

Е. Айсберг

Транзистор. Это очень просто!

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62-63
ББК 30.6
Е11

Е11 **Е. Айсберг**
Транзистор. Это очень просто! / Е. Айсберг – М.: Книга по Требованию, 2024. – 112 с.

ISBN 978-5-458-25670-4

ISBN 978-5-458-25670-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

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.

СОДЕРЖАНИЕ

От. издательства 3 Предисловие автора 4 Действующие лица 6 Беседа первая. Жизнь атомов . . . 7 Полупроводники. Принцип работы и преимущества транзистора. Влияние температуры на транзисторы. Пределы по частоте и по мощности. Молекулы. Атомы. Протоны, нейтроны и электроны. Распределение электронов по оболочкам. Ионизация. Валентное число. Кристаллическая решетка Беседа вторая. Переходы 16 Собственная проводимость. Фотосопротивления и фотоэлементы. Примеси. Доноры. Дырки. Акцепторы. Полупроводники типов <i>p</i> и <i>n</i>. Переход. Потенциальный барьер. Прямое и обратное напряжение. Напряжение пробоя Диод. Выпрямление тока полупроводниками Беседа третья. Добрый день, транзистор! 24 Транзисторы структур <i>p-n-p</i> и <i>n-p-n</i>. Ток покоя. Ток базы. Транзисторный эффект. Усиление тока. Аналогия лампа — транзистор. Входное и выходное сопротивления. Усиление напряжения. Питание транзистора Беседа четвертая. Физика транзисторов 30 Движение зарядов. Основные носители. Принцип работы транзистора структуры <i>p-n-p</i>. Интерметаллические соединения. Обозначение выводов. Условные обозначения транзистора. Краткое изложение основных понятий Беседа пятая. Немного технологий 36 Очистка методом зонной плавки. Высокочастотный нагрев. Выращивание монокристалла. Резка монокристалла. Метод изготовления «тянутых» переходов. Сплавные транзисторы. Проблема мощных транзисторов. Метод диффузии. Время пробега. Емкости <i>p-n</i> переходов. Полупроводниковый тетрод. Поверхностно-барьерные транзисторы. Метод двойной диффузии. Дрейфовый транзистор структуры <i>p-n-p</i>. Меза-транзистор. Канальные транзисторы	Беседа шестая. Царство кривых . . 45 Схема для снятия характеристик. Характеристики $I_b = f(U_b)$ и $I_k = f(U_b)$. Крутизна. Усиление по току. Входное сопротивление. Связь между крутизной, внутренним сопротивлением и усилением по току. Насыщение. Семейство характеристик. Аналогия с пентодом. Предельная мощность. Выходное сопротивление. Определение параметров по семейству статических характеристик Беседа седьмая. Прямые и кривые 54 Статические и динамические характеристики. Вычерчивание нагрузочной прямой. Рабочая точка. Усиление по току, напряжению и мощности. Максимальные значения переменной составляющей. Область насыщения. Выбор сопротивления нагрузки. Динамическая крутизна. Подача смещения Беседа восьмая. Клии клином . . 61 Преимущества схем с обратной связью. Обратная связь по току и по напряжению. Схемы на лампах и на транзисторах. Влияние обратной связи на входное и выходное сопротивления. Фазовые искажения, вносимые транзисторами. Внутренняя обратная связь. Появление искажений при повышении температуры и их ослабление с помощью обратной связи. Применение термисторов Беседа девятая. ОЭ — ОБ — ОК . 70 Ламповые схемы с заземленным катодом, сеткой или анодом. Транзисторные схемы с общим эмиттером, общей базой или общим коллектором. Усиление по току и напряжению в трех основных типах схем. Их входные и выходные сопротивления. Сводная таблица характеристик трех схем включения транзисторов Два письма. Вопросы согласования 77 Источник и режим его нагрузки. Электродвижущая сила и внутреннее сопротивление. Напряжение на зажимах. Генератор напряжения. Генератор тока. Оптимальные условия передачи мощности. Согласование сопротивлений. Применение трансформатора. Оптимальный коэффициент трансформации
--	--

Беседа десятая. Связи всех видов 81

Основные схемы с транзисторами структуры *n-p-n*. Преимущества и недостатки трансформаторной связи. Регулировка громкости звука. Реостатно-емкостная связь. Емкость конденсатора связи. Схема с непосредственной связью. Усилитель постоянного тока. Схема с дополнительной симметрией. Тандем из двух транзисторов

Беседа одиннадцатая. Экономия и мощность 90

Выбор рабочей точки. Экономичная схема с плавающей рабочей точкой. Двухтактный усилитель в режиме В. Поворот фазы с помощью трансформатора. Фазоинвертор. Катодный повторитель на транзисторах. Двухтактный усилитель с дополнительной симметрией. Практическая схема выходного каскада

