рычагам a и a) приделаны тоже на шарнире стержни e и e , прикрепленные при помощи шарнира (5, 6) к колечку B . Колечко B свободно может передвигаться по оси AB вверх и вниз. На ось регулятора AB накидывается ременная передача от главной оси граммофона, той, на ко-

Теперь представьте себе, что диск стал вращаться быстрее, чем надо. Так же быстро стали вертеться и ось регулятора и тяжелые массивные шары K и K^1 . От этого шары разойдутся друг от друга и поднимутся кверху. Поднявшись вверх, они увлекут за собой рычаги e и e и поднимут таким образом вверх по оси колечко-муфточку B , к которой эти рычаги прикреплены. Вместе с колечком B поднимется и левый конец рычага $ГЛ$, а правый опустится, прижмет к одной из вращающихся колесиков $Д$ часового механизма



¹ Когда диск вращается очень тихо, эти шары почти прилегают к оси регулятора.

Таким образом тяжелые шары *K* и *K'* управляют скоростью вращения диска.

Кроме описанного регулятора, в граммофоне есть еще один регулятор, ручной. Передвигая его, мы по желанию можем изменить скорость вращения пластинок.

Самая главная часть граммофона это, конечно, не часовой механизм, а мембрана (рис. 39). Она пред-

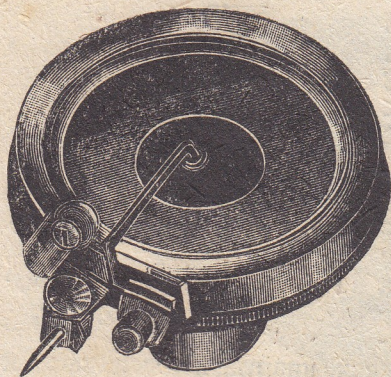


Рис. 39. Мембрана граммофона.

ставляет собой тонкую слюдяную пластинку, заключенную в металлическую коробку. Середина мембраны соединена с иглой. Колебания иглы передаются этой тонкой слюдяной перепонке.

Если мембрана хорошая, то и звук получается хороший, сильный. А при плохой мембране граммофон хрипит, шипит и т. д. Звук, издавае-

мый мембраной, попадает в изогнутую трубу, тонарь, и направляется в рупор.

Назначение рупора — усиливать звук.

Раньше делали рупоры длинные и узкие, думая, что только такие рупоры хорошо усиливают звук. Теперь стали устраивать короткие и широкие рупоры. Оказалось, что короткие рупоры ничуть не хуже длинных. На рис. 40 вы видите один из первых граммофонов, на следующем рисунке (рис. 41) — современный граммофон.

Существует много различных устройств (систем) граммофонов. Отличаются они, главным образом, мелочами — деталями. Вот, например, патефон. Па-

тефон — тоже граммофон. Только мембрана у него поставлена немного иначе и иголка не простая, стальная, а сделана из очень твердого камня — сапфира. Она никогда не тупится, поэтому ее и менять не надо.

А вот другой граммофон — безрупорный (рис. 42). В нижней отгороженной части ящика помещается

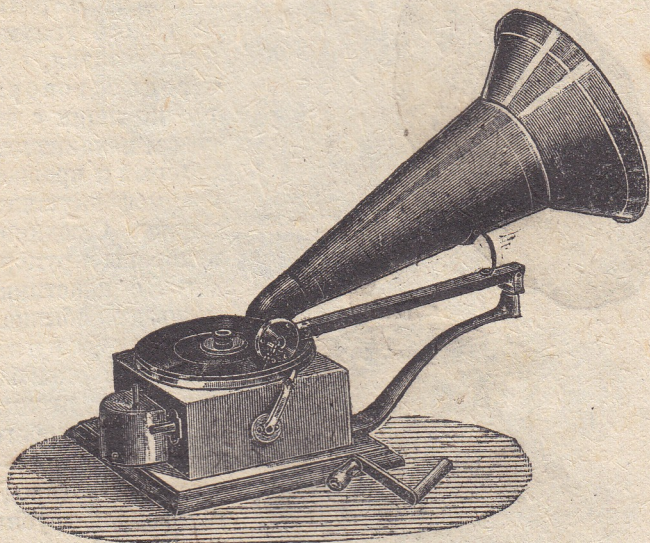


Рис. 40. Граммофон старого устройства.

часовой механизм, вращающий пластинку. Диск, пластинка, мембрана и тонарм находятся в верхнем отделении ящика. Звук по тонарму направляется вниз, в правую часть ящика. Она служит для усиления звука и заменяет собой рупор.

За последние годы появились новые типы граммофонов. Вот, например, очень маленький граммофон — почти карманный. Этот граммофон в сложенном виде представляет собой небольшую круглую коробку.

Эта коробка такой величины, что может влезть в карман. Рупора у такого граммофона нет. Играет он, конечно, слабее большого граммофона с рупором, но достаточно громко и чисто.

