Алексей
НАСРЕТДИНОВ

Буравчик
НА ЗВУКОВЫХ ВОЛНАХ

Что мы слышим,
и как это звучит?



Алексей Насретдинов

Буравчик на звуковых волнах. Что мы слышим, и как это звучит?

«Бослен»

2014

УДК 087.5:78.01
ББК 85.988

Насретдинов А. А.

Буравчик на звуковых волнах. Что мы слышим, и как это звучит? / А. А. Насретдинов — «Бослен», 2014

ISBN 978-5-91187-187-1

В книге «Буравчик на звуковых волнах» физик и музыковед Алексей Насретдинов рассказывает: Почему у людей разные голоса? Почему в самолете «закладывает» уши? Можно ли услышать, как караси завтракают? Как музыка появляется в голове у композитора? Кто и как придумал ноты? И еще о многом-многом другом, связанном со звуками, музыкой, музыкальными инструментами.

УДК 087.5:78.01
ББК 85.988

ISBN 978-5-91187-187-1

© Насретдинов А. А., 2014
© Бослен, 2014

Содержание

Обращение к читателям, или Когда автор был маленьким 7
Очень важное знакомство. Писатель и звук 9
Голос Буравчика, Босленки и других 15
Буравчик и два его уха 20
Дядя Рабиндранат, Буравчик и окружающие их звуки 26
Конец ознакомительного фрагмента. 31

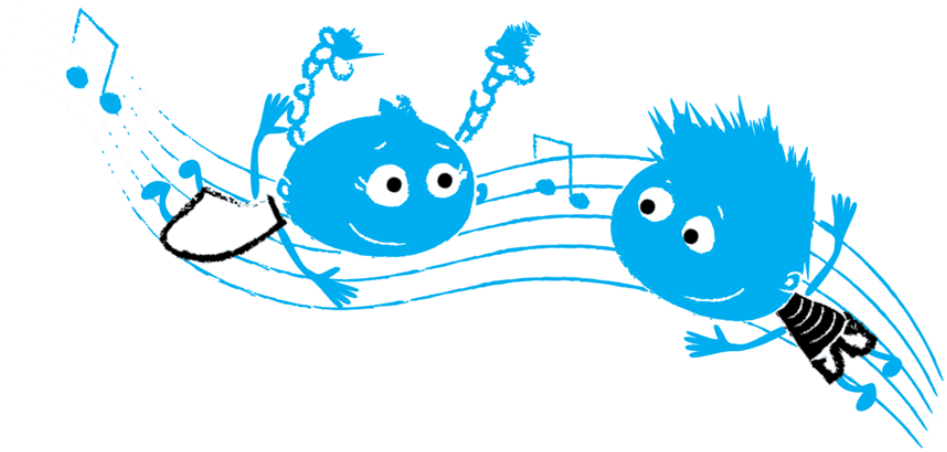
Алексей Насретдинов
Буравчик на звуковых волнах. Что мы слышим, и как это звучит?

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России (2012–2018 годы)»

© Насретдинов А.А., 2014
© Наумова М.И., иллюстрации, 2014
© ООО «Бослен», издание на русском языке, оформление, 2014

⁂





Обращение к читателям, или Когда автор был маленьким

Дорогие друзья, маленькие и большие!

Вы взяли в руки мою книжку «Буравчик на звуковых волнах».

Зачем я ее написал? Думаете, я знаю? Не знаю.

Когда я был маленьким, но уже немножко большим и учился в школе, у меня была куча вопросов. Да и сейчас куча не меньше. Но сейчас я хоть примерно представляю себе, как эту кучу разгребать. А тогда?..

С точки зрения взрослых, вопросы были глупые. Почему бывает радуга и зачем? Откуда взялся первый звук? Почему скрипка звучит «так», а орган «не так»? Почему музыка звучная? Как устроено ухо? Зачем нужны черные клавиши? И множество других вопросов.

Я учился в музыкальной и физико-математической школах, вокруг были умные взрослые, но ни родители, ни учителя то ли не хотели, то ли просто не умели отвечать на подобные вопросы.

Став взрослым и почти умным, я понял, что глупых вопросов не бывает, бывают только глупые ответы. И «детские» вопросы – одни из самых интересных для настоящих ученых.

Вот мы и попробовали собрать реальные «детские» вопросы детей 1–5-х классов. Вопросы получились бессистемными, что понятно, зато честными – взрослые за детей их не придумывали. И именно на них я постарался ответить в этой книжке.

Хотим поблагодарить за помощь в создании этой книги:

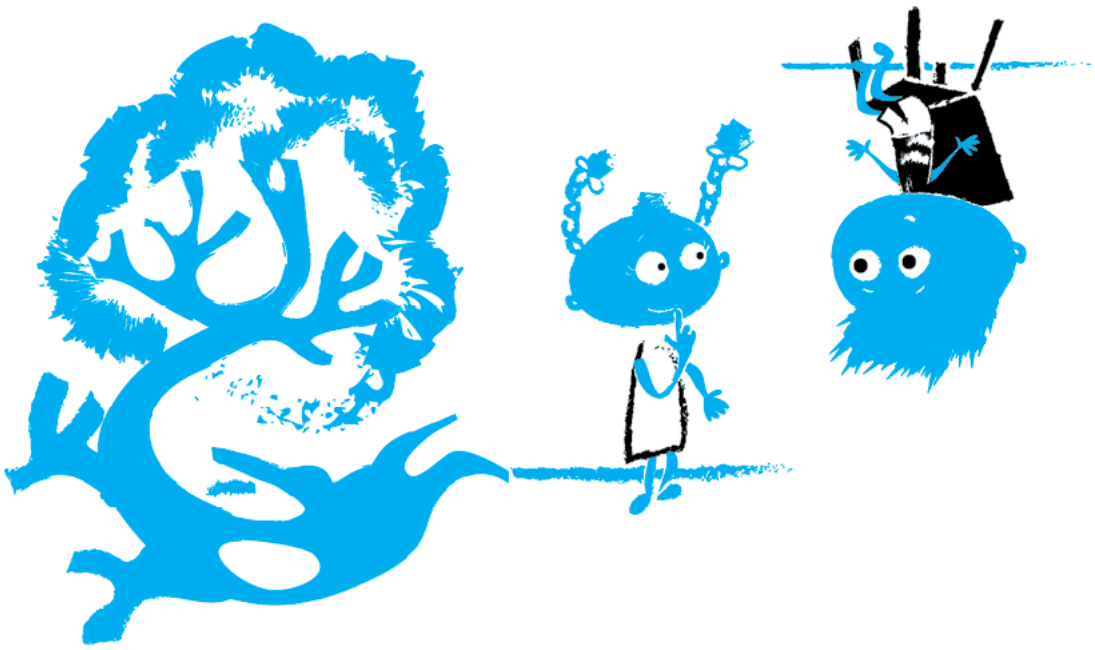
ГБОУ СОШ № 967, средняя общеобразовательная школа (Москва),

МБОУ Школа-интернат среднего (полного) общего образования (Чукотка, п. Провидения).

Так уж получилось, что тут собрались вопросы о музыке и физике. Ну и что? Это ведь очень интересно.

Читайте эту книжку вместе со взрослыми, если вы ребенок; или вместе с детьми, если вы уже стали взрослым; или читайте самостоятельно, если сами не знаете, кто вы. Я вот, например, не знаю.

Какая разница, большой вы или маленький? Главное, у вас есть вопросы, а у меня – ответы на них. И вместе нам очень интересно!



Очень важное знакомство. Писатель и звук
Почему собственный голос в записи – «противный»?

Буравчик и Босленка шли домой из школы. Уже хотелось кушать. Но до дома еще далеко, метров пятьсот, наверное.

По дороге они, как обычно, обсуждали прожитый, правда, еще не до конца, день.

– Почему нас рассадили, Босленка? Не правы они, – рассуждал Буравчик.

– Ты же болтаешь на уроках!