Беседа двенадцатая. Область высоких частот 97
Граничная частота. Межкаскадная

связь с помощью колебательных контуров. Затухание. Каскады высокой и промежуточной частоты. Емкость коллектор — база. Схема нейтрализации. Автоматическая регулировка усиления. Изменение внутренних емкостей и сопротивлений транзистора. Усиленная автоматическая регулировка усиления

Беседа тринадцатая. От высокой к промежуточной, а затем к низкой частоте 104

Диодное детектирование. Практические схемы. Детектирование с помощью транзистора. Регенеративный детектор. Схемы генераторов. Преобразование частоты с отдельным гетеродином и при помощи одного транзистора

Беседа четырнадцатая. Вагоны и поезда 109

Полная схема приемника. Ферритовая антенна. Разнообразные применения транзисторов. Преобразователь постоянного тока. Будущее транзисторов

ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЛИЦА

Любознайкин — молодой преподаватель по радиоэлектронике, некогда изучивший основы радиотехники с помощью своего дяди Радиоля; он всегда готов удовлетворить неистощимую любознательность своего друга...

...**Незнайкина**, который был его первым учеником. Их беседы изложены в двух книгах («Радио?.. Это очень просто!» и «Телевидение?.. Это очень просто!»), где можно убедиться, что если этому парню иногда не хватает элементарных знаний, то как бы в качестве компенсации этого недостатка он наделен необычной понятливостью и способностью усваивать. В настоящее время Незнайкин работает монтажником на заводе, выпускающем радиоприемники.



БЕСЕДА ПЕРВАЯ

Невозможно понять работу транзисторов, не углубив предварительно некоторых познаний в физике и химии относительно строения атома и соединений атомов. К этому и стремятся наши друзья в своей первой беседе.

Содержание: Полупроводники. Принципы работы и преимущества транзистора. Влияние температуры на транзисторы. Пределы по частоте и по мощности. Молекулы. Атомы. Протоны, нейтроны и электроны. Распределение электронов по оболочкам. Ионизация. Валентное число. Кристаллическая решетка.

ЖИЗНЬ АТОМОВ

Незнайкин — жертва транзисторных приемников

Любознанийкин. — Рад видеть тебя, дорогой друг. Хорошо ли ты провел отпуск?

Незнайкин. — Увы, нет.

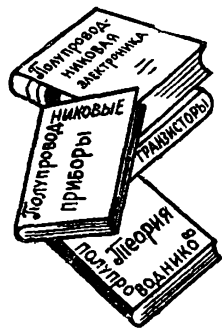
Л. — Погода была неблагоприятна, облачное небо или море разбушевалось?

Н. — Совсем нет, в этом отношении мне повезло — погода была идеальная. Но на пляже не было никакой возможности отдохнуть, так как повсюду отдыхающие гремели своими транзисторными приемниками. Перекличка безголосых певичек и мотивы диких танцев подвергли мои нервы жестокому испытанию. А в довершение этих невзгод я, желая понять, как эти транзисторные приемники могут наделать столько шума, попытался читать книги, которые должны были открыть мне глаза на теорию и вопросы применения... и ничего в них не понял!

Л. — Я понимаю твоё огорчение от этой неудачи. Но пусть твоё самолюбие не страдает: поверь мне, транзисторы не такая простая штука! Открывая Международный конгресс по транзисторам, который в мае 1959 г. состоялся в Лондоне, лорд Хейлшем сказал: «Я думаю, что даже в наиболее развитых в промышленном отношении странах один из десяти тысяч человек не сможет объяснить, что такое транзистор или даже что такое полупроводник».

Н. — Это меня утешает, и тем более, что, как мне кажется, я могу сказать, что такое полупроводник.

Л. — Незнайкин, браво! Ну, выкладывай свои знания.



Трехлапое создание

Н. — Ну, начнем хотя бы с того, что полупроводник должен иметь сопротивление, во много раз большее, чем у проводников, но и значительно меньшее, чем у изоляторов.

Л. — Правильно, но это слишком общее определение. Чтобы быть более точными, скажем, что у такого полупроводника, как германий (который в основном используется для производства транзисторов), удельное сопротивление в 30 миллионов раз больше, чем у меди, и в миллион миллионов раз меньше, чем у стекла (рис. 1).

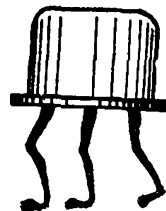
Н. — Одним словом, в таблице удельных сопротивлений он стоит ближе к проводникам, чем к изоляторам?