Есть еще граммофоны, представляющие собой соединение граммофона с радиоустановкой и громкоговори-

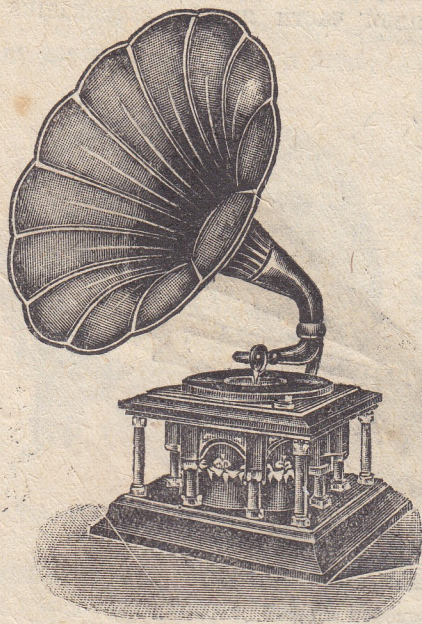


Рис. 41. Современный граммофон с коротким рупором.

рителем. В таком граммофоне - радио от самого граммофона остался, собственно говоря, только ящик с часовым механизмом, который и вращает граммофонную пластинку. Слюдяной мембраны и рупора нет. По пластинке скользит обычная граммофонная игла, и колебания этой иглы при помощи особого приспособления — «адаптера» (вроде телефонной трубки для радио) — превращаются в колебания электрического тока, который усиливается радио-

усилителями и действует на громкоговоритель.

Громкоговоритель воспроизводит таким образом звуки, записанные на пластинке.

Выгодность такого соединения граммофона с радио заключается в том, что звук получается значительно чище, и, кроме этого, можно достигнуть очень большой громкости его.

Как готовят граммофонные пластинки

Напевание пластинок (запись звуков) производится на особом граммофоне. Устроен этот граммофон очень тщательно. Вместо стальной иглки там особое очень твердое острие, сделанное из металла придия или сапфира. Непосредственно перед раструбом (ру-

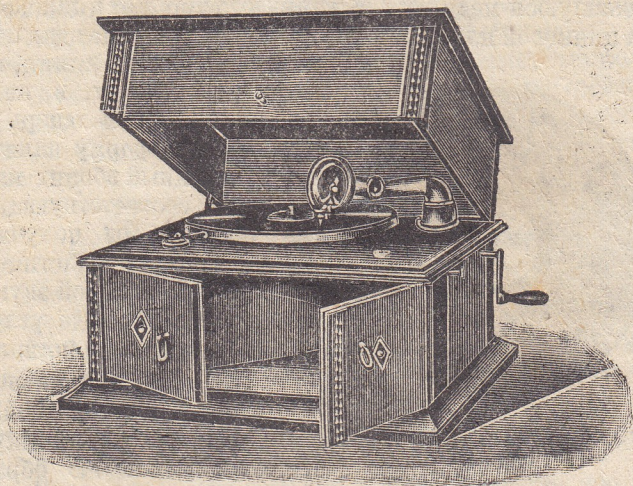


Рис. 42. Безрупорный граммофон.

пором) записывающего звук граммофона помещаются исполнители (оркестр, певец и т. д.). Звуки попадают в рупор и приводят в колебание мембрану, а от мембраны колеблется иглка. Запись звуков производится на хорошо отполированной цинковой пластинке. Для этого цинковая пластинка покрывается тонким слоем смеси воска с бензином. Этот восковый слой очень чувствителен, — даже прикосновение волоска оставляет на нем след. При записи звуков придиевое острие чертит на воске спиральную линию. После записи пластинка погружается в особый раствор, выедающий

(вытравляющий) все места, по которым прошло острие-иголка. На цинке получается вытравленная спиральная линия различной глубины. Остальная часть цинковой пластинки остается без изменения, потому что слой воска там не поврежден. Затем на цинковую пластинку при помощи электричества осаждают медь. Когда меди нарастает достаточное количество, образовавшуюся медную пластинку отделяют от цинковой. На цинковой пластинке звук записался в виде вдав-

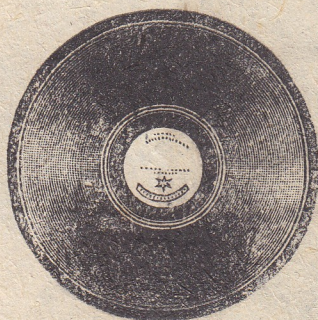


Рис. 43 Граммофонная пластинка.

ной спиральной линии, на медной, наоборот, в виде выпуклой. Если теперь в эту медную форму налить расплавленный эбонит или другой соответствующий материал, то мы получим граммофонную пластинку (рис. 43), на которой звуки изобразятся в виде углубленной спиральной линии (так же, как на цинковой пластинке). Вынув только что отлитую пластинку, мы точно таким же образом сделаем вторую, тре-

тью, четвертую и т. д., словом, получим сколько угодно копий. В последнее время вместо только что описанной звуковой записи пластинок стала широко применяться электрозапись. При этом исполнители помещаются в специально приспособленной для этого комнате (радиостудии). Звуки воздействуют на особое приспособление (микрофон), в котором звуковые колебания воздуха превращаются в колебания электрического тока. Электрический ток идет по проводам в другую комнату и усиливается при помощи радиоусилителей.

Во много раз усиленные колебания электрического тока приводят в движение иголку записывающего

граммофона. Иголка вычерчивает на восковом диске, который вращается граммофонным механизмом, спиральную линию, т. е. производит запись колебаний на пластинку.

