



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие автора..... 7

## **ЧАСТЬ 1. МИР ЗВУКОВ**

Глава 1. ФИЗИКА ЗВУКОВ.....	11
Что такое звук? .....	11
Неслышные звуки .....	15
Как измеряют волны.....	17
Секреты музыкальных звуков .....	21
Что за шум, что за рёв .....	27
Как создать музыкальный звук? .....	29
Можно ли увидеть звук?.....	33
Резонанс и резонаторы .....	34
Тайны музыкальных инструментов.....	37
Рождение живого голоса.....	40
О певческих голосах .....	42
Глава 2. ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКОВ.....	46
Область слышимости .....	46
Как мы воспринимаем громкость .....	49
Шагая по ступеням гаммы .....	51
В чём красота звуковых сочетаний? .....	54
Как работает наша слуховая система.....	57
Глава 3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗВУКОВ .....	62
Особо важные частоты.....	62
Музыка и мозг.....	64
Музыка и дети.....	65
Музыкотерапия .....	67
Немного о мантрах .....	71

Берегитесь громких звуков .....	72
Городские шумы .....	74

## **ЧАСТЬ 2. ЧТО НАМ СВЕТИТ**

### **Глава 1. СВЕТ И ЦВЕТ:**

<b>ФИЗИКА И ФИЗИОЛОГИЯ .....</b>	<b>79</b>
Что такое свет? .....	79
Вездесущее излучение.....	82
Естественные источники света.....	84
Свет в жизни человека .....	87
Как устроен глаз человека .....	92
Что такое цвет? .....	94
Цвета предметов .....	97
Адаптация глаза к свету, темноте и цвету .....	98

### **Глава 2. ЧТО НАДО ЗНАТЬ**

<b>ОБ ИСТОЧНИКАХ СВЕТА .....</b>	<b>102</b>
Световой поток и светоотдача .....	102
Индекс цветопередачи и цветовая температура ....	105
Коэффициент пульсаций.....	108

### **Глава 3. ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ .....**

Характеристики излучения .....	112
Преимущества ламп накаливания .....	116
Недостатки ламп накаливания .....	118
Галогенные лампы .....	119

### **Глава 4. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ .....**

Принцип работы .....	122
Спектр люминесцентных ламп.....	125
Старые линейные «лампы дневного света» .....	127
Компактные люминесцентные лампы .....	128
Преимущества люминесцентных ламп .....	131
Недостатки люминесцентных ламп .....	132

### **Глава 5. СВЕТОДИОДНЫЕ ЛАМПЫ .....**

Принцип работы .....	136
Как устроена светодиодная лампа .....	138
Особенности спектра .....	140
Пульсации излучения .....	142

Преимущества и недостатки светодиодных ламп .....	143
Немного о мониторах.....	145
Подводя итоги .....	147

### **ЧАСТЬ 3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ЧЕЛОВЕК**

Глава 1. ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА.....	151
Роль электромагнитного взаимодействия в мире.....	151
Заряды. Статическое электричество .....	153
Электромагнитное поле.....	155
Индукционные токи.....	158
Излучение электромагнитных волн .....	160
Глава 2. ЕСТЕСТВЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ .....	164
Электрическое поле Земли .....	164
Геомагнитное поле .....	166
Когда магнитные полюса меняются местами.....	169
Магнитные бури .....	170
Электромагнитные волны в атмосфере.....	172
Глава 3. ЧЕЛОВЕК В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ.....	175
Человек как источник полей .....	176
Влияние внешних полей .....	177
Когда поля ослаблены .....	179
Постоянные техногенные магнитные поля.....	181
Влияние полей технической частоты .....	184
Поля бытовых электроприборов.....	187
Магнитные поля транспорта на электротяге.....	189
Глава 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ .....	192
Радиоволны. Микроволны.....	192
Механизмы действия и нормирование радиоизлучений .....	195
Радиоизлучения в населённых пунктах.....	197
Излучение антенн базовых станций .....	200

Излучение мобильных телефонов и смартфонов .....	203
Мобильные телефоны и дети .....	206
Wi-Fi роутеры .....	208
Дети и беспроводные технологии .....	210
Другие бытовые источники микроволн .....	212

## **ЧАСТЬ 4. НАДО ЛИ БОЯТЬСЯ РАДИАЦИИ?**

Глава 1. ВИДЫ РАДИАЦИИ .....	217
Что такое радиация? .....	217
Открытие рентгеновских лучей .....	219
Радиоактивность .....	221
Закон радиоактивного распада .....	223
Состав ядра. Изотопы .....	225
Радиоактивные семейства .....	227
Виды распадов .....	229
Что такое космические лучи .....	231
Глава 2. ДОЗЫ И РИСКИ .....	234
Исторические ошибки .....	234
Дозы и единицы их измерения .....	238
Воздействие больших и средних доз облучения .....	242
Особенности малых доз .....	245
Предельно допустимые дозы .....	247
Глава 3. ЕСТЕСТВЕННЫЙ РАДИАЦИОННЫЙ ФОН .....	249
Источники земной радиации .....	249
Радон — главный виновник земной радиации .....	253
Радон в домах .....	255
Космическая радиация на Земле и в космосе .....	259
Глава 4. ТЕХНОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ РАДИАЦИИ .....	263
Источники и нормы техногенного облучения .....	263
Медицина как источник облучения .....	265
Ядерные взрывы в атмосфере .....	269
Ядерный топливный цикл .....	271
Аварии на ядерных объектах .....	273
ТЭС или АЭС? .....	276
Курение .....	279
Другие источники техногенного облучения .....	281
Я шагаю по Москве .....	283