– Ничего я не болтаю, только ногами. Чего у них стулья такие высокие?

– Это не стулья высокие, а кто-то очень любопытный, не знаешь кто?

– Кто?

– Ты!

– Так учительница говорит все время – ей можно? Вот и я говорю. Я даже меньше говорю, чем она. Просто она громко говорит, и мне тоже приходится громче говорить.

– А я из-за этого ничего понять не могу – ни что учительница говорит, ни что ты говоришь.

Так они беседовали, приближаясь к дому.

Буравчик, мужчина младшего школьного возраста, действительно был очень любопытным и дотошным. Его интересовало все. Почему деревья растут? Почему они растут вверх, а не вниз, ведь все падает вниз, если отпустить? Почему дует ветер и куда он дует? Почему есть девочки и мальчики? И еще сотни самых разных вопросов.

Босленка, маленькая рассудительная соседка Буравчика по парте и по дому, дружила с ним, ужасным непоседой, потому что с ним было невероятно интересно. Босленка училась музыке, играла на скрипке. Она тоже была любопытной, но она была девочкой, а девочки часто бывают более воспитанными, и это вредит любопытству.

А еще у Буравчика был страшный секрет. Он переписывался с настоящим писателем, сам переписывался. Ни папа, ни мама Буравчика даже не были знакомы с писателем.

Однажды мама Буравчика взяла его в библиотеку. Маме нужно было найти там какие-то важные документы: она была бухгалтером и постоянно работала с документами. Как можно работать с документами, Буравчик не очень понимал, но мамину работу уважал. В библиотеке мама пошла в читальный зал, а Буравчика туда не взяла, ведь в читальном зале у всех сосредоточенные лица и там очень тихо. А Буравчик не умел делать сосредоточенное лицо, по крайней мере надолго, и тихим он быть просто не умел. Поэтому мама посадила его в соседнем зале. Там шла встреча творческой молодежи и творческих взрослых с настоящим взрослым писателем. Творческие личности задавали писателю очень умные и важные вопросы:

– Какие ваши творческие планы?

– Какова ваша целевая аудитория?



– Какие тиражи вы считаете приемлемыми с финансовой точки зрения?

Буравчик ничего не понимал в этих вопросах; наверное, они были очень интересными, но писатель все время пытался зевнуть. Не выспался, что ли?

– Вы что, не выспались? – неожиданно спросил Буравчик писателя.

В аудитории зашикали на мальчика, задавшего неумный вопрос. Но писатель вдруг улыбнулся и сказал:

– Не выспался. Пытался фотографировать Луну с балкона, но ничего не получилось, туман был.

– А почему бывает туман? – спросил Буравчик.

На Буравчика опять зашикали: «Спросишь у папы дома, не отвлекай писателя». Но писатель, наоборот, приободрился и обрадовался «неумному» вопросу.

– Я тебе расскажу, молодой человек, после встречи. Как тебя зовут? Буравчик? Какое замечательное имя! Не уходи, скоро мы закончим и поговорим.

Читательская аудитория еще немного попытала писателя вопросами, но надолго их не хватило. А Буравчик ёрзал на стуле и никак не мог дождаться окончания творческого вечера.

– Ну, молодой человек, откуда ты такой взялся-то? – спросил писатель Буравчика.

– Мама говорит, что они с папой меня задумали.

– Это, конечно, правда, а где твои родители?

– Мама в читалке, а папа лимонад делает.

– Как это?

– Ну, это сложный процесс, я сам еще до конца не понимаю. Что-то там он подыскивает, кажется, ингредиенты. А вы хорошо в школе учились?

– Нормально, – улыбнулся писатель. – А ты компьютером пользоваться умеешь?

– Конечно! У меня есть планшетник! Мне его дядя подарил на день рождения!

– Отлично! Ты мне очень понравился, мне кажется, мы могли бы быть полезными друг другу.



– А какая от меня польза?

– Ну, ты очень любопытный, а мне нужен свежий взгляд на вещи, про которые я пишу, и нет ничего лучше детских вопросов. А ты можешь мне в любое время задавать вопросы, самые разные, самые глупые. Конечно, ты понимаешь, глупых вопросов не бывает, бывают только глупые ответы.

– Ух ты! Правда, можно вам писать?

– Правда, правда. Вот мои контакты в Интернете, пиши, Буравчик. Ну, пока.

Буравчик спрятал визитную карточку писателя в портфель и пошел искать маму. Мама уже поработала с документами и шла навстречу Буравчику.

– Мама, а я с писателем познакомился! – сказал Буравчик.

– Фантазер ты мой, пойдем домой быстренько, ужинать пора.

И они пошли домой. А Буравчик все думал, какой же вопрос задать писателю? Какой-нибудь умный, вроде: «Какие у вас творческие планы?»

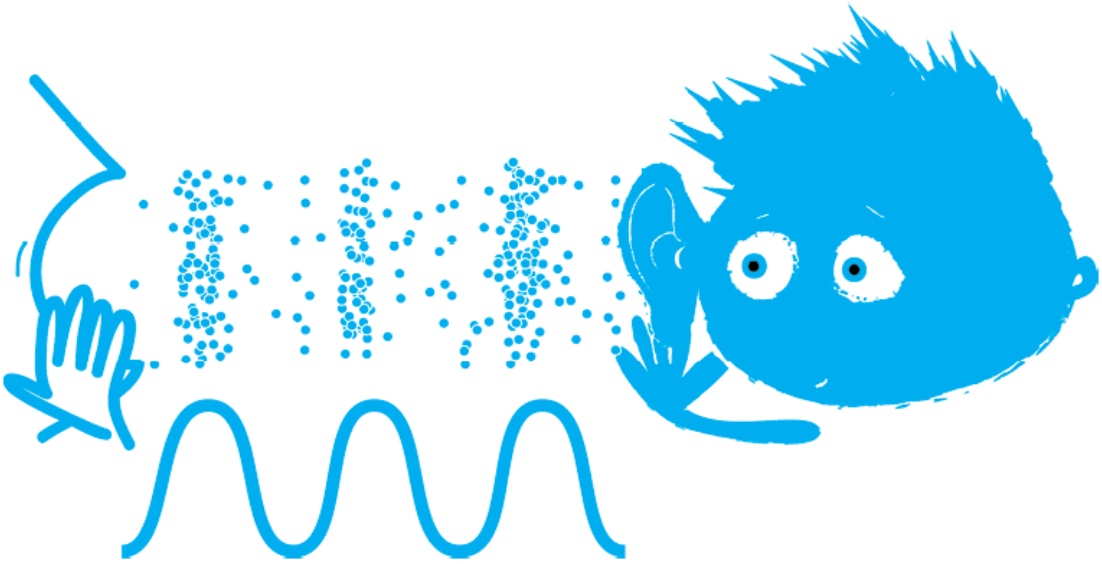
Вечером Буравчик лежал в кровати и все думал. Он часто так делал, почти всегда. Думал он, например, о том, почему только учительнице на уроках можно говорить? И почему Босленка не поняла, о чем говорила учительница, а главное – о чем болтал Буравчик, ведь он-то старался говорить громче? И вообще, что такое «говорить»? Это вот мы с помощью рта всякие звуки издаем, разные. А зачем мы их издаем? И чем? И что такое звук?

Вопросы мучили Буравчика, он не утерпел, тихонечко достал планшетник из портфеля и написал свой первый вопрос писателю:

Что такое звук?

Ответ писателя пришел быстро, Буравчик даже заснуть не успел.

> Привет, Буравчик! Молодец, что написал! Что такое звук? Точного ответа не существует. Физики говорят одно, музыканты – другое, поэты – третье, а тибетские монахи… Хорошо бы привести мнения всех людей о том, что такое звук, но ограничимся взглядом физиков. Ведь из всех перечисленных подходов только физика является наукой.
>
> Звук – это то, что мы слышим. Физики говорят, что звук образуется тогда, когда что-то колеблется, какое-нибудь тело. Когда что-то меняет свою форму. Так как мы, люди, живем в воздушной среде, самые привычные звуки для нас те, что распространяются в воздухе.