Преимущество электрозаписи пластинок заключается в том, что колебания иголки будут значительно сильнее, чем при непосредственной звукозаписи. Кроме этого, в электрозаписывающей установке отсутствует рупор, а рупор, как известно, несколько искажает звук. Благодаря этому электрозаписанные пластинки дают более чистый и ясный звук, почти совершенно лишенный всяких искажений.

11. КАК САМОМУ ПОСТРОИТЬ ГРАММОФОН

Да, граммофон — хорошая вещь, полезное изобретение. Но, конечно, это — не радио. Радио живет сегодняшним днем, оно сообщает вам последние, самые свежие новости. Радио, это — великое достижение человеческого ума. Но уже завтра вы не услышите по радио того, что говорили вам сегодня.

А граммофон?

Граммoфон сохранит на долгое время то, что однажды было наговорено или напето, — речи давно умерших великих людей, пение, игру. По вашему желанию из прошлого встают ясные, живые голоса, вы слышите музыку, которая давным давно уже «растаяла в воздухе». И в этом хранении звуков огромное преимущество граммофона перед радио, в этом его большая ценность.

Но не у всякого есть возможность купить граммофон, не всегда есть деньги на такую «роскошь». И не только у отдельных граждан, но и у школ, у избитален и т. д., словом, там, где свободных денег мало, а то и вовсе нет.

И вот им-то я и рекомендую построить самодельный граммофон.

Такой самодельный граммофон построить самому нетрудно, а материалов на него пойдет немного.

Самые главные материалы: толстый картон, фанера, доски, гвозди, клей, немного парафина или воска, два железных стержня, несколько винтов.

А интересно: хорошо ли и громко ли будет петь, играть, говорить этот самодельный граммофон? Конечно, слабее и хуже настоящего, но все-таки достаточно

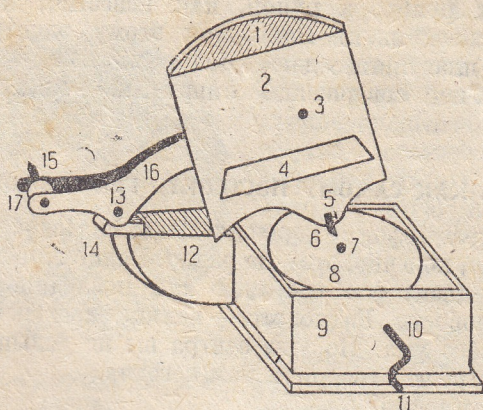


Рис. 44. Схема общего вида самодельного граммофона.

1 — крышка рупора, или верхняя стяжка; 2 — гупор-мембрана; 3 — болтик, прижимающий рупор-мембрану к держалке; 4 — нижняя стяжка рупора; 5 — держалка граммофонной иглки; 6 — граммофонная иглонка; 7 — вертикальная ось; 8 — тяжелый диск; 9 — ящик; 10 — горизонтальная ось; 11 — рукоятка; 12 — подставка рупора; 13 — болтик, на котором вращается держалка рупора; 14 — башмачок; 15 — гвоздь; 16 — держалка рупора; 17 — противовес.

хорошо, достаточно громко, ясно и отчетливо, чтобы разобрать каждое слово в любом месте большой комнаты.

Во всяком случае этот самодельный граммофон вполне вознаградит вас за затраченные средства и труд.

Чем отличается самодельный граммофон от настоящего?

В нашем самодельном граммофоне нет отдельной мембраны и отдельного рупора. Рупор и мембрана соединены вместе в одно целое (рис. 44).

Мембрана, это — большой кусок тонкой фанеры. К ней внизу прикреплена обычная граммофонная иглолка. На иглолку набегают выступы и углубления граммофонной пластинки, поэтому иглолка колеблется. Колебания иглолки передаются куску фанеры, т. е. мембране. Вся фанера-мембрана приходит в незаметное для глаза движение — она тоже колеблется. А колебания мембраны передаются воздуху и т. д.

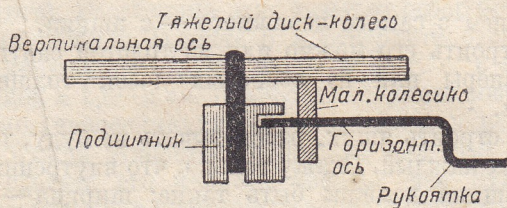


Рис. 45. Схема приспособления механизма, приводящего в движение пластинку.

Для того чтобы направить звук, издаваемый мембраной, более сжатым пучком, фанеру-мембрану сгибают (рис. 44), от этого громкость звука значительно повышается.

Таким образом из куска фанеры у нас получается мембрана, а согнув мембрану, мы устраиваем рупор.

Другая разница — в механизме, вращающем пластинку. Тут никакой пружины нет. Вы просто вертите рукоятку граммофона, как и шарманку. Вследствие этого вертится и горизонтальная ось граммофона (рис. 45). А на оси укреплено небольшое колесико, на которое надавливает тяжелый диск-колесо, укрепленное на вертикальной оси. Поэтому, когда вы начнете вертеть рукоятку граммофона, маленькое колесико передаст свое движение тяжелому диску, и диск

вместе с лежащей на нем пластинкой станет вращаться.

