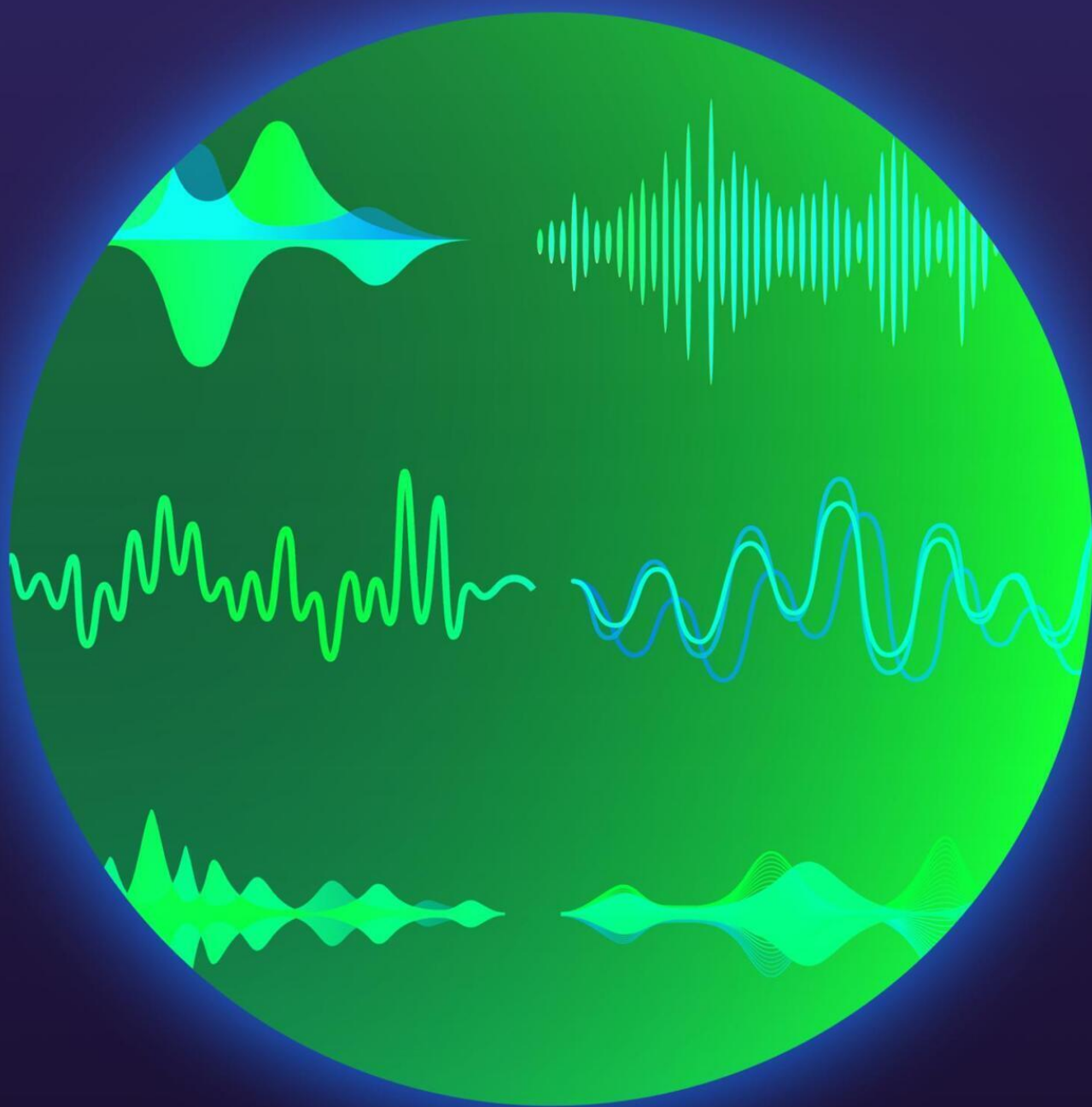


АКУСТИКА НА ПАЛЬЦАХ



Михаил Кушнир

Михаил Кушнир
Акустика на пальцах

«Автор»

2023

Кушнир М.