Звук – это волна. Ты видел волны в реке или на море? Такие же волны распространяются и в воздухе.

Частички воздуха, рождая звук, колеблются. Но воздух прозрачен, и мы не видим его колебаний.

Зато наше ухо может воспринимать колебания плотности и изменение давления воздуха.

К изменению плотности воздуха, то есть к возникновению звука, приводит любое движение твердого тела. Это могут быть колебания голосовых связок – и тогда мы слышим речь человека, или колебания натянутой струны – и тогда мы слышим звучание музыкального инструмента.

Однако не все волны одинаковы. Важно, с какой **частотой**[1] колеблется струна, сколько колебаний в секунду она совершает. Если с высокой частотой – мы слышим высокий звук, а с низкой – низкий звук, конечно, до определенного предела, но мы с тобой еще об этом поговорим. Звук может быть громче или тише. Если **амплитуда** колебаний больше – звук громче, если меньше – звук тише.

В природе, в мире постоянно что-то происходит. Светят звезды, кусаются комары, пищат летучие мыши, мама шуршит документами, вулкан извергается. Все эти явления что-то да производят: свет, звук, тепло, запах. И все эти вещи объективно существуют в природе. Но мы, люди, не можем воспринимать все явления в природе, мы можем чувствовать только часть из них. Для этого-то у нас и есть зрение, слух, обоняние и другие. Например, мы не слышим писк летучих мышей, они пищат очень тонко, издавая ультразвуки. Мы не видим рентгеновские лучи, которыми пользуются медики. Нюх у нас гораздо хуже, чем у собак.

Что я хочу сказать, Буравчик? То, что у нас, у людей, есть несколько датчиков, несколько органов чувств. И слух – функция одного из них. И чувствуем мы не все, многое, что есть в мире, совсем не замечаем.

---

[1] Здесь и далее выделены слова, значение которых подробно объяснено в конце книги.

Итак, про звук и слух. Как звук попадает в ухо? Как мы слышим? Звук в воздушной среде достигает барабанной перепонки уха, заставляя ее колебаться чисто механически, как маленький барабан. Далее звук проходит через цепь приспособлений внутри уха (молоточек, наковаленка, стремечко, улитка, нервные клетки) и воспринимается человеком как образ. Но звук поступает в слуховой аппарат человека не только через барабанную перепонку. Через колебания костей черепа он попадает непосредственно в среднее ухо и в искаженном виде добавляется к звуку, проходящему через барабанную перепонку. Когда мы сами говорим, это особенно заметно. Вот почему восприятие собственного голоса «напрямую» в голове сильно отличается от восприятия голоса, записанного через внешний микрофон. Более того, свой голос в записи воспринимается человеком как «противный».

Также не всегда человек воспринимает звук только через воздушную среду. Якуты, бушмены прикладываются ухом к земле, чтобы заранее услышать приближающиеся стада оленей и бизонов. Некоторые особо любопытные рыбаки берут в зубы конец толстого деревянного шершавого весла, опущенного в воду, чтобы слышать звуки подводного мира.





Известно, что скрипачи и настройщики, у которых с возрастом снижается слух, дотрагиваются зубами до вибрирующего смычка или другого

твердого предмета, прислоненного к резонатору инструмента, для того чтобы лучше слышать музыкальный звук.

Итак, звук – это колебание воздуха, которое создается колебанием твердого или жидкого тела. Понял, Буравчик?



Эксперименты

Возьми струнный музыкальный инструмент: гитару, домбру, скрипку. Дерни за струну. Ты услышишь звук. Струна будет колебаться и создавать колебания воздуха, вот ты их и услышишь, это и будет – звук. Причем музыкальный звук. В нем есть одна основная частота звука. Такой звук можно напеть.

Подойди к крану с водой. Открой его. Ты услышишь шум. Это вода бьется о поверхность раковины, создавая колебания самой разной частоты. Поэтому ты услышишь не музыкальный звук, а шум. Но шум – это тоже звук, хотя его напеть уже не получится. Увидеть звуковые колебания в воздухе непросто, ведь воздух прозрачный.

Подойди к большому дому, но не очень близко. Желательно, чтобы было тихо. И похлопай в ладоши или покричи. Ты услышишь, что звук, отраженный от здания, запаздывает. Это происходит потому, что скорость звука не такая уж и большая – 340 метров в секунду. Если расстояние до дома 500 метров, то ты услышишь возвращенный к тебе звук где-то через 2–3 секунды, это заметно.

Хорошо, скажем, издалека наблюдать за игрой в большой теннис. Удар ракеткой по мячу ты видишь, а звук приходит позже. Та же история и с молнией. Ты видишь вспышку молнии, а гром, звук от нее, может прийти только через несколько секунд. Теперь ты понимаешь, что скорость звука в воздухе хоть и больше скорости автомобиля, но гораздо меньше скорости света.

Голос Буравчика, Босленки и других

Почему у людей разные голоса?

Буравчик возвращался домой из школы. Он думал: «Почему я должен ходить в школу? Мама и папа же не ходят в школу? И почему в школе учатся одиннадцать лет, а не семь или не тринадцать? Кто так придумал?» Потом возникли еще и другие вопросы: «Почему в школе мы все сидим за партами, ведь в детском саду и дома, когда мама меня учила читать, мы не сидели за партами? Или парта помогает учиться?» Потом пришло еще несколько мыслей: «Почему учительница говорит на уроке? И вообще, что такое “говорить”? Почему одни люди говорят так, а другие не так?»



У подъезда Буравчик встретил соседскую девочку Босленку. Она училась с Буравчиком в одном классе, но сегодня в школу не ходила. У нее был концерт. В музыкальную школу, где Босленка училась играть на небольшой скрипке, приезжал большой музыкант Юрий Башмет. Он играл для детей и преподавателей, а потом рассказывал, как это у него получилось стать великим музыкантом. Играл он на альте. Альт похож на скрипку, только немного больше по размеру, и звук у него не такой писклявый. Юрий Башмет возился с маленькими скрипачами и альтистами, учил их правильно держать инструмент и смычок и рассказывал, рассказывал, рассказывал. В общем, Босленка была под впечатлением.

– Он такой классный, Буравчик, – щебетала Босленка. – Он и играет здорово, и рассказывает так интересно. А еще голос у него такой! Я прямо заслушивалась, не понимала, что он говорит, просто слушала, как он говорит. Такой музыкальный голос!

– А что он рассказывал-то? – спросил Буравчик.

– Да не помню я, не важно. Он такой, такой!..

«Девчонка», – подумал Буравчик.

Но Босленка нравилась Буравчику. Нравился ему и внешний вид Босленки, и внутренний ее мир. Внешний вид состоял из пары коротких косичек, курносого носа и больших зеленых глаз. Внутренний мир был гораздо более воспитанным, чем у Буравчика. Буравчик постоянно что-то забывал, его интересовали тысячи самых разных вопросов и дел, и ему трудно было сосредоточиться на чем-то одном. А Босленка все делала аккуратно и последовательно. Очень трудно учиться музыке маленькому человеку. Нужно играть дома каждый день часа по два на скрипке. Еще нужно ходить в музыкальную школу, там петь в хоре, заниматься сольфеджио и еще чем-то. Буравчик думал, что у него не получилось бы учиться музыке. А у Босленки получалось. За это он ее сильно уважал, и даже немного любил.

А Босленка все тараторила и тараторила своим тоненьким девчачьим голосом. У Буравчика уже начала болеть голова.

Что-то подсказывало ему, что задавать эти вопросы маме, когда она готовит еду для него, не имеет смысла. И он задал их писателю:

А почему все-таки у людей такие разные голоса?

Что такое голос?

И что такое речь?

Задал до обеда. И написал, что ждет его ответов после обеда. И вообще – приятного аппетита.