# ПРЕДИСЛОВИЕ

## АВТОРА

Эта книга и о физике, и о нашей жизни в современном мире.

Для большинства людей физика ассоциируется со школой: это трудный и малопонятный предмет, имеющий небольшое отношение к повседневной жизни. Понятно, что все современные технологии так или иначе базируются на физических законах, но надо ли каждому пользователю знать и понимать эти законы? И всё же физика имеет гораздо большее отношение к повседневной жизни, чем это кажется на первый взгляд. В этой книге мы хотим рассказать о некоторых физических явлениях и законах, которые позволят вам лучше понимать и оценивать риски обитания в современном мире, особенно в больших городах. Как вы полагаете, к примеру: что причиняет бóльший вред нашему здоровью — курение, городские шумы или электромагнитное загрязнение? А что опаснее — жить возле атомной электростанции или возле тепловой? Эти и многие другие животрепещущие вопросы будут затронуты в книге.

Она состоит из четырёх частей. В первой части обсуждается звуковая составляющая нашей жизни. Мы расскажем, что такое звук и в чём отличие му-

зыки от шума, поговорим о звуках полезных и вредных, об опасности «неслышных» звуков; выясним, можно ли сделать голос красивее и в чём тайна целительного воздействия музыки на человека. Вы узнаете также об особенностях слухового восприятия и о причинах преждевременного его повреждения.

Во второй части речь пойдёт об источниках света. Какие опасности для здоровья таят в себе такие, казалось бы, безобидные устройства, как осветительные приборы? Как их грамотно выбирать? Чтобы разобраться в этом, мы предварительно вооружимся всеми необходимыми сведениями о свете и о нашей зрительной системе.

Третья часть книги посвящена электромагнитной обстановке больших городов. Вы узнаете о нашей удивительной связи с естественными электромагнитными полями Земли, которые в современном мире почти полностью заглушены гораздо более сильными техногенными полями. Как это может отразиться на нашем здоровье, и как минимизировать риски?

Наконец в четвёртой части мы поговорим о том, что такое радиация, где мы можем «схватить дозу», чего надо бояться, а чего нет. Мы постараемся разобраться с физическими основами всех этих явлений, чтобы вы могли осознанно выстраивать свой быт в современных условиях.

Автор книги более тридцати лет преподаёт физику самым разным слушателям — как физикам, так и не физикам, а также читает научно-популярные лекции. Автор надеется, что изложенный материал будет понятен и интересен любознательному читателю, который хоть «краешком уха» прослушал курс физики в школе или только знакомится с этой замечательной наукой. Студенты-физики и учителя также найдут в книге что-то полезное для себя.

# ЧАСТЬ 1.

## МИР ЗВУКОВ

*Мы погружены в звуковую атмосферу: голоса природы, городские шумы, речь, музыка. Что такое звуки, как они рождаются и почему такие разные: высокие и низкие, приятные и неприятные, иногда шумы, а иногда музыка? Какая может быть польза от звуков для нашего здоровья и самочувствия и могут ли они приносить вред? Постепенно мы ответим на все эти вопросы. Природу звука и проблемы, связанные с его возникновением, распространением и восприятием человеком, изучает раздел физики — акустика. Сначала мы немного поговорим о физике: как звуковые волны возникают, распространяются и воспринимаются человеком, а затем обсудим их влияние на самочувствие и здоровье.*





# ФИЗИКА ЗВУКОВ

## ГЛАВА 1

### Что такое звук?

Мы слышим звук, когда что-то заставляет вибрировать, то есть колебаться, барабанные перепонки в наших ушах. Причём частота вибрации должна лежать в определённых пределах: не менее 16 колебаний в секунду (то есть 16 герц) и не более 20 тысяч колебаний в секунду (20 тысяч герц). Эту область частот называют звуковым диапазоном. Колебания барабанной перепонки с частотой менее 16 герц и более 20 тысяч герц мы не воспринимаем как звук, то есть не слышим. Сразу оговоримся: таков звуковой диапазон для молодых людей. Но уже с 15–20 лет этот диапазон начинает заметно сужаться, особенно со стороны высоких частот. Так что к 35 годам люди перестают слышать звуки с частотой более 15 тысяч герц, а к 50 годам верхний предел снижается, как правило, до 12 тысяч герц (у многих мужчин даже до 6–7 тысяч герц). Причём для того, чтобы предельно низкие

и предельно высокие звуки были услышаны, они должны быть очень сильными, то есть вызывающими гораздо более интенсивные колебания барабанных перепонок, чем звуки середины звукового диапазона.

