

Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин

Занимательная радиотехника

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Л11

Л11 **Л. В. Кубаркин**
Занимательная радиотехника / Л. В. Кубаркин, Е. А. Левитин – М.: Книга по Требованию, 2013. – 264 с.

ISBN 978-5-458-47604-1

Издание второе. Массовая радиобиблиотека, выпуск 454. «Занимательная радиотехника» представляет собой сборник примеров из самых различных областей радиотехники, в занимательной форме иллюстрирующих физическую сущность процессов в радиотехнических устройствах и взаимосвязь радиотехники с другими областями науки и техники. Книга предназначена для радиолюбителей, интересующихся современным состоянием радиотехники и желающих постичь физическую сущность процессов и явлений, используемых в радиотехнической аппаратуре. Однако книга не ставит задачи систематического изложения курса радиотехники. «Занимательная радиотехника» рассчитана на читателя, интересующегося техникой и физикой и обладающего знаниями в объеме средней школы.

ISBN 978-5-458-47604-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Радиолитература у нас вообще не может пожаловаться на отсутствие внимания со стороны читателей. В особенности это относится к массовой литературе, рассчитанной на широкого читателя. Поэтому неудивительно, что такая книга, как «Занимательная радиотехника», претендующая на несколько необычный подход к подбору материала и способу его изложения, вызвала большой поток откликов.

В подавляющем большинстве эти отклики были положительными.

Выбранный авторами уровень изложения большинство читателей признало правильным.

Поэтому общий характер второго издания «Занимательной радиотехники» не изменился. Книга переработана, из нее изъято более трети материала и заменено новым, более современным. В оставленный от первого издания материал внесены оказавшиеся нужными коррективы и дополнения.

Материал для второго издания подбирался и обрабатывался по-прежнему так, чтобы книга оказалась подходящей по уровню наиболее широкому кругу читателей.

СПИСОК ПРИНЯТЫХ В КНИГЕ СОКРАЩЕНИЙ

a — ампер
a · ч — ампер-час
v — вольт
вт — ватт
г — грамм
гн — генри
гц — герц
дб — децибел
кал — калория
ккал — килокалория
кв — киловольт
квт — киловатт
кг — килограмм
кгц — килограмм герц
км — километр
км/сек — километр в секунду
ком — килоом
к. п. д. — коэффициент полезного действия
к — кулон
л — литр
м — метр
м² — квадратный метр
м³ — кубический метр
ма — миллиампер
мв — милливольт

мес. — месяц
мин — минута
Мг — мегагерц
мк — микрон
мка — микроампер
мкв — микровольт
мкф — микрофарада
мм — миллиметр
млрд. — миллиард
млн. — миллион
мм² — квадратный миллиметр
мм³ — кубический миллиметр
Мом — мегом
м/сек — метр в секунду
пф — пикофарада
сек — секунда
см — сантиметр
см² — квадратный сантиметр
см³ — кубический сантиметр
УКВ — ультракороткие волны
ф — фарада
ч — час
э. д. с. — электродвижущая сила
°С — градус Цельсия

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов	3		
Предисловие ко второму изданию	5	Длина волны и частота . .	83
Коротко об электроне . .	9	Цифры комариного писка	85
Из чего состоят все тела	16	Летучая мышь — живой локатор	87
Один грамм электронов . .	21	Почему мы понимаем друг друга	92
Скорость движения электронов	23	Здрафтуйте, Седор Феменич	94
Четыре вида электрического тока	30	1/16 секунды	96
В какую сторону течет электрический ток	35	Минимальная продолжительность тона	98
Когда I не равна $10 \times 0,1$	37	Границы полосы пропускания	99
Что такое отрицательное сопротивление	38	Динамический диапазон	101
Преобразование энергии в радиоаппаратуре	43	Почему работает электродинамический громкоговоритель	103
Механические, электрические и электромагнитные колебания	46	От чего зависит мощность громкоговорителя?	106
Что такое вакуум	52	От телефонных трубок до ионофона	108
Сколько же молекул воздуха остается в лампе	54	Почему в комнате слышно громче, чем на открытом воздухе	111
Почему перегорает нить накала	56	Беззвучный громкоговоритель	114
Предохранители перегорают при включении	57	Это не мой голос	116
Где скрыто сопротивление электронной лампы	60	Радиоприемник и глаз . . .	117
Почему лампа усиливает	63	Во сколько раз усиливает приемник	119
Размеры электронных ламп и их параметры	66	Усиление в 15 млрд. раз	121
Возрождение двухсетки	68	Хватит ли у человека силы питать радиоприемник	122
Почему греются аноды . .	71	Мощность приемника и площадь комнаты	125
Что дает чернение анодов	74	Почему прикосновение к сетке вызывает гудение	127
Голубое свечение электродов	75	Трансформатор вместо лампы	129
Куда деваются электроны?	77		
Сколько названий было у электронной лампы . . .	80		
Длина звуковых волн . . .	81		