Передвинув маленькое колесико (по горизонтальной оси) ближе к подшипнику, можно получить более быстрое вращение диска; отодвинув, наоборот, более медленное.

Вот два самых главных отличия этого самодельного граммофона от настоящего.

Ну, а теперь давайте строить.

Ящик

Начнем с самого неважного — с ящика.

Построить его можно или из толстой сантиметровой фанеры или из сосновых досок толщиной в 1—2 см.

Как строить ящик, рассказывать не буду, так как это знает каждый. Скажу только, что внутренние размеры ящика должны быть такие: ширина — 33 см, длина — 33 см, высота — 12 см.

Еще раз повторяю, — это размеры ящика внутри, а не снаружи. Хорошо к ящику приделать откидную фанерную крышку, тогда он будет меньше пылиться.

О приспособлении (механизме), вращающем пластинку

Механизм, вращающий пластинку, состоит из пяти частей. Эти части такие: 1) горизонтальная ось с рукояткой, 2) подшипник, 3) вертикальная ось, 4) колесо и катушка, 5) тяжелый диск (рис. 45).

Этот механизм надо строить очень тщательно, не спеша. Это — самая главная и самая трудная для постройки часть граммофона. Постройку производите в таком порядке.

1. Сделайте горизонтальную ось с рукояткой, для чего согните железный или медный стержень диамет-

ром (поперечником) ¹ 0,7 см, а длиной 46—50 см, как показано на рис. 46.

Это — ось и вместе с тем рукоятка, которой вы будете вертеть.

2. Теперь сделайте *подшипник* (рис. 47) следующим образом. Из куска яблони или какого-нибудь другого твердого дерева выстругайте брусок 8×5×7 см. На бруске отметьте карандашом две точки. Одну *А* — на верхней грани брусочка, а другую *Б* — на передней.

Расстояния этих точек от ребер брусочка видны на рисунке. В точке *Б* просверлите отверстие, равное диаметру горизонтальной оси, т. е. в 0,7 см, а глубиной в 1,5—2 см. Отверстие сверлите совершенно прямо (перпендикулярно, нормально) к передней грани. Чтобы отверстие *Б* вышло как раз впору, лучше сделать его немного меньше, чем нужно, а потом постепенно растачивать круглым напильком или



Рис. 47. Подшипник (размеры в см).

шкуркой, навернутой на гвоздь.

3. *Вертикальная ось* (рис. 45), это — та ось граммофона, на которой будет наглухо закреплен тяжелый диск. Эта ось — просто железный или стальной стержень (или болтик с отпилен-

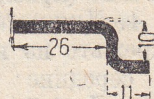


Рис. 46. Горизонтальная ось с рукояткой.

¹ В дальнейшем изложении слово «диаметр» (поперечник) будем иногда обозначать для краткости одной буквой *Д*.

Для этой вертикальной оси в подшипнике просверлите насквозь отверстие A ($D=0,6$ см). Само собой разумеется, отверстие A надо сверлить совершенно отвесно (прямо) к верхней грани подшипника.

4. Для изготовления колесика и катушки (рис. 48) вырежьте из картона несколько кружочков $D=8$ см. В середине каждого кружочка сделайте отверстие $D=0,7$ см. Кружочков нарежьте столько, чтобы они, плотно сжатые и склеенные, образовали колесико толщиной около 0,5—0,7 см.

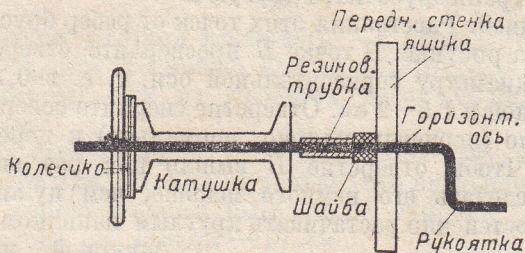


Рис. 48. Колесико и катушка на горизонтальной оси.

Из фанеры выпилите два кружка $D=7$ см, с отверстием посередине $D=0,7$ см. Смазав картонное колесико клеем, зажмите его между двумя фанерными кружками и сбейте их маленькими гвоздями. Таким образом из фанеры и картона получилось колесико. Теперь нам надо укрепить это колесико на горизонтальной оси. Одно колесико туго сидеть на оси не будет, оно станет скользить.

Тут поможет обычная катушка из-под ниток¹, только не маленькая, а большая. Эта катушка имеет в длину около 6 см, внутри у нее отверстие диаметром около 0,7 см.

¹ Вместо катушки можно взять круглую или квадратную палочку. Это дела не меняет. Только в такой палочке довольно трудно просверлить отверстие для оси.

Катушка надевается на ось очень туго и держится на ней очень крепко.

Чтобы скрепить катушку с колесиком, в бортике катушки и в колесике сделайте по отверстию и вставьте в них какой-нибудь подходящий винтик или гвоздик.

Сборка

Теперь подшипник, горизонтальную ось, колесико и катушку надо укрепить в ящике. Для этого на дне ящика из угла в угол проведите карандашом две линии. Пересечение этих линий даст ту точку (рис. 49), над которой должно находиться отверстие *А* и, следовательно, вертикальная ось граммофона.