Л. — Да, и именно потому, что германий в некоторой мере проводит ток, из него можно делать «трехлапые создания».

Н. — Кого ты так называешь?

Л. — Такое название можно дать транзисторам (или полупроводниковым триодам), так как они имеют три проводочных вывода.

Н. — Если я правильно понял, транзистор заменяет электронную лампу. Может ли он выполнять все ее функции и какие преимущества по сравнению с лампой он имеет?



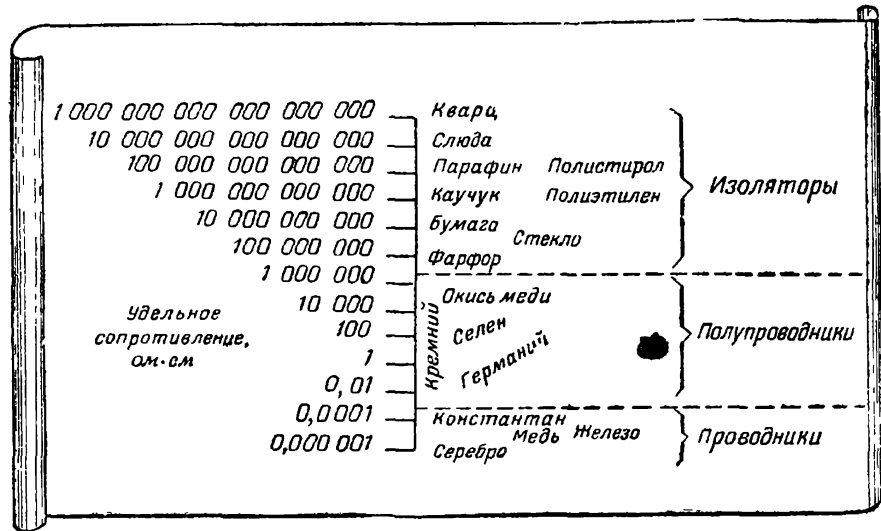
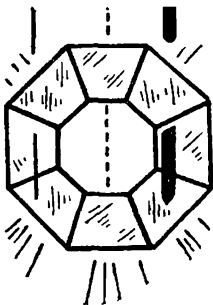
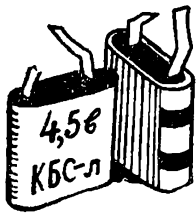
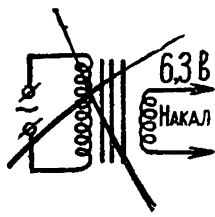


Рис. 1. Распределение важнейших проводниковых, полупроводниковых и изоляционных материалов в зависимости от их удельного сопротивления. Здесь видно, что удельное сопротивление полупроводников изменяется в очень широких пределах и что они занимают довольно широкую область.

Л. — Ну вот, на меня и обрушился поток вопросов!.. Да, мой дорогой Незнайкин, транзистор, как и электронная лампа, может усиливать и детектировать сигналы; он также способен генерировать электрические колебания; его можно использовать в качестве преобразователя частоты и во всех других случаях, где до сих пор применялись вакуумные электронные лампы. Что же касается преимуществ, то у транзисторов их много. Начнем хотя бы с отсутствия накала.

Н. — Это чудесно! Значит, не нужно больше специального источника для питания накала?

Л. — Нет, не нужно, и поэтому транзисторы начинают работать не медленно, как только на них подадут напряжение, тогда как для лампы на подогрев уходит несколько десятков секунд, пока их катоды не достигнут температуры, необходимой для нормальной эмиссии электронов.

Н. — Я думаю, что отсутствие накала должно также повысить коэффициент полезного действия, так как при использовании лампы значительная часть энергии источника питания теряется в виде теплоты.

Л. — Совершенно верно. Транзистору чуждо характерное для всех радиоламп разбазаривание ватт, которые бесполезно уходят в калории. Там, где электронная лампа обычно потребляет 2 и даже 3 вт, транзистор удовлетворяется десятками милливатт, т. е. мощностью в сотню раз меньшей. А вместо 200 в, необходимых для приемно-усилительных ламп, транзистору вполне достаточно напряжения до 10 в.

Н. — Значит, одна или две обычные батарейки для карманного фонаря вполне удовлетворяют скромный аппетит приемника на транзисторах?

Л. — Да, именно так питаются портативные приемники, которые отравляли твое существование на пляже.

Н. — Можно ли также думать, что транзисторы прочнее и более долговечны, чем электронные лампы, раз у них нет ни обрывающейся нити накала, ни катода, теряющего в конце концов свою эмиссию?