Растянутые или сжатые диапазоны	131
Суперный шум и мурашки	132
Антенна с сердечником . . .	136
1 000 в антенне	138
Заземление в цветочном горшке	141
Два „окна прозрачности“	143
Почему атмосфера поглощает радиоволны	147
Рабочий день импульсного передатчика	148
Раскрытая тайна	149
Фотоснимок с экрана телевизора	152
Тысячи километров по экрану телевизора	156
Телевизор как радиолокатор	159
Самолет создает замирания	162
Как надо понимать синхронность	164
Быстрее света	167
Число строк и полоса частот	169
Ладонь на расстоянии вытянутой руки	173
Телевизионные параметры глаза	176
Четверть копейки в год	179
Светящееся пятно на экране телевизора	182
Телевизионные передачи на магнитной ленте	186
Трубки с черным экраном	191
Невидимое становится видимым	192

В 25 раз тоньше волоса	195
Еще в 4 раза тоньше	195
Полоса частот	196
Полоса частот и частота передачи	201
Что движется быстрее: звукосниматель или игла	202
Эволюция детектора	204
Тайна кристаллического детектора	208
Конкуренты электронной лампы	211
Еще один конкурент	216
Почему усиливает транзистор	219
Параметрические усилители	222
Молекула конкурирует с радиолампой	225
Парамагнитные усилители	229
Усилители с использованием эффекта Холла	231
Провод из непроводника	233
Металлический изолятор	235
Телефон без проводов и без радио	237
Кристалл стреляет светом	238
Биологическая радиосвязь	240
Связь на волнах тяготения	244
Говорит межзвездный водород	246
Новый метр, рожденный радиотехникой	249
Застывшие заряды	250
Нагрев в холодной спирали	258
Как разогреть котлету	259
Чудо-печь	263



Многие из современных приборов и устройств имеют в своем названии слово электронный: электронная лампа, электронное телевидение, электронный микроскоп, электронное реле. Примеров можно привести множество. Особенно часто слово электронный связывается с радиотехническими терминами. И даже само название радиотехника все чаще заменяют другим — радиоэлектроника.

Чем же это объясняется?

Мы знаем, что электроны являются важнейшей составной частью вещества. Если бы название «электронный» присваивалось на этом основании, то без него оставалось бы не так-то много слов.

Не может ли иметь значение то, что все электронные устройства, приборы и системы являются по сути дела электрическими, а электрический ток представляет собой упорядоченное перемещение электронов? Нет! Ответ может быть только отрицательный. Никому не придет в голову назвать электрический утюг или электровоз электронным, хотя не подлежит сомнению, что в основе их работы лежат электронные процессы.

Термин «электронный» в современной науке и технике применяют по отношению к тем приборам и устройствам, которые являются электрическими и в основу которых положено управление электрическими зарядами. Оно весьма значительно отличается от управления движением зарядов в проводниках и обладает многими важнейшими особенностями.

Что же мы знаем об электроне?

Мы привыкли читать и говорить, что молекула мала, но мы никогда не представляем себе, насколько она в действительности потрясающе мала. У нас нет для этого масштабов. Молекула — это не кирпич в сравнении с огромным зданием и даже не пылинка, сопостав-

ленная с величайшим небоскребом. Это «еще гораздо меньше».

Возьмем каплю воды. Капля — практически наименьшая мера жидкости, которой мы пользуемся в обиходе. Считать на капли нам приходится разве только при отмеривании лекарств. Но в капле воды заключено невообразимо большое количество молекул. Только море может позволить нам постигнуть его.