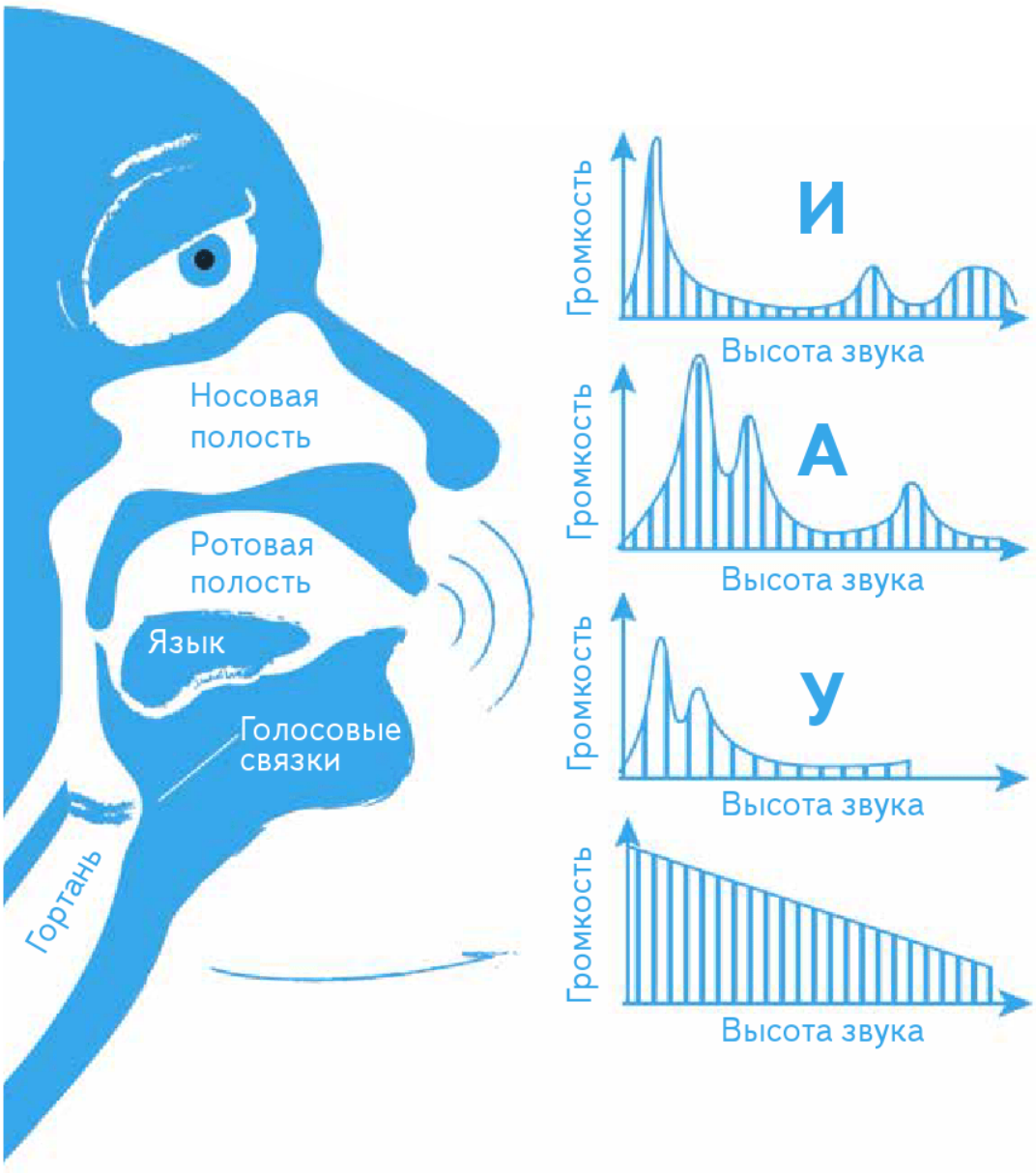
Ответ писателя:

> Буравчик… ты задаешь такие простые вопросы! «Что такое голос?» Очень простой вопрос. И очень непросто на него ответить. Давай попробуем разобраться с тем, как это все работает… Если что-то тебе будет непонятно, спроси папу или учительницу в школе. Они умные.
>
> Помнишь, я рассказывал тебе, что звук – это куча волн, которые распространяются в воздухе. И у этих волн есть какая-то частота (высота звука) и громкость. Одновременно мы слышим десятки, сотни различных звуков, и нашему уху и голове, где эти все звуки анализируются, непросто.
>
> Звуки, как ты понимаешь, могут издавать совсем разные предметы: скрипка Босленки, трактор, папин принтер, мамина сковородка на плите, душ. Но кроме маминой сковородки звуки может издавать и сама мама, с помощью рта. И эти звуки, которые издает мама, что-то да означают: «Иди домой!», «Кушай пельмени!», «Ложись спать!» Эти звуки, мамина речь, хорошо понятны тебе. Даже если не всегда хочется делать то, что говорит мама.
>
> Ты сам легко можешь произнести много разных звуков, из которых состоит наша речь: звуки «а», «о», «м» и другие. Все звуки разные. Но чем же они отличаются? Давай вначале посмотрим, как устроено то, с помощью чего мы можем говорить, а петух, например, кукарекать.
>
> Посмотри в зеркало на свою голову. Можешь даже пощупать ее. На голове ты найдешь лицо. На нем ты обнаружишь рот и нос. Если откроешь рот, то там видны язык и зубы. Вот, пожалуй, и все, что ты можешь увидеть, не разрушая свою голову и шею. Не надо их разрушать, пригодятся еще.

Язык у нас, у людей, располагается в большой полости, во рту. Эту полость видно, когда открываешь рот. Выше этой полости есть нёбо и носовая полость, их не видно, но они тоже важны для нашей речи. За языком расположена глотка. Глотка связана гортанью с легкими, которыми мы дышим. Ну и еще с разными штуками. Вот в гортани-то и расположены самые важные для произнесения звуков приспособления, которыми нас снабдила природа, – голосовые связки, или, как более правильно их называть, голосовые складки.

Голосовые связки – это самый настоящий музыкальный инструмент. Очень хороший. К тому же он у нас всегда под рукой. Когда мы выдыхаем воздух из легких и произносим звуки типа «а», «о» и подобные им, наши голосовые связки колеблются. Примерно так, как колеблется струна у гитары, когда мы ее тронем. Мы можем издавать звуки выше или ниже, мы особыми мышцами меняем натяжение голосовых связок. Но звуки речи при этом не меняются! Папа твой говорит низким басом, и ты его слова понимаешь. Босленка говорит высоким голоском, но ты ее речь тоже распознаешь. Значит, звуки речи не зависят от того, высоким голосом ты их произносишь или низким. Чем-то они другим отличаются, не высотой звука. Чем же? **Тембром**.

Понять, что такое тембр, не очень просто. Звуки делятся на две большие группы: музыкальные и немузыкальные. И те и другие состоят из множества простых звуков с разной высотой и громкостью. Если бы у нас не было такой сложной головы, с носом, ртом и гортанью, то мы слышали бы звуки от голосовых связок напрямую. Но вот говорить, произносить разные звуки речи у нас бы не получилось – тембр был бы примерно одним и тем же. Как у гитары: мы можем брать звуки разной высоты, играть мелодию, но тембр звука будет примерно одинаковым. Разговаривать с помощью гитары не получится.



Как же мы отличаем речь одного человека от речи другого? Посмотри на рисунок. От голосовых связок идет простой музыкальный звук. Но этот звук проходит еще долгий путь, гортань, глотку, ротовую полость, пока не выйдет из нашего рта и не станет звуком речи. Размеры гортани и ротовой полости у людей примерно одинаковые… и все же немного разные, поэтому и голоса у людей разные.