Л. — Правильно. Транзистор отличается прочностью (ведь это кусочек германиевого или кремниевого кристалла, снабженный тремя выводами и помещенный в корпус), малым весом и миниатюрностью.

Н. — Чудесно! Одни преимущества и нет недостатков!

Оборотная сторона медали

Л. — Вот опасность поспешных выводов! К сожалению, транзистор имеет и недостатки. При температуре выше 55°C его к. п. д. довольно быстро падает; а если температуру поднять выше 85° , то и после охла-

ждения он потеряет свои первоначальные качества¹. Это верно по крайней мере для германиевых транзисторов. Кремниевые транзисторы свободно выдерживают значительно более высокие температуры. Их не испугаешь температурой и в 150°С. Дело в том, что в кремнии, как ты увидишь потом, электроны поверхностной оболочки сильнее связаны с ядром атома.

Н. — Я обещаю тебе никогда не прикасаться своим паяльником к транзистору.

Л. — И хорошо сделаешь. Впрочем, чтобы припаять выводы транзистора, необходимо перехватить калории, выделяемые наконечником паяльника, и не дать им достичь активного элемента транзистора.

Н. — А как это сделать?

Л. — Очень просто: надо зажать плоскогубцами часть проволочного вывода между транзистором и местом пайки... Кроме того, выводы транзисторов обычно делаются из проволоки, плохо проводящей тепло (и, к счастью, хорошо проводящей ток!).

Н. — Можно ли в чем-нибудь еще упрекнуть транзистор?

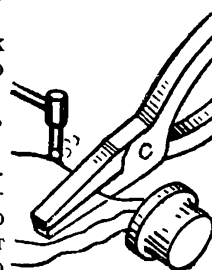
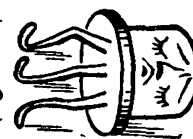
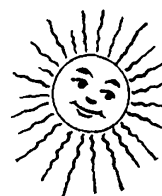
Л. — К несчастью, да. Его возможности ограничены по частоте и по мощности. Он не может работать на частотах, превышающих несколько сотен мегагерц...

Н. — Но это не так уж плохо, если вспомнить, что мегагерц — это миллион периодов в секунду.

Л. — Он также не может работать при больших мощностях, так как в этом случае теплота, выделяемая в транзисторе, резко ухудшает его отдачу.

Н. — Не думаешь ли ты, что эти недостатки исключают возможность широкого применения транзисторов?

Л. — Конечно, нет. С тех пор как транзистор был изобретен в 1948 г. тремя американскими физиками — Бардиным, Брэттейном и Шокли, которые получили за это изобретение Нобелевскую премию, он непрерывно совершенствовался. Уже сейчас транзистор в большинстве случаев может успешно заменить электронную лампу. Но тем не менее я не думаю, что когда-нибудь придет такой день, когда можно будет полностью отказаться от применения электронных ламп.



Возвращение к истокам

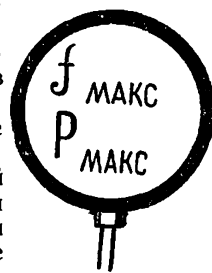
Н. — Теперь, когда меня больше не осаждают нестройный ансамбль портативных приемников с пляжа, я больше, чем когда бы то ни было, хочу понять, как работают транзисторы и каким образом их можно использовать.

Л. — Любопытная вещь: насколько просты наиболее распространенные транзисторные схемы, настолько сложны явления, происходящие в этих крохотных полупроводниковых триодах.

Н. — Раз ты говоришь о триоде, то я подозреваю, что в транзисторе имеются катод, сетка и анод.

Л. — Действительно, там различают области, которые в известной мере играют роль, аналогичную электродам вакуумного триода: эмиссия потока электронов, регулировка его плотности и его собирание. И если ты желаешь, я могу кратко рассказать о применении транзисторов, не анализируя принципа их работы. Согласен?

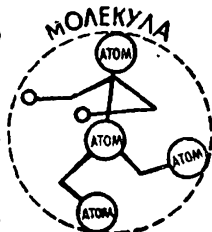
Н. — Нет, я предпочитаю разобраться, что там в действительности происходит. Ты приучил меня рассуждать и анализировать механизм изучаемых явлений. Сохраним же эту традицию.



О молекулах и атомах

Л. — Ты прав. Но в этом случае мы должны начать с начала, т. е. со строения материи.

Н. — Мне кажется, что это... материя, которую мы давно знаем. Самая маленькая частица вещества, сохраняющая все его химические свойства, называется молекулой — так сказано в моем учебнике физики.



¹ Некоторые мощные транзисторы выдерживают температуру, близкую к 100°С. Это достигается введением в полупроводниковый материал относительно высоких доз примесей.