**Колебания — это периодически повторяющиеся движения, они характеризуются частотой — числом колебаний в секунду. Частота измеряется в герцах (сокращённо Гц): 1 Гц — это одно колебание в секунду.**

Одни звуки мы воспринимаем как низкие (басовые), другие — как высокие, тонкие. Музыканты называют это высотой тона. Именно частота колебаний определяет высоту тона: большая частота создаёт ощущение высокого звука, малая частота — низкого.

Итак, ощущение звука связано с вибрацией барабанных перепонок. Но что её вызывает? Обычно нас окружает воздух. Вибрации воздуха, его периодические сгущения и разрежения — вот что заставляет так же периодически двигаться наши барабанные перепонки. А что порождает вибрации воздуха? Периодические или непериодические изменения плотности окружающей среды создаёт источник звука.

Этим источником может быть любое тело: можно ущипнуть струну или провести по ней смычком, постучать по чему-нибудь, поскрести, потрясти... Нужно, чтобы поверхность тела-источника начала колебаться, колыхаться, дрожать. Положите ла-

доть на горло во время пения или потрогайте крышку звучащего рояля, и вы почувствуете вибрацию.

Вибрирующая поверхность источника изменяет плотность прилегающего слоя окружающей среды: воздуха или воды, а иногда и твёрдого тела (копыта коня стучат по земле). Все эти среды — газообразная, жидкая, твёрдая — являются упругими, то есть изменения плотности и давления, возникшие в одном месте, передаются от слоя к слою, распространяясь всё дальше от источника, подобно кругам на воде от брошенного камня. Такая передача объясняется взаимодействием молекул среды друг с другом. В газе это взаимодействие сводится к столкновениям молекул: молекулы из места уплотнения расталкивают молекулы в прилегающих слоях, заставляя их так же толкать своих соседей. В итоге колебания плотности и давления передаются от слоя к слою с определённой скоростью — скоростью звука. В газах эта скорость составляет сотни метров в секунду (в воздухе при комнатной температуре она равна 340 м/с). Обратите внимание: при распространении звуковой волны сами массы воздуха не перемещаются, каждая частичка среды лишь колеблется туда-сюда и заставляет это делать соседние частицы.

В жидких и твёрдых средах молекулы «чувствуют» друг друга на расстоянии электрическими полями: стоит одному слою молекул чуть сместиться от своего положения равновесия, как соседние молекулы почувствуют это и тоже придут в движение — начнут колебаться около своих равновесных положе-

ний, воздействуя в свою очередь на следующие слои. Поэтому звуковые волны в плотных средах распространяются быстрее, чем в газах. Так, в воде скорость звука около 1,5 км/с, а в твёрдых телах и того больше.

**Звуковая волна — это процесс распространения колебаний плотности и давления в упругой среде (воздухе, воде и любом твёрдом веществе).**

И вот звуковая волна доходит до барабанной перепонки уха, вызывая её движения. От перепонки колебания через систему слуховых косточек передаются улитке внутреннего уха (мы ещё поговорим о ней в своё время), а от неё уже в виде электрических импульсов по слуховому нерву поступают в нужную зону мозга, который обрабатывает полученный сигнал. И мы слышим звук. Так что звук — явление не только физическое, но и физиологическое.

**Ощущение звука возникает в результате воздействия колебаний давления воздуха (или воды, если человек находится в воде) на барабанную перепонку уха.**

Итак, чтобы мы услышали звук, необходимы три составляющие:

1. Источник звука, создающий периодические или непериодические изменения плотности частиц окружающей среды.

2. Упругая среда, которая передаёт возникшие в ней уплотнения во все стороны.
3. Приёмник звука (барабанные перепонки и весь наш слуховой аппарат). Добавим сюда и мозг, обрабатывающий сигналы от звуковых нервов.

### **Неслышные звуки**

Звуковые волны с частотой менее 16 Гц называют инфразвуком, а с частотой более 20 000 Гц — ультразвуком. Мы не воспринимаем такие колебания барабанной перепонки как звук, но значит ли это, что мы совсем их не чувствуем?

Исследования инфразвука начались в середине прошлого века. Инфразвук появляется при землетрясениях, цунами, ударах грома, вибрациях тяжелых станков, рёве реактивных двигателей. Он присутствует и в рок-музыке, особенно в тяжёлом роке и на «живых» концертах. Инфразвуковые волны проходят сквозь любые преграды и распространяются на огромные расстояния.

У многих морских животных развита чувствительность к инфразвуку, благодаря которой они узнают о приближении шторма. Некоторые виды наземных животных (в том числе кошки) изменяют своё поведение перед землетрясением. Что позволяет им чувствовать его приближение? Малые колебания грунта, увеличение статического электричества, воздействие инфразвуковых волн? Точно неизвестно. Возможно, все