В гортани и ротовой полости часть дополнительных звуков, простых звуков теряет свою громкость, затихает, а часть – не теряет. Это связано с тем, что гортань, ротовая полость и носовая полость работают как **резонаторы**. Мы еще поговорим про резонаторы. А сейчас просто вспомни: у гитары одна форма, у рояля другая – и звук у гитары и рояля совсем разный, разный тембр, так как форма инструментов и резонаторов у них разная. Форму гитары или рояля мы не можем менять в процессе игры, мы можем менять только высоту звука. А человек с помощью мышц шеи, лица и языка может менять форму резонаторов. И тембр у звуков речи получается совсем разный.

Каждый раз, произнося разные звуки речи, мы меняем форму языка, губ, ротовой полости и других полостей в голове и горле. Когда мы меняем их форму, мы меняем форму внутренних резонаторов звука, мы как бы создаем новый музыкальный инструмент со своим уникальным тембром – свой голос. Какие-то дополнительные звуки мы усиливаем, какие-то – ослабляем. Вот соотношение громкостей этих дополнительных звуков – обертонов – и определяет тембр звука нашего голоса. Снова взгляни на рисунок (стр. 25) – и ты заметишь, как по тембру отличаются звуки «и», «а», «у». Ты можешь увидеть пики громкости при звуках определенной высоты. Такие пики называются «форманты». Вот по формантам-то наши уши и наш мозг и отличают звуки друг от друга. А уж какой смысл будет в этих звуках – какова будет наша речь, – совсем отдельный вопрос.

Эксперименты

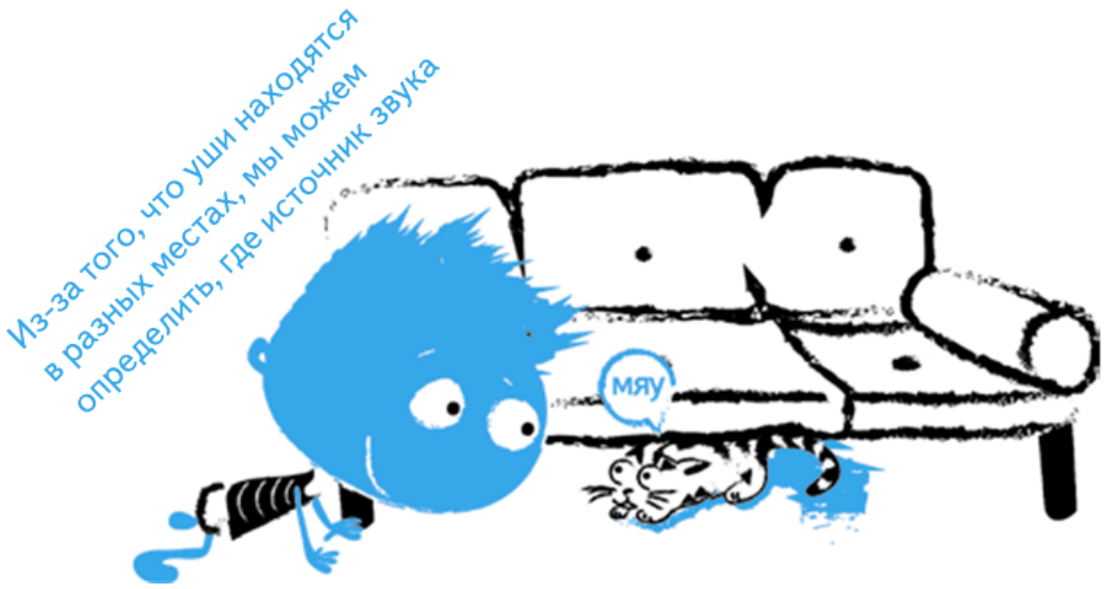
Просто выдохни воздух, не напрягаясь.

Ты или ничего не услышишь, или услышишь слабый шум.

Теперь скажи звук «а» и потяни его: «аааа».

Что ты слышишь? Примерно то же, что слышал, когда тронул струну гитары. Музыкальный звук. Голосовые связки у нас в горле примерно так же колеблются, как и струна гитары. Поэтому мы и получаем музыкальный звук. С помощью звуков «а», «о» и подобных им можно напеть мелодию.

Теперь скажи звук «ш». Это шумовой звук. Он слегка похож на шум воды, падающей в раковину. С помощью шумовых звуков «ш», «х», «ф» и других ты не сможешь напеть мелодию, так как это не музыкальные, не звонкие, а шумовые, шипящие звуки.



Буравчик и два его уха
Почему в самолете «закладывает» уши?

Вчера Буравчик прочитал ответ писателя на вопросы «Что такое голос? Что такое речь?». Ответ оказался неожиданно сложным. Что-то смог объяснить папа, что-то мама. Нужно еще поспрашивать учительницу. Но Буравчик понял, кажется, зачем дети так долго учатся в школе. За один раз, за один вечер не получится понять, как все устроено. Буравчика порадовало, что и папа всего не знает. Это было здорово. Значит, Буравчик сможет узнать что-то такое, чего папа пока еще не знает, и потом рассказать ему.

Теперь Буравчику стало понятно, как он произносит разные звуки. И он очень гордился, что у него есть гортань и ротовая полость. Рот перед зеркалом изучать было очень интересно, видны были зубы, язык, а чуть глубже – гланды. Нос тоже виден хорошо. А вот, то, чем мы слышим звуки, – уши – было тяжело рассмотреть. Если мы уж о чем-то говорим, то ведь не просто же так? Затем, чтобы кто-то смог это услышать.

Но тут у Буравчика возникли сомнения. Казалось бы, понятно, как мы говорим, – с помощью языка. Но писатель рассказал, что это не совсем так. Конечно, язык нужен, но не меньше важны голосовые связки, всякие полости в голове, нёбо… Может быть, и с ушами не все так просто?

Сидя на стульчике, который стоит на балконе, Буравчик написал свой вопрос писателю:

Что такое слух? Как человек слышит?

Ответ пришел почти сразу.

«Привет, Буравчик, я сейчас немного занят, беги в школу, вечером прочитаешь мой ответ».

В школе Буравчик активно изучал уши одноклассников и особенно Босленки (она сидела с ним рядом). За верчение головой во все стороны Буравчик получил замечание от учительницы и запись в дневнике: «Плохо слушает учителя, вертится на уроке». «Ну вот, опять, – подумал Буравчик. – Опять плохо слушал. Да хорошо я слушал, все слышал. А все-таки, КАК это я слушал и слышал?»

Вечером, лежа в кровати, Буравчик тихонечко достал из портфеля планшетник и стал читать ответ писателя.

> Привет, Буравчик! Не даешь ты мне спокойно писать свои скучные писательские тексты, отвлекаешь меня. Но я очень рад этому: отвечая на твои непростые вопросы, сам по ходу дела узнаю что-то новое. Не удивляйся, это нормально, никто не знает ответов на все вопросы, даже я, крупный писатель современности ☺. Давай попробуем разобраться в том, как гениально устроен слух человека. Начнем с уха.
>
> То, что мы называем ухом, это только часть уха. Снаружи головы торчит ушная раковина. Полезная, конечно, штуковина, но человек и без нее может слышать звуки. У людей внешнее ухо, ушная раковина, неподвижно. А у многих животных уши замечательно могут поворачиваться в сторону звука. Ты мог видеть это у кошек, овчарок, ослов и лошадей. А вот у людей уши уже не двигаются. Чтобы как-то скомпенсировать этот недостаток, уши у человека стали не конусообразными, как у ослов, а очень хитрой формы.

Очень хорошо, что у нас не одно ухо, а два. Из-за того что наши уши находятся не в одном месте, а в разных, звук от какого-то объекта к ушам приходит не одновременно, а в одно ухо с некоторым запаздыванием по времени. Это запаздывание по времени обрабатывается у нас в голове, и мы можем определить, где находится источник звука. Помогают нам и хитрые впадины, выпуклости на наших ушных раковинах. Звук на них рассеивается, отражается, все перемешивается, и эту сложную картину обрабатывает опять же наш мозг. Бедный мозг, он непрерывно работает, нет ему отдыха.