Л. — Однако там не сказано, что в настоящее время мы знаем около полумиллиона разных молекул, являющихся результатом различных комбинаций примерно ста простых элементов.



Н. — Да, но там сказано, что все молекулы находятся на некотором расстоянии одна от другой (чем и объясняется сжимаемость всех тел), что они притягивают одна другую (к нашему счастью, иначе все предметы немедленно же рассыпались бы в пыль) и что они находятся в беспорядочном движении, скорость которого по мере повышения температуры увеличивается.

Л. — Bravo, Незнайкин! Ты все меньше и меньше заслуживаешь теперь свое имя... Раздробим теперь молекулы, которые состоят из атомов, т. е. элементарных частиц простых веществ (или элементов). Каждый атом, как ты знаешь...

Н. — ...представляет собой как бы миниатюрную солнечную систему со своим солнцем-ядром, состоящим из протонов (элементарных положительно заряженных частиц) и нейтронов, а планетами этой системы являются электроны, или вращающиеся вокруг ядра элементарные частицы отрицательного электричества (рис. 2).

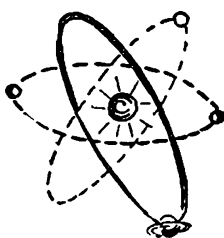
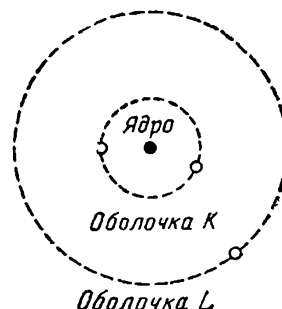


Рис. 2. Атом лития имеет два электрона, вращающихся на оболочке К, и один электрон на оболочке L.



Л. — Ты говоришь как по книге, но нужно быть осторожным с аналогиями. Если все планеты солнечной системы движутся в одной плоскости, то у электронов орбиты располагаются в разных плоскостях. И эти орбиты расположены в пространстве не по воле случая: они могут занимать лишь определенные места, носящие название оболочек К, L, M, N, O, P и Q. Эти оболочки можно представить себе в виде концентрических сфер, в центре которых находится ядро, а радиусы этих сфер пропорциональны квадрату их номера.

Н. — Подожди, Любознайкин! Для меня это сразу слишком сложно.

Л. — Нет ничего проще. Оболочка К — это оболочка номер 1. Следовательно, у оболочки L, имеющей номер 2, радиус будет в $2^2 = 4$ раза больше, а у оболочки M радиус будет в $3^2 = 9$ раз больше и т. д.

Н. — Это значит, что радиус седьмой оболочки, которую ты называешь оболочкой Q, будет в 7^2 , или в 49 раз больше радиуса оболочки К?

Л. — Разумеется. А кроме того, энергия, которой обладает каждый электрон, возрастает по мере увеличения номера (обычно говорят «квантового числа») оболочки, на которой он находится.

Н. — Расстояния до ядра увеличиваются от оболочки к оболочке, но какова их реальная величина?

Л. — Самая близкая к ядру оболочка К находится от него на расстоянии пяти миллиардных долей сантиметра, но я боюсь, что это тебе ничего не говорит. Представь себе фею, которая ударом волшебной палочки может увеличивать вещи в 10 раз. Если наша фея 14 раз подряд ударит своей волшебной палочкой по атому углерода¹...

Н. — ...атом увеличится в 10^{14} раз и, возможно, достигнет размеров целого земного шара, так что его и пристроить будет некуда. Вот будет фея хлопот!

Л. — Совсем нет. Протоны станут величиной с простое яблоко, а электроны (хотя масса каждого из них в 1837 раз меньше массы протона) станут с футбольный мяч. И если ядро такого атома положить на паперть Собора Парижской богородицы, то два электрона оболочки К будут вращаться на расстоянии 5 км, т. е. еще не выйдут за пределы Парижа. Что же касается четырех электронов внешней оболочки, то они будут вращаться в пригородной зоне на расстоянии 20 км от ядра, например будут проходить через Версаль.



¹ Ядро атома углерода содержит 6 протонов и 6 нейтронов; этот атом имеет 6 электронов, из которых 2 находятся на оболочке К и 4 на оболочке L.

У Незнайкина кружится голова

Н. — Но что же находится между нашими яблоками и футбольными мячами?

Л. — Ничего! Пустота. Но, разумеется, существуют электрические, магнитные, гравитационные и другие силы взаимного притяжения, поддерживающие всю эту систему в состоянии равновесия. Заряды с противоположными знаками взаимно притягиваются, поэтому электроны не уходят от своего ядра, несмотря на центробежные силы, стремящиеся их оторвать от ядра.