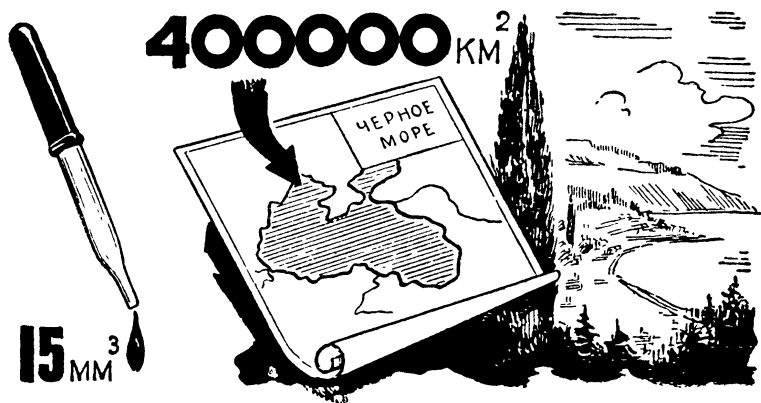
На благодатном юге нашей Родины раскинулось теплое Черное море. Его площадь равна примерно $400\,000\text{ км}^2$, а глубина его в среднем достигает 750 м .

Много ли капель в Черном море?

Конечно, подобный вопрос кого угодно поставит в тупик. Нескоро сообразишь, сколько капель, скажем в стакане воды, а тут целое море! Больше чем тысяча километров отделяет его восточные берега от западных. Неоглядные дали, покрытые водой.

Не будем пытаться угадать, сколько капель в Черном море. Возьмем карандаш и бумагу и попробуем найти интересующее нас число. Примем, что объем капли воды равен 15 мм^3 . Тогда, исходя из площади поверхности моря и его глубины, найдем, что в нем содержится что-то около $2 \cdot 10^{22}$ капель воды.

Это число огромно. Оно послужит нам для перевода одного масштаба в другой, потому что в одной капле воды содержится примерно столько же молекул, сколько капель в Черном море. Закройте глаза и представьте себе бесконечное множество капель, из которых оно состоит. Столько же молекул в одной капле. Как же мала



должна быть эта самая молекула, чтобы в маленький объем капли воды их вместилось такое баснословно большое количество.

Этот пример поможет, пусть с трудом, но все же представить себе, сколь ничтожны размеры молекулы и как непомерно много молекул даже в невидимой пылинке.

И в то же время молекула далеко не «самое маленькое». В ультрамикроскопическом мире тех «кирличиков», из которых построен мир, молекула может считаться гигантом. Ее структура сложна, часто даже очень сложна. Молекула сама состоит из более простых образований — атомов.

Вот булавочная головка. Мы часто приводим ее в пример, когда хотим подчеркнуть малые размеры чего-нибудь. Тогда мы говорим: «с булавочную головку».

Булавочная головка меньше капли воды, но в ней все же заключено 10^{19} атомов железа.

С чем можно сравнить это число? От Земли до Солнца 150 млн. км. Переведем километры в миллиметры, получим $1,5 \cdot 10^{14}$ мм. Это число грандиозно, но все же, если мы распределим атомы из булавочной головки на пути от Земли до Солнца, то на каждом его миллиметре оказалось бы... по полмиллиона атомов. Представьте себе бесконечную вереницу кучек по полмиллиона атомов от Земли до Солнца и все эти атомы из одной булавочной головки. Вот как мал атом!

Но ведь это все еще не электрон. Это сложное образование — атом. Электрон еще меньше. В атоме железа, из которого сделана булавочная головка, 26 электронов. Если все электроны булавочной головки растянуть цепочкой с интервалом 1 мм, то такая цепочка электронов протянется от Земли в безбрежные дали космического пространства на такое расстояние, какое свет пролетает за 26 световых лет. Это далеко даже в космических масштабах. Ведь ближайшая звезда (Проксима в созвездии Центавра) находится от Земли на расстоянии всего в четыре световых года. А 26 световых лет — это расстояние, на котором находится от Земли яркая и красивая звезда Вега из созвездия Лиры.

Вот в какие страшные дали завела нас булавочная головка!

Что же представляет собой электрон и какие число-

вые характеристики определяют его физические свойства?

Электрон является частицей, имеющей наименьший электрический заряд. Заряд электрона считается наименьшим возможным количеством электричества только потому, что до сих пор ни разу не приходилось наблюдать меньшего заряда, хотя современная техника эксперимента позволяет обнаружить и измерить меньшие заряды. Заряд электрона измерен много раз разными способами. Он оказался равным $4,8 \cdot 10^{-10}$ абсолютных электростатических единиц, или $1,6 \cdot 10^{-19}$ кулона.