Просунув через отверстие *А* в подшипнике карандаш, уприте его острием в точку пересечения этих линий (*КЛ* и *ОЕ*, рис. 49). Затем поставьте подшипник параллельно стенкам ящика и отметьте на дне положение подшипника (помечено на рис. 49 пунктиром).

В стенке ящика, находящейся против отверстия *Б* (подшипника), отметьте точку. Эта точка должна находиться от дна ящика на расстоянии 5 см, а от боковых стенок на равном расстоянии. В отмеченной точке просверлите отверстие для горизонтальной оси, просуньте через него эту ось и наденьте на нее одно за другим: шайбу, резиновую трубку¹,

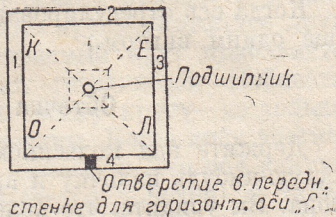


Рис. 49. Дно ящика. 1, 2, 3, 4 — боковые стенки ящика.

¹ Длинной 3—4 см. Резиновая трубка мешает горизонтальной оси (при вращении рукоятки) выдвигаться из граммофона.

катушку с колесиком ¹, и, наконец, еще две шайбы ².

После этого конец горизонтальной оси вдвиньте в отверстие (Б) подшипника. Подшипник временно приверните ко дну ящика одним винтом ³ и вращайте рукоятку граммофона.

Если отверстия просверлены не совсем правильно, ось будет вертеться туго. Чтобы устранить это, подложите в соответствующих местах под подшипник кусочки картона или, наоборот, немного состругайте подшипник. Словом, добейтесь того, чтобы ось ходила совершенно свободно (отверстия заранее надо смазать вазелином).

Когда ось отрегулирована, прикрепите подшипник еще одним винтом.

Обточка колесика

Держите над колесиком совершенно неподвижно какую-нибудь палочку и вращайте рукоятку граммофона. Вы увидите, что колесико (вернее, его верхний край) то подходит к неподвижной палочке ближе и касается ее, то, наоборот, отходит дальше от нее. Словом, просвет между краем вращающегося колесика и неподвижной палочкой все время меняется. Это происходит оттого, что горизонтальная ось граммофона проходит через колесико не точно в его середине.

Недостаток этот устраняется так. Вместо палочки держите над колесиком неподвижно плоский напильник. При вращении оси выступающие части колесика будут задевать за напильник и стачиваться. В конце концов, напильник совершенно сточит все неровности колесика, и оно станет вполне правильным. Тогда просвет между напильником и вращающимся коле-

¹ Катущку и колесико надо скрепить друг с другом, как об этом уже говорилось.

² Эти две шайбы должны быть толщиной около 1 см.

³ Винт лучше ввинчивать с нижней части дна ящика.

сиком все время будет оставаться одинаковым. Эта работа очень скучная. Однако ее необходимо сделать как можно лучше.

Тяжелый диск

Из толстого картона вырежьте круги диаметром в 30 см. В середине каждого круга сделайте отверстие около 0,8 см диаметром.

Картонных кругов надо нарезать столько, чтобы они, плотно сжатые, образовали диск толщиной $2\frac{1}{2}$ —3 см.

Эти картонные круги надо склеить, накладывая их один на другой. Для большей прочности и для того, чтобы круги как можно лучше склеились друг с другом, каждый приклеиваемый круг прибивайте к предыдущим небольшими гвоздиками. Набивать гвозди надо равномерно по всему кругу—не только у его краев, но и около середины. Когда диск достигнет указанной толщины, положите его под какую-нибудь солидную тяжесть (ведро с водой) и дайте хорошенько просохнуть.

Из толстого листового железа вырежьте два кружочка $D=6$ —7 см, с отверстием $D=0,6$ см. Затем на вертикальную ось навинтите до конца нарезки гайку. За гайкой на ось наденьте шайбу, железный кружок, картонный тяжелый диск, опять железный кружок и опять шайбу. Все это зажмите второй гайкой.

Ось тяжелого диска вставьте в отверстие A подшипника (рис. 47). Диск своей тяжестью (а он весит 1—2 килограмма) давит на колесико, укрепленное на горизонтальной оси. Поэтому движение горизонтальной оси передается диску.

Держите над диском (лучше у его края) неподвижно какую-нибудь палочку и вращайте рукоятку граммофона. Вы увидите, что просвет между неподвижной палочкой и диском все время меняется: то он получается большой, то маленький. Диск то отходит от

неподвижной палочки, то, наоборот, прикасается к ней. Это происходит оттого, что вертикальная ось не совсем отвесно проходит через диск. Постарайтесь выправить диск руками. Нажмите на ту его часть, которую надо опустить, и опять наблюдайте.

Наконец, когда вы достигнете того, что просвет между диском (недалеко от его края) и неподвижной палочкой будет изменяться очень мало (скажем, на $\frac{1}{2}$ см), грубая регулировка окончена. Тогда заверните верхнюю гайку как можно туже.