Н. — Ты меня пугаешь. Если это так, то атом состоит скорее из пустоты, чем из материи.

Л. — Совершенно верно, мой друг. И если бы удалось спрессовать все ядра и все электроны, составляющие, к примеру, твое тело, так, чтобы между ними не осталось пустоты, то получилось бы зернышко, едва различимое под микроскопом, но весящее, как и ты, 70 кг.

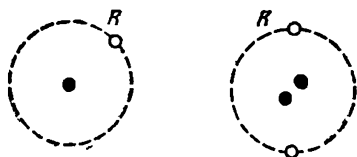


Рис. 3. Вот два самых простых атома! атом водорода (слева) и атом гелия (справа).

Н. — У меня мурашки пробегают по коже каждый раз, когда ты напоминаешь мне, что я также состою из атомов. Но теперь, когда ты открыл мне, что во мне царит пустота, я испытываю жуткое головокружение.

Л. — Поэтому мы поступим благоразумно, если в дальнейшем будем говорить о других атомах, а не об атомах твоего тела. Чтобы более наглядно представить себе строение атома, условимся обозначать каждую оболочку в виде окружности. Как ты, очевидно, знаешь, наиболее простое строение имеет атом водорода. Он состоит из одного протона и одного электрона, находящегося на оболочке *K*. В атоме гелия вокруг двух протонов ядра на этой же оболочке *K* вращаются два электрона (рис. 3).

Н. — А какой элемент имеет три электрона на оболочке *K*?



Ограниченное количество мест

Л. — Никакой, так как эта оболочка не может иметь больше двух электронов. Точно так же оболочка *L* не может иметь больше 8 электронов. На оболочке *M* может присутствовать не более 18 электронов, на оболочке *N* — не более 32, на оболочке *O* — не более 50, на оболочке *P* — не более 72 и на оболочке *Q* — не более 98 электронов.

Н. — Очень любопытна эта последовательность чисел, которые ты называешь с такой легкостью.

Л. — Тут нет моей заслуги, так как эти числа определяются по очень простому закону:

Для оболочки *K*: $1^2 \times 2 = 2$.

Для оболочки *L*: $2^2 \times 2 = 8$.

Для оболочки *M*: $3^2 \times 2 = 18$.

Для оболочки *N*: $4^2 \times 2 = 32$.

Для оболочки *O*: $5^2 \times 2 = 50$.

Для оболочки *P*: $6^2 \times 2 = 72$.

Для оболочки *Q*: $7^2 \times 2 = 98$.

Н. — В общей сложности 280. Значит, имеются атомы, содержащие такое количество электронов.

Л. — Нет, потому что если оболочки *K*, *L*, *M* и *N* действительно могут иметь указанное мною количество электронов, то на оболочке *O* на практике их не бывает больше 18, на оболочке *P* — больше 32 и на оболочке *Q* — больше 10 (рис. 4).

Н. — Это очень интересно, но мне кажется, что мы рискуем заблудиться в лабиринтах атомной и ядерной физики.



Л. — Напротив, мы сейчас же примем решение, которое в значительной мере облегчит нам изучение всех этих вопросов. Если ты согласен, мы теперь будем учитывать только электроны, находящиеся на внешней оболочке атома.

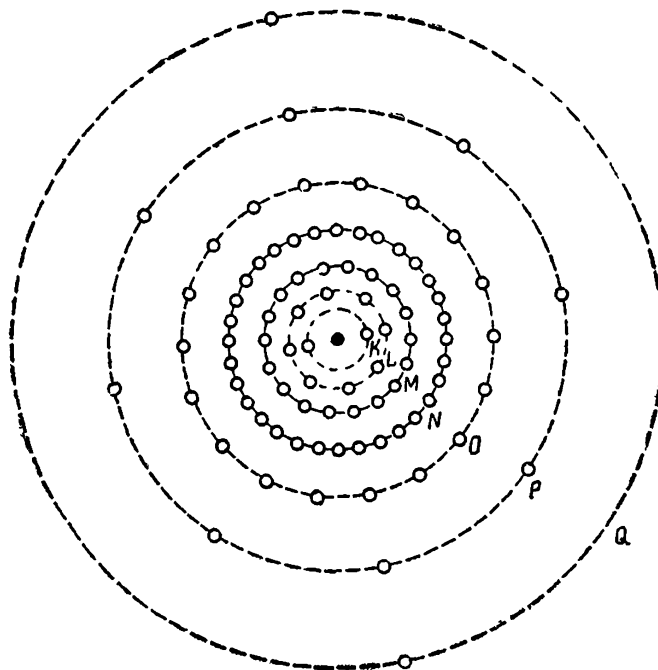


Рис. 4. Схематическое изображение атома радия, показывающее распределение электронов по различным оболочкам. В действительности орбиты располагаются в различных плоскостях.