От ушной раковины внутрь головы идет небольшой тоннель, который называется слуховым проходом. Он заканчивается барабанной перепонкой. Перепонка на конце слухового прохода перегораживает его полностью. Воздух извне не может через ухо попасть к нам в голову. Через рот или нос – может. Барабанная перепонка очень тоненькая, звук, звуковые волны толкают ее, она колеблется так же, как натянутая на барабане кожа, дальше информация о звуке передается в среднее и внутреннее ухо.

Что такое среднее ухо? Как-то странно оно называется. Когда я учился в школе, я думал, что среднее ухо расположено прямо посредине между двумя ушами, в самом центре головы. Но это не совсем так. У нас два внешних уха и два средних уха. В среднем ухе находятся три маленькие косточки: молоточек, наковаленка и стремечко. Молоточек непосредственно крепится к барабанной перепонке и колышется вместе с ней под воздействием разных звуков. Стремечко соединяет среднее ухо с улиткой, центром внутреннего уха. Зачем нужна улитка, я расскажу позже. Наковаленка находится между молоточком и стремечком.

Посмотри на рисунок на следующей странице. Среднее ухо соединяется с полостью рта небольшой трубочкой. Но эта трубочка не всегда открыта. Нужна эта трубочка для того, чтобы выравнивать давление между окружающим нас воздухом и тем воздухом, что заполняет среднее ухо. Когда давление снаружи падает или растет, например, когда мы взлетаем на самолете или поднимаемся в горы, у нас «закладывает» уши, нам неприятно. Тогда нужно или хорошенько позевать, или сглотнуть слюну. Трубочка откроется, давление выровняется и уши перестанут быть заложенными.



Зачем же нужна такая сложная конструкция из трех косточек? Во-первых, как ты понимаешь, система из трех косточек – очень гибкая конструкция. Если мы услышим очень громкий звук, барабанная перепонка будет очень сильно колебаться. Если бы барабанная перепонка соединялась с улиткой, внутренним ухом, только одной косточкой, такие большие колебания могли бы разрушить нашу нежную улитку. Три косточки соединены между собой очень маленькими связками и мышцами, самыми маленькими у нас в организме. Но даже и эти маленькие связки и мышцы помогают нам защищаться от очень громких звуков. Создается блок, примерно такой же, какой ставят боксеры, защищаясь от ударов.

Во-вторых, такая система помогает усиливать очень слабые звуки, помогает нам лучше слышать. Происходит это за счет эффекта рычага. Помнишь, как устроен гвоздодер? У него длинная ручка и коротенькая лапка, которой и выдергивают гвоздь. Просто руками гвоздь не выдернуть, сил не хватит. А так, из-за того что один конец рычага короткий, а другой длинный, мы можем увеличивать наши усилия во много-много раз. Так и в среднем ухе. Тихие звуки усиливаются в сотни, тысячи раз! Просто за счет трех косточек. Удивительная конструкция!

Есть еще третья часть нашего уха – внутреннее ухо. Это самая важная и самая сложная часть всей нашей слуховой системы. Основу ее составляет улитка – такая колбаска, закрученная на два с половиной оборота. Закрутилась она в процессе эволюции потому, что колбаска должна быть довольно длинной, а места в голове мало. Вот так и получилось.

Устройство улитки очень, очень сложное, ученые сейчас только начинают понимать, как она устроена. Давай и мы попробуем разобраться.



Внутри улитки есть гибкая **мембрана**, тонкая пленка. И по ней могут бежать волны, примерно как по поверхности моря. Эти волны создаются, когда стремечко, последняя косточка среднего уха, толкает улитку.

«Ну и что?» – спросишь ты. Пусть себе бегут эти волны, как же мы слышим-то? Дело в том, что ниже этой мембраны находятся чувствительные клетки, так называемые волосковые. Из этих клеток торчат чувствительные волосики, и когда они сгибаются, возникает электричество, информация от клеток передается в мозг. А каждая клетка настроена на свою определенную частоту, высоту звука. И этих клеток очень, очень много.

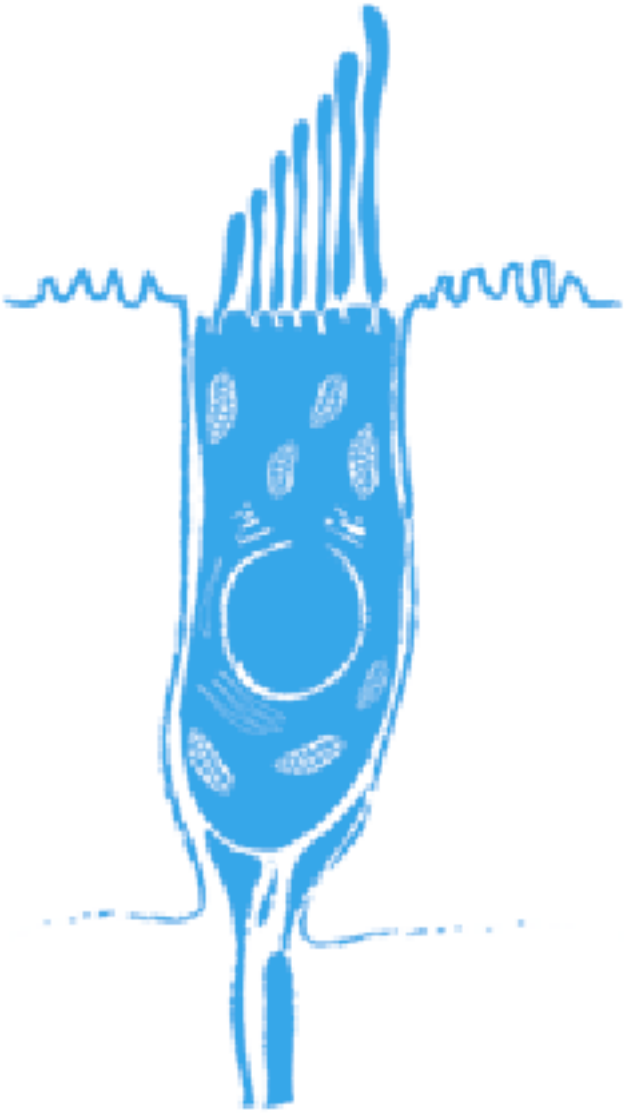
Когда волна бежит по мембране, какие-то волоски сгибаются, какие-то нет. Вот и получается, что мы можем с очень большой точностью сказать, какие звуки какой высоты и какой громкости есть вокруг нас. Но волосков не может быть бесконечное количество. И ниже 20 **Гц,** и выше 20 000 Гц мы звуков не слышим, нам нечем их слышать, чувствительных волосков для таких звуков нет.

Давай еще раз. Как мы слышим? Что такое слух? Слух – это способность человека воспринимать и обрабатывать звуки, которые нас окружают. Когда звук прилетает к нам, мы его слышим двумя ушами и можем определить его направление. Это очень важно, ведь звук может говорить об опасности, например о рычащем тигре, нужно услышать, повернуть голову и быстро убежать.

Любой звук состоит из множества более простых звуков с определенной высотой и громкостью. Звук – это звуковая волна в воздухе. Она колеблет барабанную перепонку, барабанная перепонка переводит энергию звука в механическую энергию движения трех косточек в среднем ухе. Стремечко толкает улитку, и по мембране в улитке начинает бежать волна сложной формы. И вид этой сложной волны полностью отражает все те звуки, что влетели нам в ухо. Волна сгибает волосики чувствительных клеток, механическая энергия преобразуется в электрическую. И электрические сигналы бегут по нервам прямо к нам в мозг, где вся эта информация и обрабатывается.

Помнишь, мы говорили о том, что такое звуки речи? Что они отличаются тембром, громкостью дополнительных звуков разной высоты? Вот теперь ты понимаешь, что наше ухо легко может справиться с такой задачей – отличить звук «а» от «о» или «м».