Затем растопите парафин (или воск) и кисточкой, сделанной из тряпки, намажьте весь диск парафином. Когда парафин застынет, смажьте еще раз, потом еще несколько раз, — словом, до тех пор, пока на всем диске не образуется слой парафина толщиной миллиметра в 2—3.

Далее смазывайте растопленным парафином только те места диска, которые надо поднять. Смазку прекратите тогда, когда эти более низкие части диска станут выше остальных. А потом, когда парафин застынет, вращайте рукоятку граммофона. Над вращающимся диском держите неподвижно и наклонно обычный столовый нож так, чтобы он соскабливал парафин с более высоких мест диска. В конце концов, ножик сточит весь лишний парафин, и диск станет совершенно ровным, никакого перекаса не будет. Это вы узнаете по тому, что просвет между диском и неподвижной палочкой будет оставаться одним и тем же.

Вы вращаете рукоятку граммофона и слышите какие-то стуки. Эти стуки повторяются через одинаковые промежутки времени, если вращать рукоятку равномерно. Они происходят оттого, что нижняя часть диска (та часть, которая прикасается к колесику) не гладкая, а шероховатая. Там имеются выступы и углубления (шляпки от гвоздей, следы от ударов молотка и т. д.). Маленькое колесико набегает на эти неровности и стучит.

Устраняется этот недостаток смазыванием нижней части диска напильником. А потом из гладкого, плотного картона (бристольского) вырежьте два кружка около 20 см диаметром с отверстием посредине, немного большим, чем диаметр гайки. Эти кружочки приклейте к диску, сначала один, а потом на него другой. Теперь стуков не будет—диск вращается почти без шума.

Самая главная, самая трудная и скучная работа окончена. Остались пустяки.

Как играет открытка

Я думаю, вам надоело строить? Поэтому давайте немного отдохнем и сделаем несколько интересных опытов. Они вам многое объяснят.

Вот хотя бы такой опыт. Возьмите открытку и обрежьте ее уголок так, чтобы он был твердый и острый. Положите на диск граммофонную пластинку и, легонько придерживая открытку двумя пальцами левой руки, уприте ее остриженный конец в нарезку граммофонной пластинки. Теперь вертите рукоятку граммофона правой рукой. Вы услышите слабые, едва слышные звуки, в точности воспроизводящие то, что записано на граммофонной пластинке. Попробуйте держать открытку, не свободно, а немного нажимая. Звук усиливается.

У нас получилась самая простая мембрана — мембрана из открытки. Но скоро острый конец открытки сотрется о нарезку пластинки, и наша мембрана перестанет играть. Остригите конец открытки, и опять дело пойдет на лад. Вместо того чтобы каждый раз стричь открытку, возьмите обычную граммофонную иглоку и проткните ею два раза угол открытки. Иголочка будет крепко держаться в открытке. Сделайте опять тот же опыт. Звук значительно усилится, и уже решительно все можно будет разобрать. Тут колебания иглоки передаются открытке, а от по-

следней частичкам воздуха, почему вы и слышите звук.

Можно еще больше усилить звук. Из бумаги сверните небольшую воронку. В острие воронки вставьте граммофонную иглу и как-нибудь етам укрепите, например сургучом. Звук будет сильнее, но все-таки еще сравнительно слабый.

Во всех этих опытах можно вместо картона брать фанеру. В первом опыте открытку можно заменить небольшим куском фанеры (скажем, в тетрадный лист), а граммофонную иглу прижать к фанере двумя-тремя кнопками (для бумаги). С фанерной мембраной звук куда сильнее, — можно слушать (при полной тишине) уже метра за 3—4.

Но и этого нам мало, — надо еще громче, сильнее и яснее. Достичь этого можно, устроив из фанеры приспособление, показанное на рис. 44 (рупор-мембрана). Тут уже получится вполне громко.

После этих предварительных опытов мы и приступим к постройке рупора-мембраны. Только предупреждаю: увеличивать размеры не надо — все равно громче не получится. Уменьшать тоже не следует — будет тише.

Фанеру нужно достать самую хорошую и тонкую (миллиметра в полтора).

Рупор-мембрана

Это приспособление состоит из: 1) подставки для прикрепления рупора, 2) башмачка, 3) держалки рупора, 4) собственно рупора-мембраны, 5) держалки для граммофонной иглки.

1. *Подставка для рупора* (рис. 50) делается так. Из тонкой фанеры выпиливаются две дощечки А и Б, указанных на чертеже размеров (в сантиметрах). Из сосновой доски выстругиваются две дощечки В и Г. В дощечке Г, по средней линии, в двух-трех сантиметрах от ее узкого конца просверливается от-

верстие $D=0,6-0,7$ см. Через это отверстие пройдет болтик, на котором будет вращаться башмачок. Дощечки А, Б, В и Г собираются и скрепляются винтами так, как показано на рис. 51. Поместив

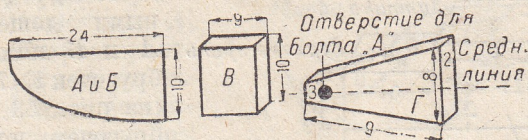
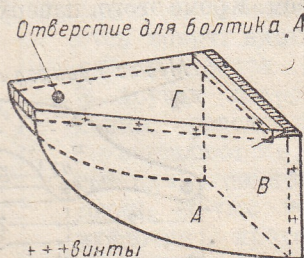


Рис. 50.