Н. — Хорош же ты! Открыв мне существование многочисленных оболочек, из-за чего атом напомнил мне луковицу, ты сразу же запрещаешь мне очистить эту луковицу. Уж не хочешь ли ты уберечь меня от слез?..

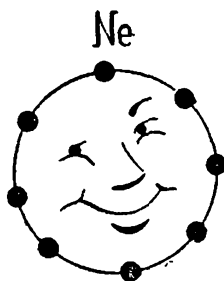
Нейтральное состояние и ионизация

Л. — Решение, которое мы должны принять, вполне законно. Что нас интересует в конечном счете? — Электрическое состояние атомов. Однако обычно атом содержит электронов столько же, сколько и протонов, в результате чего отрицательные заряды первых уравновешиваются положительными зарядами вторых. Такой атом электрически нейтрален. Но может случиться, что внешние силы сорвут у атома один или несколько электронов. В этом случае равновесие нарушается: общая сумма отрицательных зарядов электронов оказывается меньше положительного заряда ядра. Такой атом называют положительным ионом.

Н. — А если, наоборот, по той или иной причине атом получит избыточные электроны, то он станет отрицательным. Я подозреваю, что в этом случае его можно назвать отрицательным ионом.

Л. — Превосходно! Однако такие потери или приобретения электронов (называемые ионизацией) могут иметь место главным образом на внешней оболочке, т. е. там, где меньше проявляется сила притяжения ядра.

Н. — Да, я понимаю, что в этих условиях нас могут интересовать только электроны, находящиеся на этой внешней оболочке.



Супружеские вопросы

Л. — Для этого есть еще одна причина. Именно эта оболочка определяет химические свойства элементов. Атом действительно удовлетворен своим существованием только тогда, когда имеет на своей внешней орбите 8 электронов. В этих условиях атом стабилен и не помышляет ни о приобретении, ни о потере электронов. Так, например, неон, имеющий на своей внешней оболочке *L* 8 электронов, весьма этим счастлив и не стремится вступить в связь с каким бы то ни было другим химическим элементом. А фтор, имеющий на этой же внешней оболочке только 7 электронов, только и ищет, как бы вступить в комбинацию с другим элементом, способным уступить ему 1 электрон для пополнения состава внешней оболочки до 8.

Н. — А как осуществляются такие супружеские сочетания?

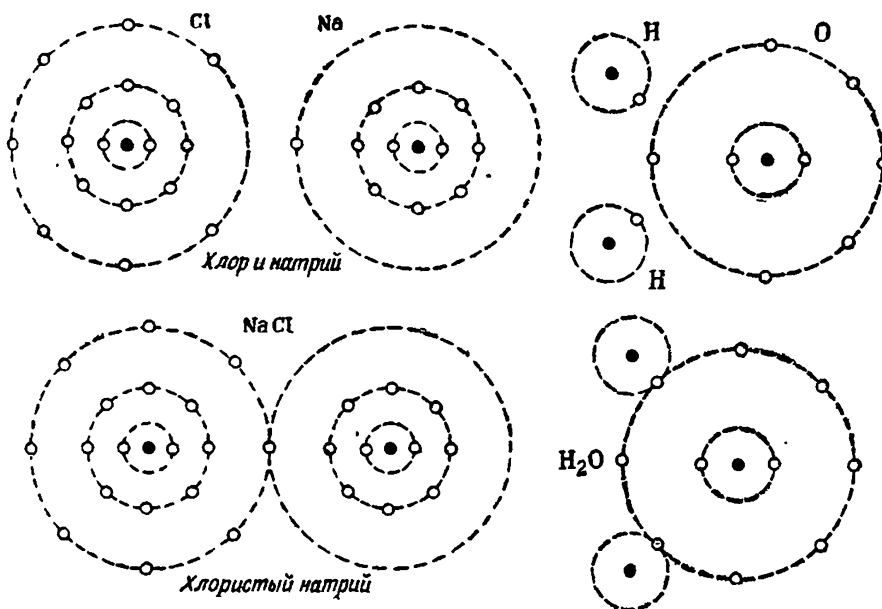
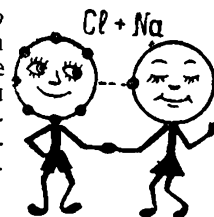


Рис. 5. При соединении атома хлора (Cl) с атомом натрия (Na) образуется молекула хлористого натрия.

Рис. 6. Два атома водорода (H) своими электронами дополняют количество электронов на оболочке *L* атома кислорода (O) до восьми. В результате объединения этих трех атомов образуется молекула окиси водорода, именуемая обычно ... водой (H_2O).