Акустика на пальцах / М. Кушнир — «Автор», 2023

Цель книги– компенсировать неоправданно ограниченное отражение акустики в школьном курсе физики. Мир на Земле упруг и поэтому богато озвучен, он весь пронизан упругими волнами, поэтому воспринимаем мы их не только ушами, как это не покажется кому-то странным. Стил ь изложения научно-популярный с минимумом формул и расчетов: только одна простая формула, которая позволяет лучше представлять волновые проявления в увязке с окружающей нас геометрией пространства. Поэтому книга доступна любому школьнику, которого интересует, как устроен мир. Возможно, книгу сочтут полезной учителя физики, которые любят выходить за рамки учебника. С акустикой связано много видов профессиональной деятельности, поэтому описание самых разных акустических проявлений и вариантов работы с ними можно рассматривать под углом зрения профессиональной ориентации.

© Кушнир М., 2023

© Автор, 2023

Содержание

Предисловие одноклассника	5
Благодарности	6
Предисловие	7
Акустика человека	10
Как мы слышим и дышим	10
Конец ознакомительного фрагмента.	11

Михаил Кушнир

Акустика на пальцах

Предисловие одноклассника

Последний раз мы общались с автором примерно 20 лет назад на 25-летие выпуска. Предложение написать предисловие к его тексту принял не сразу: я не акустик, а вирусолог, не к пост-ковидному периоду будь сказано. С другой стороны, текст простой, понятный, но небанальный – экскурсионный пробег по упругому миру акустики, ориентированный на возбуждение в школьниках интереса к науке.

Логика влияния 179-й школы в тексте хорошо просматривается. Благодарность нашему учителю физики полностью разделяю, хотя до сих пор помню, как однажды Брон влепил мне «кол». Его отношение к оценкам – это отдельная увлекательная история. У нас был яркий класс и фантастически яркая школа. Мы застали период, когда директором была фронтовичка Екатерина Харлампьевна Дмитриева. Она своим авторитетом держала границы школы, терпела и покрывала неординарные особенности наших учителей, которых мы вспоминаем с большой теплотой. После ее ухода школа начала терять их. Брон оказался одним из первых, кого ушли. К счастью, сейчас школа снова в числе лучших, ее называют «Константиновской» как одну из работающих по концепции математического образования Николая Николаевича Константинова. Он вел у нас математический анализ, ездил с нами на ББС. Тоже яркая личность и очень необычный способ ведения занятий.

Мишка, автор то бишь, в нашей подростковой юности был шевутным – организовывал дискотеки с живой музыкой, приводил на них девчонок из прошлой школы, поскольку на 27 человек в нашем физическом классе было всего 3 своих прекрасных дамы, был одним из организаторов коллективного отпора местным «гопникам», пытающимся «стрелять» у нас по 10 копеек на входе-выходе. Так что не слишком удивлен его неожиданным предложением. Спасибо ему за повод для ностальгических воспоминаний, но читателям они вряд ли интересны.

Раннюю инициацию молодежи красотой устройства нашего мира под углом зрения разных наук в доступном правильном изложении полностью поддерживаю. Надо бы и мне подумать о подобной творческой активности – о популяризации своих научных интересов среди школьников и студентов. Желаю читателю увлечься и осваивать не только простые и популярные форматы изложения. А начать можно с ответов на вопросы в этом тексте.

Алексей Забережный, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук

Благодарности

Разделы с таким названием я обычно просматривал по диагонали: какое отношение ко мне, читателю, имеют взаимоотношения автора с кем-то сторонним? В роли автора я тоже сначала не предполагал такого раздела, пока Павел Максименко не прислал мне потрясающе точные гуманитарные образы в логике моего текста: про крик новорожденного, про пытку тишиной, про рок-концерты, про мелодику «Цыганочки» на множественных звукоописательных признаках. Сам он иронично отнесся к моему желанию сделать отсылку на него, но у меня такие образы вряд ли бы родились без его участия. В нашей своеобразной коммуникации, которой уже порядка 15–20 лет, я обычно несу формальную основу (модели, схемы, процедуры), а он гуманитарную (языки, культуры, искусство, артистизм), хотя очень неплохо ориентируется в технике, математике и формальных подходах.