подставку вровень с левой стенкой ящика и на расстоянии 4—5 см от задней стенки, привинтите ее двумя-тремя шурупами.

2. Из куска дерева сделайте что-то вроде башмачка (рис. 52). Размеры указаны на рисунке в сантиметрах. На верхней и на передней грани башмачка отметьте две точки А и Б. В этих точках башмачок просверлите насквозь, причем в точке А просверлите отверстие в 0,6 см, а в точке Б в 1 см. К башмачку подберите два болтика А и Б. Тот болтик А, который будет проходить через отверстие А, должен иметь длину 7—8 см, а диаметр — Б около 0,6 см, другой имеет длину 5—6—7 см, а диаметр 1 см.



3. Для держалки рупора (рис. 53 и 54) выпилите из фанеры две дощечки А и Б. На дощечках отметьте

три точки (№ 1, № 2, № 3). В этих точках просверлите подходящего размера отверстия. Имейте в виду, что через отверстие № 1 будет проходить небольшой болтик В, прикрепляющий держалку к рупору, че-

Рис. 51. Подставка для рупора.

рез отверстие № 2 — болтик *Б* башмачка, а через № 3 — простой гвоздь или винт. На этот винт или гвоздь вы повесите небольшой свинцовый груз (противовес).

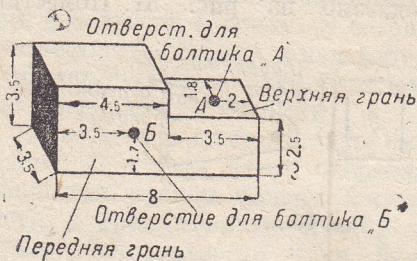


Рис. 52. Башмачок.

Между фанерными дощечками *А* и *Б* поместите брусочек $2 \times 7 \times 4$ см (на рис. 53 и 54 брусочек показан пунктиром) и привинтите дощечки к брусочку. Теперь прижмите фанерные дощечки друг

к другу около отверстия № 1. Держалка рупора примет вид, изображенный на рис. 54.

4. Для рупора-мембраны (рис. 55) из тонкой фанеры выпилите прямоугольник с выступом. Размеры указаны на рисунке. В этом прямоугольнике просверлите отверстие № 1 по размерам того маленького болтика *В*, который будет скреплять держалку с рупором. Кроме этого, наверху рупора-мембраны сделайте

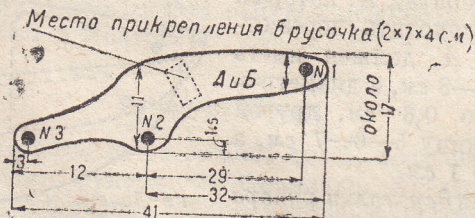


Рис. 53. Фанерные держалки (*А* и *Б*, две) для рупора-мембраны.

три прореза *А*, *Б* и *В*, а внизу наклонно два — *Г* и *Д*. Длина каждого из этих прорезов около 3 см, а ширина равна толщине фанеры.

Из той же фанеры выпилите нечто вроде полукруга указанных на рисунке размеров (рис. 56) с тремя выступами А, Б и В. Эти выступы продеваете через прорезы А, Б и В в рупоре-мембране.

В выступах А, Б и В просверлите отверстия и вставьте в них маленькие гвоздики. Эти гвоздики мешают рупору распрямляться. Так же приладьте к рупору верхнюю фанерную стяжку (рис. 57). На рисунке 54 виден уже собранный рупор-мембрана.



Рис. 54. Держалка рупора-мембраны в собранном виде.

5. Теперь вам остается приладить к рупору держалку для иглки. Устроить ее самому трудно. Гораздо проще разыскать старый, испорченный патрон от электрической лампочки и развинтить его. В некоторых патронах провода, которые в него входят, обертываются вокруг винтика и зажимаются им. В других патронах концы проводов просто вставляются в медные цилиндрики-муфточки, а уже через муфточки проходит винт, который и зажимает провода. Этим муфточки-цилиндрики

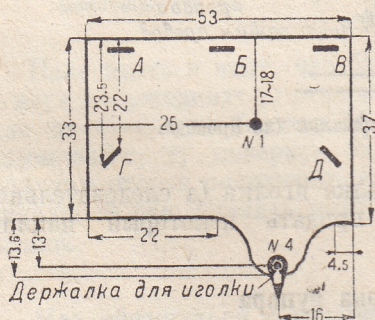


Рис. 55. Рупор-мембрана.

обычно составляют одно целое с небольшой изогнутой металлической пластинкой, которая винтом, проходящим сквозь фарфор, укрепляется как раз по середине патрона.

Иногда почти такие же приспособления встречаются в выключателях, штепселях и т. д. (рис. 58).



Рис. 56. Нижняя стяжка
[рупора.]

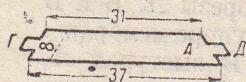


Рис. 57. Верхняя стяжка
(потолок) рупора.