Конечно, объяснение опять получилось непростым. Но ты старайся, теребри папу и учительницу, они помогут разобраться.



Чувствительная (волосковая) слуховая клетка человека

Эксперименты

Заткни уши пальцами или берушами, а самое лучшее, надень большие папины наушники.

Ты ничего не услышишь из того, что говорят мама или папа. Иногда это и неплохо. Но только на время проведения эксперимента.

Звуковые волны из воздуха отражаются и поглощаются затычками для ушей и наушниками. Волны просто не долетают до барабанной перепонки, от которой звук и переходит к тем отделам головы, что позволяют нам слышать звуки.

Для защиты от сильного шума наушники лучше всего.

Но чтобы испортить слух, самое надежное – засунуть маленькие наушники прямо в ушной канал и включить музыку погромче.



Дядя Рабиндранат, Буравчик и окружающие их звуки И причем тут Солнце?

Буравчик сидел на своей кровати и старался не производить никакого шума. И не двигаться. Мама и папа собирали вещи, чтобы ехать в деревню к бабушке и дедушке на выходные. Мама бегала по квартире, суетилась и бомбардировала папу вопросами, примерно раз в пять секунд.

– Ты взял топор?

– Брат возьмет.

– А шампуры взял для шашлыков?

– Брат возьмет.

– А дрова взял?

– Дрова там в деревне есть.

– А ребенок что в дороге будет есть?

– Еду.

– Так ты взял эту еду?

У папы уже болела голова, у Буравчика тоже. Буравчик очень не любил суеты, папа, видимо, тоже.

Покидав вещи в багажник машины, они поехали к брату папы, дяде Рабиндранату. У дяди они должны были пересесть в его машину и уже вместе ехать к бабушке с дедушкой. Машина у папы маленькая и без кондиционера. Было жарко, окна в машине были открыты, из окон доносился шум улицы, а в машине звучал голос мамы.

– Ты выключил газ?

– Да.

– А утюг?

– Да.

– А дверь закрыли?

– Да.

– А ребенок где?

– Здесь он, здесь.

Буравчик сидел в машине и страдал от шума: от шума двигателя, от проезжающих мимо машин, от разговоров внутри машины. Наконец через полчаса они доехали до дома дяди Рабиндраната. Дядя был большой, и он улыбался. Широко распахнул руки и начал по-медвежьи всех по очереди обнимать.

– Ну, Буравчик, иди ко мне, какой огромный ты вырос за месяц!

И дядя подкинул Буравчика высоко вверх, почти до третьего этажа. Поймав его и опустив на землю, дядя подошел к маме. Мама сказала:

– Только не кидай меня вверх!

Но у дяди были свои планы. Он сгреб маму в охапку и сказал папе:

– Кормить надо красавицу! Чего же она у тебя тощая такая?

Мама притворно обиделась:

– Не тощая, а стройная!

Но мама явно повеселела и расслабилась. Дядю она любила. Дядя ей напоминал Буравчика, такой же неугомонный, только немного подросший.

Обменявшись с папой суровыми мужскими рукопожатиями, дядя сказал:

– Ну, нечего грелку от Тузика за резину тянуть, по машинам!

Дядя в две секунды перекинул вещи из папиной машины в свой микроавтобус, все забрались внутрь, и они поехали.

В дядиной машине было прохладно и тихо. Низко, где-то вдалеке урчал мотор, тихо играл джаз. Ощущения тут были совсем другие, чем в машине папы. «Почему?» – подумал Буравчик. Взрослые негромко переговаривались, машина летела по шоссе, Буравчик задремал в удобном кресле. И приснился ему сон.

Во сне Буравчик был большой птицей. Он летел на огромной скорости над шоссе, низко-низко, и видел при этом все трещинки на асфальте и мелкие камушки. Потом Буравчик взлетел выше деревьев и полетел над лесом. Он слышал все звуки леса: щебетание птиц, шорох в земле – это барсук рыл свою нору, ворчание бобров из-за того, что бревна оказались толстыми, шум маленького водопада на речке…

Вечером, накормленный до состояния удивления, обласканный бабушкой и дедушкой, Буравчик лежал на огромной кровати, лениво щекотал кота Шредингера за ухом и все думал, думал. Чтобы не забыть о чем, Буравчик настучал вопросы на планшетнике и отправил писателю:

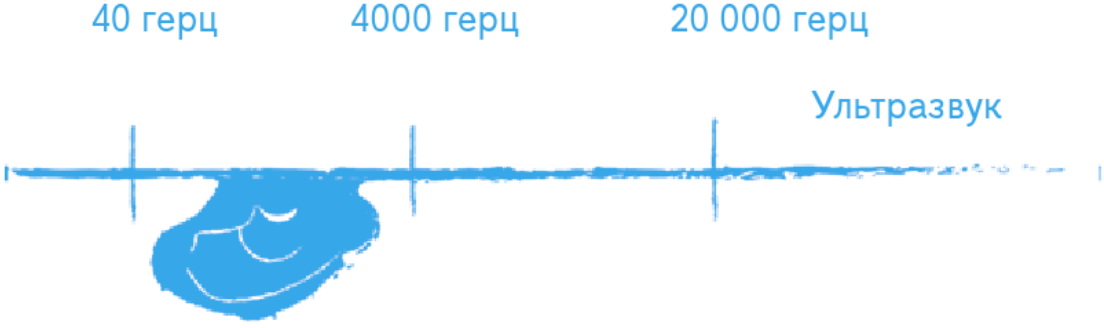
Почему столько разных звуков в природе?
Почему они на нас влияют так сильно?

И мгновенно уснул.

Ответ писателя он прочитал следующим утром.

Почему столько разных звуков в природе, Буравчик? Не знаю, сложно сказать. Как мне кажется, дело не совсем в звуках. Вот смотри, наше Солнце светит самыми разными лучами: и красными, и синими, и зелеными. Мы эти цвета можем видеть с помощью одного из нескольких чувств – зрения. Но есть и другие лучи, которые испускает Солнце: инфракрасные (тепловые лучи), ультрафиолетовые (из-за них мы загораем), рентгеновские и много других лучей, которые мы уже никак не воспринимаем.

Так же и со звуками в природе. Часть звуков мы слышим, а часть нет. Летучие мыши, дельфины и многие другие животные прекрасно слышат ультразвук – то есть звук очень высокой частоты. Мы, люди, можем слышать звуки лишь до 20 000 Гц. Да и то лишь молодые люди. А звуков, которые мы можем хорошо различать по высоте и по тембру, вообще не так много, они укладываются в **диапазон** рояля. Это примерно от 40 Гц до 4000 Гц. Довольно узкий диапазон по сравнению с тем, что могут слышать животные или могут измерить люди с помощью всяких хитрых приборов. Но даже в этом диапазоне мы можем слышать и слышим – огромное количество природных звуков – пение птиц, лай собаки, шелест листьев, шум водопада и множество других.



Как же возникают эти звуки? Вопрос не такой простой. Давай вспомним о том, что мы с тобой живем в атмосфере – в таком слое над поверхностью Земли, который наполнен кислородом, азотом, углекислым газом и другими газами. А что такое звук? Это волна, которая распространяется в газе (еще в жидкости и в твердых телах). А как образуются волны в газе? Нужно, чтобы какое-то тело, жидкое или твердое, меняло свою форму. Эти тела меняют форму, изменяются, толкают воздух, и образуются волны изменения плотности газа, воздуха – то есть звук. Часть этих звуков мы слышим, часть нет.