Для этого текста особенно значим наш учитель физики Владимир Владимирович Бронфман, или Брон, как мы между собой его звали. На похоронах выяснилось, что его звали Виулен Вениаминович (9 марта 1925 – 16 сентября 2009). Большинству читателей все равно, а мне захотелось помянуть во всех форматах.

Раз появился раздел про благодарности, кого там упоминать? Как минимум, был еще его тонкий и ироничный напарник Сергей Михайлович Дунин, который вел у нашего физического класса физический практикум. Решил, что хватит ключевых, хотя 179-я физмат школа особый след оставила из всех московских школ, где я учился. А была не только школа. Акустика для меня – это еще МИРЭА, АКИН, НИИхиммаш.

Физика – это изначальный интерес нашего класса по факту отбора, но Брон превратил интерес в страсть, причем увлечен был безразличными к науке школьниками до последних дней, даже когда ему не нашлось больше места в школе. Можно долго вспоминать его странности про галстук, про халат, про уровень «Техника молодежи», про способ выставления нам оценок...

Предисловие

В моей жизни сложилась довольно занимательная профессиональная траектория, в которой я сначала стал акустиком. Работа со звуком на всех частотах, слышимых и неслышимых, увлекательна и многогранна. Но ворчливость и непоседливость снова занесли меня из акустики в школу, теперь в качестве учителя «физики, математики и информатики». Это был конец 1985 года – самое начало внедрения нового для школы курса информатики, и меня брали под нее. Но сначала были уроки физики, как ни странно.

Пока я любил физику в качестве ученика, я думал, что массовая к ней нелюбовь – заслуга неправильных учителей физики. Когда сам оказался за учительским столом, пришел к выводу, что либо я тоже неправильный учитель физики, либо что-то не так в школьном курсе. На мой вкус, из явно «не так» там ничтожно мало про звук. Много лет спустя вдруг захотелось эту несправедливость исправить – изложить что-то интересное и разное про звук, причем в доступной школьнику форме.

Звук – это самое органичное, что есть в нашей среде, среде упругих контактов. Звука нет в космосе – там неупругая среда. Свет есть, тепло и радиосвязь есть – раздолье всем электромагнитным излучениям. В упругой среде им мешают потери. Зато на Земле, где нас упруго обнимает воздух и вода, звук есть везде, хотя слышим мы ушами довольно узкий диапазон звуковых частот.

Ребенок еще в утробе матери слышит многое, именно благодаря упругой среде, где звук – главный способ общения. С крика ребенка начинается его самостоятельная жизнь на Земле, причем именно этот крик – главный признак нормальности его появления на свет, хотя вокруг полно всяких разных и умных приборов.

Часто мы сталкиваемся с ситуацией, когда люди жаждут тишины, стремятся спрятаться от напряженных делами звуков. Но правда ли это, или насколько это правда? Чего человек, жаждущий «тишины», на самом деле хочет? Он устал и хочет, чтобы окружающие звуки не требовали деловой реакции от него.

Лес и его звуки – идеальная среда для отдыха, которая дает расслабление и разрядку. Конечно, пока на человека слишком опасно никто не рычит, не шипит, не жужжит и не пищит. Лес полезен мозгу и в глазах, и в ушах. Глаз устает от техногенно ритмичных пейзажей города – отдыхает на аритмичных контурах лесов и полей (в дальней перспективе) или кустов, травы, деревьев, когда вблизи. Ухо устает от монотонного шума, несущего техногенные ритмы и риски при их сбоях – отдыхает даже на суррогатах в виде записей звуков природы: прибоя, дождя, пения птиц...

Один из вариантов пытки – тишиной: человека запирают в безэховую камеру или в глубокий подвал, где нет никаких звуков. Совсем! Что в этом страшного? А то, что человек сначала слышит свои органы, а вскоре многих начинают мучить звуковые галлюцинации. Были случаи сумасшествия от тишины.