Л. — Возьми для примера хлор, у которого на внешней оболочке *M* 7 электронов, и натрий, имеющий 2 электрона на оболочке *K*, 8 электронов на оболочке *L* и только 1 электрон на оболочке *M*. Вот тебе пример идеальной пары. Входя в комбинацию с хлором, натрий передает ему свой единственный электрон с внешней оболочки и доводит до 8 количество электронов на его внешней оболочке. Одновременно с этим у натрия внешней станет оболочка *L* со своими 8 электронами, принесенными ему тем самым высокой стабильностью (рис. 5).

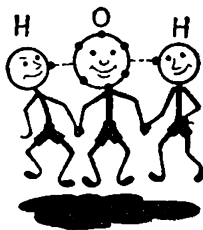
Н. — Да, но, получив избыточный электрон, хлор окажется ионизированным отрицательно, а потерявший свой электрон натрий станет положительным ионом?

Л. — Разумеется. Взаимное притяжение этих двух ионов делает стабильной конструкцию молекулы, появившейся в результате этого бракосочетания.

Н. — А как называется новое вещество?

Л. — Хлористый натрий, если ты будешь покупать его в магазине химических реактивов, но в бакалее это же вещество продается под названием поваренной соли.





Н. — Я в этом не был уверен... А теперь я предполагаю, что таким образом можно объяснить и другие бракосочетания атомов. Как, например, происходит это при образовании молекулы воды?

Л. — Объединение происходит очень любезно. Атом кислорода имеет на внешней оболочке *L* 6 электронов, следовательно, на ней имеется еще два свободных места, и кислород занимает их у двух атомов водорода, так как, позволь тебе напомнить, атомы водорода имеют всего лишь по одному электрону (рис. 6).

Н. — Теперь я понимаю, почему молекула воды состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода.

Л. — Внешнюю оболочку часто называют валентной, имея в виду, что количество электронов на ней показывает, в какие комбинации атом может войти.

Валентным числом называют количество недостающих до стабильного состояния электронов или же, наоборот, количество электронов, которые атом способен отдать другому атому, чтобы стать стабильным.

Порядковый номер атома	Название элемента	Условное обозначение	Количество электронов на каждой оболочке				
			<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>O</i>
13	Алюминий	Al	2	8	3		
14	Кремний	Si	2	8	4		
31	Галлий	Ga	2	8	18	3	
32	Германий	Ge	2	8	18	4	
33	Мышьяк	As	2	8	18	5	
49	Индий	In	2	8	18	18	3
51	Сурьма	Sb	2	8	18	18	5

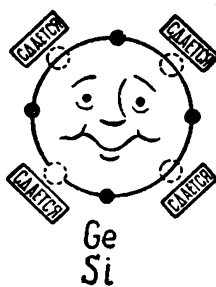
Рис. 7. Распределение электронов (общее количество которых носит название «атомного номера») по различным оболочкам у основных элементов, используемых для изготовления транзисторов. Жирным шрифтом обозначены цифры, определяющие валентность.

Н. — Прости меня, но это мне не совсем понятно.

Л. — Если на внешней оболочке имеется 6 или 7 электронов, то до полного комплекта из 8 электронов ей недостает соответственно 2 или 1 электрона. О таких атомах говорят, что они двувалентны и одновалентны. Но если внешняя оболочка содержит 1, 2 или 3 электрона, то атом будет более склонен отдать эти электроны. В этом случае мы имеем одновалентные, двувалентные и трехвалентные элементы.

Н. — А если внешняя оболочка имеет 4 электрона?

Л. — В этом случае атом был бы более счастлив объединиться с другим атомом, имеющим также 4 электрона на внешней оболочке. Следовательно, такой атом четырехвалентен. Именно такие атомы у германия и кремния, используемых в производстве транзисторов, и у углерода. Наконец, если внешняя оболочка содержит 5 электронов, то атом называется пятивалентным. И возвращаясь к вопросу о транзисторах, я представлю тебе несколько химических элементов, используемых при их производстве. С одной стороны, это алюминий, индий и галлий, внешняя оболочка которых содержит только 3 электрона, т. е. трехвалентные элементы, а с другой стороны мышьяк и сурьма с 5 электронами на внешней оболочке, т. е. пятивалентные элементы (рис. 7).



Общественная жизнь атомов

Н. — Неужели мы будем рассматривать таким способом все химические элементы?

Л. — Нет, успокойся. Мы ограничились элементами, имеющими важное значение в технологии транзисторов. Но мы допустим ошибку, если изучим только индивидуальную психологию атомов. Нас особенно должна