Вы вывинчиваете эту пластинку и разгибаете ее (рис. 59). В рупоре делаете отверстие № 4 и, пропустив через фанеру винтик, ввинчиваете его в металлическую пластинку как можно туже, а в цилиндрик вставляете обычную граммофонную иглку и зажимаете



Рис. 58. Держалка для провода.

ее винтиком. Держалке иглки (а следовательно, самой иглке) надо придать некоторый наклон (рис. 60).

Сборка рупора

В отверстие А подставки рупора вставьте болтик А так, чтобы его головка была внизу. На болтик наденьте две-три шайбы, а на шайбы башмачок отверстием А и зажмите, но не очень туго, гайкой. Затем через отверстие № 2 держалки рупора проденьте болтик Б. Болтик просуньте через отверстие Б в башмачке

и через отверстие № 2 в задней дощечке держалки рупора и закрепите гайкой.

Через отверстие № 1 в дощечках держалки А и В проденьте болтик. Тот же болтик пропустите через отверстие № 1 в рупоре и крепко заверните гайкой. При этом рупор-мембрану ставьте так, чтобы иголка была наклонена к диску на 45° и не доходила бы до вертикальной оси граммофона на 1—1½ см.

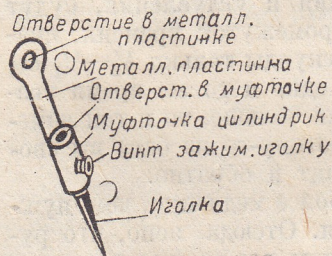


Рис. 59. Держалка для граммофонной иголки.

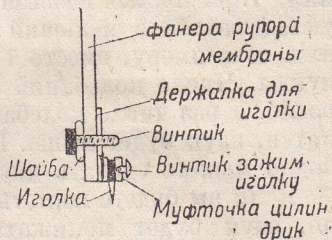


Рис. 60. Держалка для иголки уже прилажена к рупору.

Надо иметь в виду, что башмачок можно ставить в двух положениях: 1) в первом положении расстояние от отверстия болтика А до вертикальной оси наименьшее; 2) повернув башмачок на полоборота получим второе положение, самое удаленное от вертикальной оси. Ставить надо в самом дальнем положении.

Как обращаться с построенным граммофоном

Граммoфон построен и своим видом скорее напоминает какой-нибудь летательный аппарат, чем граммофон. Однако он играет, и не так уж плохо. Первое время у вас будет выходить неважно, ибо без привычки сразу не научишься вертеть рукоятку граммофона равномерно. Если вы начнете вертеть чересчур бы-

стро, у вас бас какого-нибудь артиста может превратиться в дискант. Отчего это происходит, я думаю, ясно.

Когда записывали, граммофонная пластинка вертелась с определенной быстротой. Какой-нибудь звук на ней запечатлелся в виде определенного числа углублений и возвышений, т. е. определенным числом колебаний в одну секунду. Теперь, когда вы станете вертеть пластинку быстрее, чем надо, те же колебания, т. е. те же возвышения и углубления, будут укладываться в меньший промежуток времени, скажем к примеру, вместо 1 секунды только $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ секунды. Число колебаний в одно и то же время возросло, а раз число колебаний больше, то и тон изменится, звук будет выше. Поэтому-то из баса вы свободно можете сделать дискант и обратно.

Если вы будете вертеть более медленно, чем нужно, звук будет понижаться. Отсюда ясно, что ручку граммофона надо вертеть все время как можно равномернее, только тогда у вас и будет получаться хорошо.

Научиться равномерно вертеть ручку граммофона не так трудно, как кажется с первого взгляда. Всего скорее можно достигнуть равномерности, если вы будете вертеть ручку, двигая не всей рукой, а только кистью. Вращать ручку нужно против движения часовой стрелки.

Слушать построенный вами граммофон надо не чересчур близко, не вплотную к рупору. Издали, метрах в 4—5, слышно куда лучше, чем ближе, слова вполне разборчивы, и шума от вращения механизма почти не заметно.

Обращайтесь с граммофоном осторожно, не портите пластинок! Не зажимайте болтик А башмачка чересчур туго. Не затрудняйте этим движения иголки и самого рупора в горизонтальной плоскости. Если вы этот болт зажмете туго, иголка, вместо того чтобы из одного витка граммофонной пластинки идти в дру-

гой, станет все время ездить по одному и тому же виту. Граммофон будет играть одно и то же.

Это раз. А второе: рупор достаточно тяжел и чересчур сильно надавливает иглой на пластинку. Поэтому лучше на левый конец держалки рупора подобрать какой-нибудь подходящий груз (противовес). Величину необходимого груза найдете из опыта. Тогда игла не будет так сильно давить на пластинку, а слышимость не изменится.

Построенный вами граммофон доставит вам много приятных минут. Ведь самодельный, а играет хорошо.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Как возникает звук	3
2. Чем передается звук	11
3. О строении воздуха и других тел	13
4. Как передает воздух колебания звучащих тел	17
5. Как мы слышим	23
6. Скорость и высота звука	24
7. Почему мы отличаем один музыкальный инструмент от другого	26
8. Резонанс	28
9. Наш голос	31
10. Граммофон и его предшественники	34
11. Как самому построить граммофон	49

Цена 1 руб.
ТТ 13-6-4

195 1/2

1/8 1/1

1/8