Акустика как название науки восходит к древнегреческому слову ἀκοῦω – слышу. А учитывая вышесказанное, слух является почти синонимом жизни. И именно поэтому глухота человека – не столько болезнь, сколько трагедия. Даже абсолютно глухие люди что-то ловят в нашем упругом мире. Чем выше частота звука, тем менее вероятно они его могут воспринять. И как им воспринять строки Михаила Кочетова, учитывая, что шипящие звуки более высокочастотные? Сами посудите:

*«Шипит на крыше дождь, как будто
Картошка на дешёвом сале.»*

Популярная «Цыганочка» вся пронизана звуковыми образами:

Две гитары, **зазвенеv**,
Жалобно **заныли**...
С детства памятный **напев**,
Старый друг мой – ты ли?

Как тебя мне не узнать?
На тебе лежит печать
Буйного похмелья,
Горького веселья!

Это ты, загул лихой,
Ты – слиянье грусти злой
С сладострастьем баядерки —
Ты, **мотив** венгерки!

Квинты резко дребезжат,
Сыплют дробью звуки...
Звуки ноют и визжат,
Словно **стоны** муки.

Что за горе? Плюнь, да пей!
Ты завей его, завей
Веревочкой горе!
Топи тоску в море!

Вот **проходка по баскам**
С удалью небрежной,
А за нею – **звон и гам**
Буйный и мятежный.

Перебор... и **квинта** вновь
Ноет-завывает;
Приливает к сердцу кровь,
Голова пылает.

А в учебнике физики звук упоминают мельком в теме «Волны». Конечно, волны, не поспоришь. Но в стольких видах и настолько интересно, многогранно, что за «мельком» обидно. Попробуем компенсировать это «мельком». Причем, я абсолютно уверен, что потом будет масса замечаний, что я незаслуженно забыл упомянуть одно, другое, третье... И это будет абсолютная правда, подтверждающая многогранность темы.

Как учил нас Брон – главное надо понять «на пальцах», потом уже можно и формулы нагромоздить. Я так и построил этот текст. Одна формула все же будет, чтобы осмысленно соотносить описываемые явления с окружающей геометрией пространства.

Про иллюстрации

Художник я никакой, а сбор прав на использование существующих в Интернете иллюстраций непрост. В связи с этим в тексте будут ссылки на источники с иллюстрациями. Зато

там часто не просто иллюстрации, а тексты на близкие темы. Я оставил для лучшего представления лишь редкие схемы и одну фотографию, сделанную лично, поэтому коллеги и собственные дети стращают провалом в среде современных детей, привыкших к изобилию медиа. Посмотрим. Включайте воображение.

Стартовое напутствие

Лучше читать вместе с кем-то, с кем приятно обсудить или поспорить. Важные **понятия** выделены в тексте жирным шрифтом. Беглый обзор полезных для понимания понятий и явлений вынесен в конец в виде приложения. Сами решайте, стоит его смотреть или нет, когда смотреть и как – в учебнике это все тоже есть.

Акустика человека

Как мы слышим и дышим

Человек слышит звуки в диапазоне 20 Гц – 20 кГц. Диапазон условный. Верхние частоты до 20 кГц слышат далеко не все, причем с возрастом граница опускается. Неслышимые низкие частоты, до порога слышимости, называют **инфразвук**. Неслышимые высокие частоты, выше порога слышимости, называют **ультразвук**. Порог слышимости на разных частотах у человека разный. Лучшая чувствительность человека к звуку в диапазоне от 500 Гц до 5 кГц.

Звук, проходящий снаружи, попадает к нам по воздуху в уши¹. Воздух раскачивает барабанную перепонку. К перепонке прижата костная конструкция, которая достучивается до нерва нашего слухового восприятия. Когда что-то не так в ухе, передача колебания перепонкой ухудшается, она плохо раскачивает слуховые косточки.

Наличие двух ушей позволяет нам определять направление на источник звука. Это называется **бинауральный** эффект. Причем, важнее не различие в громкости, а запаздывание – чем раньше звук достиг одного уха, тем ближе источник к нему. Стереонаушники при электроакустической обработке сигналов могут имитировать движение источника звука вокруг нас. Несимметричность ушей спереди и сзади помогает различать источник звука спереди и сзади. Но уши иногда удается обмануть.

¹ Схема строения уха на странице Новокузнецкого диспансера с подробным описанием слухового аппарата <https://nvkz-tub.ru/blog/preddverie-stenki-preddveriya-vnutrennego-uha.html>

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.