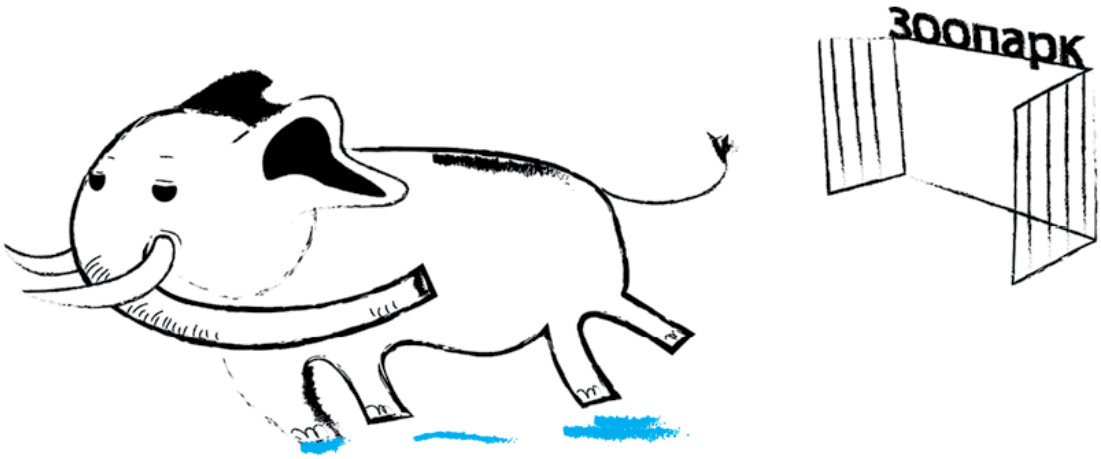
Все на Земле делится на живую и неживую природу. Неживая природа – это камни, вода, песок и так далее. Как же они меняют свою форму? Им помогает Солнце. Если бы не было Солнца, камни и вода подвигались бы, подвигались, да и успокоились, все бы замерло, и никаких звуков не было бы больше. Причем тут Солнце? Солнце дает Земле энергию, с помощью лучей нагревает ее. В результате этого нагрева испаряется вода из океанов и морей, образуются облака, идет дождь, реки текут вниз и шумят, разрушаются берега рек, возникают ветры, образуются пустыни, пыльные бури и много еще чего. Именно из-за того, что Земля поглощает энергию от Солнца, «переваривает ее» и излучает потом эту энергию в космос, идет постоянное движение неживой материи на Земле. Изменение рождает звуки, которые мы слышим.



С живой природой проще. Жизнь – это постоянное изменение. Что-то рождается, потом растет, потом умирает, дает жизнь новым существам. И в процессе своей жизни, постоянно двигаясь, они изменяют свою форму и тоже создают множество звуков. Кстати, и жизнь на Земле без энергии Солнца была бы невозможна. Откуда-то энергию ведь живым организмам нужно брать? Вот ее и берут от Солнца. Вначале растения, используя солнечный свет, создают кислород и питательные вещества. Потом травоядные животные поедают растения, растут и развиваются. Потом хищники поедают травоядных. И так далее. Целая пирамида живых существ.

Прислушайся к звукам в лесу. Некоторые птицы «цокают», их звуки короткие и часто высокие. Другие птицы выводят целые длинные мелодии (в нашей полосе можно услышать дроздов и соловьев). Низко ухают филины, квакают жабы. Лесной мир наполнен удивительными звуками, которые создают животные и птицы.

Очень редко можно услышать рев слона, который сбежал из зоопарка, и рев охранников зоопарка, которые гонятся за ним. И мишка… Но с ним лучше не встречаться. Еще скрипят деревья, падают на головы девчонок шишки и сучки веток. Мир леса оглушающе тих по сравнению со звуками города и при этом очень богат.



Природа придумала способ общения животных между собой с помощью звуков. Чтобы предупредить об опасности, указать, где пища, чтобы общаться с детенышами. Птицы поют, звери рычат, дельфины пищат. Люди создали язык, с помощью которого можно говорить на любые темы. Это очень большое отличие от языка зверей и птиц.

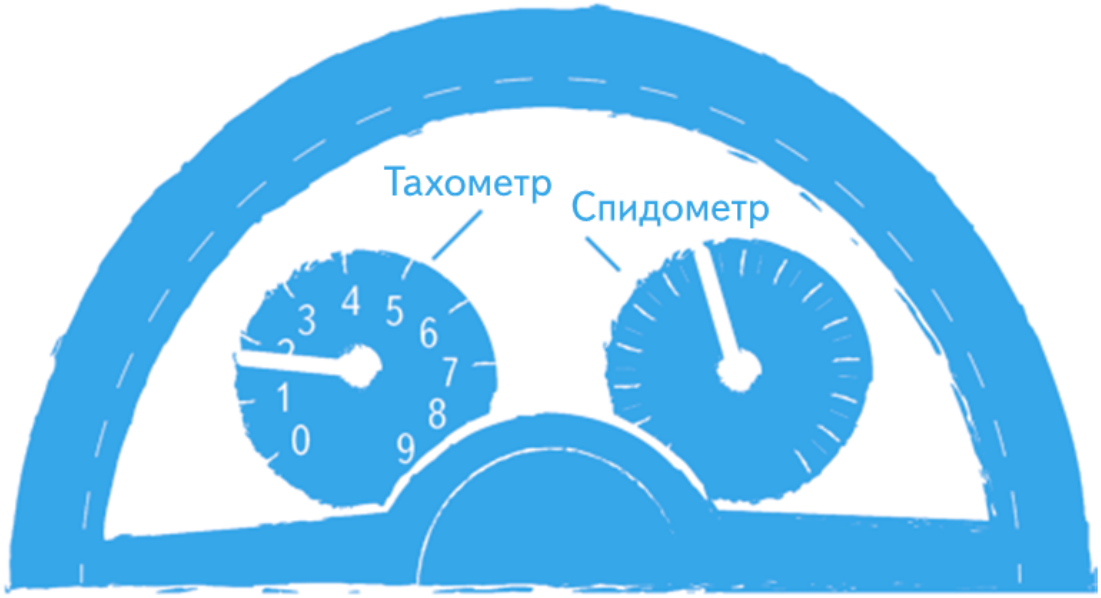
Звуки природы комфортны для человека. Они не очень громкие, всегда меняются по высоте, по громкости, по тембру. Поэтому наши уши и наш мозг, как правило, от этих звуков не устают.

Совсем другое дело – это построенная человеком неживая природа. Люди создали турбины, машины, трансформаторы, компьютеры. Во всех этих вещах есть движущиеся, вращающиеся штуки. И все они уже движутся с вполне определенной частотой и создают вполне определенную высоту звука.

Трансформаторы, например, всегда гудят на высоте 50 Гц, образуя переменный ток в розетках. В компьютерах вентиляторы вращаются с определенной частотой. Двигатель машины работает в узком диапазоне частот – 2000–5000 Гц. Ты можешь видеть это на специальном приборе в машине – тахометре.

В городе очень много звуков, шумов, которые производят механизмы. Эти шумы гораздо громче, чем природные звуки. Они могут быть одной частоты, одной высоты, длительные по времени звучания – все это вредно влияет на наши уши. Поэтому нужно чаще бывать за городом, чтобы наши уши отдыхали.

Но не все так плохо, Буравчик, ты не грусти! Можно привыкнуть к звукам и взлетающих самолетов, и космических кораблей. Просто давай отдых ушам, ходи по лесу, приезжай к дедушке с бабушкой, тем более что они по тебе скучают.





Напоследок расскажу тебе про одно забавное научное исследование. Кто его провел? Акустики. Сейсмологи. Они изучали самые сильные постоянные колебания (звуки разной частоты), распространяющиеся по поверхности земли. Сейчас я тебя удивлю! Во-первых, самые большие шумы производят волны, бьющие о берег всех материков, волны морей и океанов. И второе. (Тоже – кто бы мог подумать!) Люди на Земле понастроили огромное количество зданий, в один этаж или сто этажей – не очень важно. Так вот, фундаменты этих домов скрипят, создавая вполне отчетливый звук в земле. Очень странно, да? Ну, скрип фундамента дома ты не услышишь, даже если приложишь к земле ухо. А вот шум волн – вполне. И вообще, уговори родителей поехать к морю!

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.