Эта величина представляет для радиотехников особый интерес, так как им постоянно приходится иметь дело с электрическими потенциалами и электрическим током. А электрические потенциалы связаны со скоплением электронов (или других зарядов) в одном месте и их недостатком в другом. Что же касается электрического тока, то он представляет собой движение зарядов. При токе 1 а за 1 сек через поперечное сечение проводника протекает 1 к электричества, т. е. $6,3 \cdot 10^{18}$ электронов.

Число электронов в кулоне баснословно велико. Если зарядить какое-нибудь тело отрицательным зарядом 1 к и потом начать снимать с него электроны по 1 миллиону в секунду, то снимать их придется... 200 тыс. лет.

Электрон имеет массу.

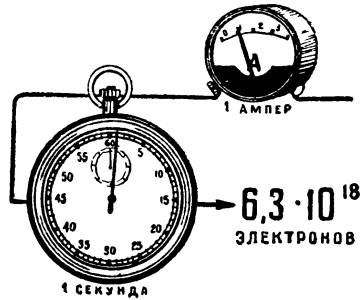
Остроумные и изумительные по своей тонко-



сти эксперименты позволили физикам не только измерить заряд электро-

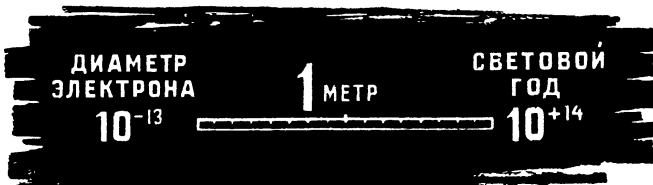
на, но и определить его массу. Она оказалась равной $9,1 \cdot 10^{-28}$ г. Эта величина чрезвычайно мала. Но все же масса электрона не равна нулю, и, помножив число электронов в кулоне на только что приведенную величину, получим, что кулон имеет массу $5,7 \cdot 10^{-9}$ г. Кулон нельзя «взвесить» даже на самых лучших микроаналитических весах, чувствительность которых равна миллионным долям грамма.

Интересно получить хотя бы какое-нибудь представление о величине электрона. Нельзя примитивно считать электрон каким-то подобием шарика или телом какой-либо иной формы. Но все-таки некоторые цифры, характеризующие размеры электрона, имеются. Следует только правильно понимать их. Под размерами электрона понимают не его границы, как какого-то твердого тела, а тот объем, в пределах которого сильно проявляются свойства электрона и приближение к которому уже



можно считать соударением с электроном. Такой объем имеет поперечник около 10^{-5} ангстрема, или $1,2 \cdot 10^{-13}$ см [ангстрем (\AA) = 10^{-8} см]. Как и всегда, эту величину нельзя представить себе без сопоставления. Есть огромная единица — световой год. Расстояние от Земли до Солнца всего только 8,5 световой минуты. Так вот: диаметр электрона примерно во столько же раз меньше метра, во сколько раз метр меньше светового года.

Мы считаем электрон частицей вещества, одной из наименьших элементарных частиц. Такие характеризующие электрон величины, как масса, размеры, по своей сути подтверждают представление о том, что электрон является каким-то микроскопическим «тельцем». Но са-



мые тщательные исследования показали, что в некоторых случаях «поведение» электрона таково, что его приходится считать не частицей, а волной со всеми присущими ей свойствами, в том числе и длиной. Длина волны электрона зависит от скорости его движения. При тех скоростях, с какими фактически приходится иметь дело, длина волны электрона примерно такая же, как у рентгеновых лучей, т. е. 0,005—0,000005 мк.



Следует предостеречь от одной ошибки, которую часто делают, считая, что волны электрона являются электромагнитными волнами. Это не электромагнитные волны, это волны иного порядка, природа которых пока неясна. Они носят название дебройлевских волн (по имени французского физика Де-Бройля). Волновыми свойствами обладают не только электроны, но и все другие элементарные частицы и даже все вообще движущиеся тела. И Вы, читатель, если идете, то приобретаете волновые свойства, однако длина Вашей волны крайне мала, так как длина дебройлевских волн тем меньше, чем больше масса движущегося объекта и чем меньше его скорость.

Однако электрон может быть также источником и электромагнитных колебаний. Это происходит, например, при его торможении. Энергия электрона тем больше, чем быстрее он движется. Указанная выше масса электрона есть масса его покоя. Масса движущегося электрона возрастает со скоростью. Если электрон тормозится, то его энергия уменьшается. Излишек энергии может быть отдан в виде излучения электромагнитных колебаний.

Несколько слов о взаимодействии электрона с полями. Электрон имеет массу и поэтому взаимодействует