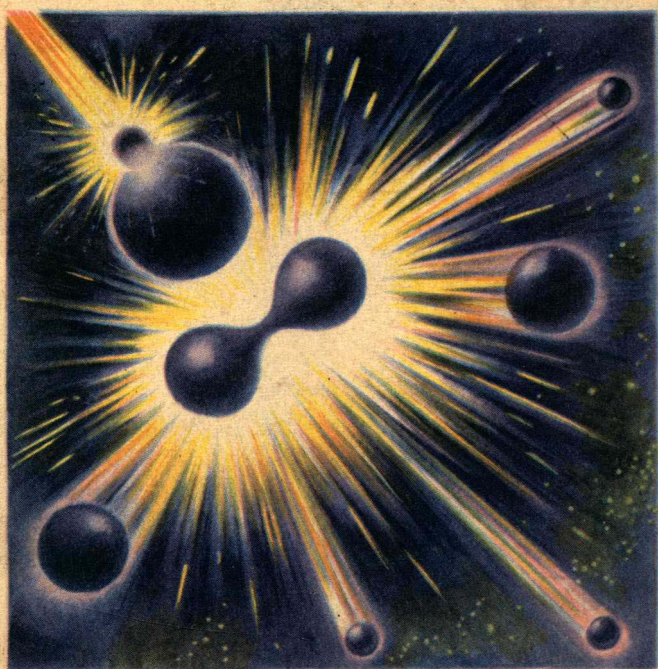


НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА
СОЛДАТА И МАТРОСА



Г. А. Зисман

МИР АТОМА

Зисман Гиш Абрамович
Мир атома

Редактор *Кокосов Б. В.*
Технический редактор *Коновалова Е. К.*
Корректор *Корзинкина Г. В.*

Сдано в набор 22.2.56.
Подписано к печати 12.7.56
Формат бумаги $84 \times 108^{1/32}$
—4 $\frac{1}{2}$ печ. листа = 7,38 усл. печ. л.
7,082 уч.-изд. л.
Г-22622.

Военное Издательство
Министерства Обороны Союза ССР
Москва, Тверской бульвар, 18.
Изд. № 4/8847 Зак. 984

Набрано в 7-й типографии
Управления Военного Издательства
Министерства Обороны Союза ССР

Отпечатано в 1-й типографии
имени С. К. Тимошенко
Управления Военного Издательства
Министерства Обороны Союза ССР

Цена 2 р. 15 к.

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА
СОЛДАТА И МАТРОСА

Г. А. ЗИСМАН

КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

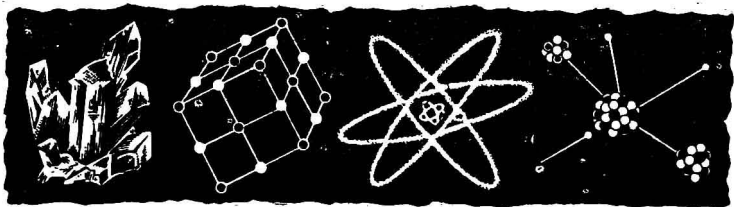
МИР АТОМА

— ◀ ○ ▶ —

*Издание пятое,
переработанное и дополненное*

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР

Москва — 1956



ВВЕДЕНИЕ

Коммунистическая партия, организуя массы на выполнение великих задач по дальнейшему мощному подъёму экономики и культуры нашей страны, поставленных XX съездом КПСС, уделяет огромное внимание делу коммунистического воспитания советских людей. Она ведёт неустанную борьбу против всяких пережитков буржуазной идеологии, в том числе против религиозных предрассудков и суеверий, имеющихся у некоторой части советских людей.

Большое значение в деле борьбы с религиозными пережитками имеет распространение правильного, научного представления об устройстве окружающего нас мира.

В противоположность религии, распространяющей и поддерживающей вымышленные представления о жизни природы и человека, об окружающем нас мире, наука даёт нам правильное представление об устройстве мира, раскрывает объективные законы развития природы. Всё более глубокое проникновение в тайны строения вещества, в мир атома и других мельчайших частиц материи не только даёт нам возможность использовать громадные количества атомной энергии, но и очень важно для всего нашего мировоззрения, для наших представлений об устройстве мира.

Идеалисты различных направлений утверждают, что наука якобы бессильна познать законы природы, что она никогда не будет в состоянии узнать, как устроены мельчайшие частицы материи, что законы, которым они подчиняются, останутся навсегда скрытыми от нас. Некоторые из буржуазных учёных договариваются до того, что мель-

чайшие частицы вещества могут поступать, «как им взду-мается», обладают «свободой воли». Так учёные-идеалисты пытаются примирить науку с религией.

В нашей стране, строящей коммунизм, могучим ору-дием идеологического воспитания народа, путеводной звез-дой для всех наук является марксизм-ленинизм. В отличие от всех реакционных учений мировоззрение коммунизма — оно называется *диалектическим материализмом* — учит, что природа, материя, существует объективно, то есть не-зависимо от человеческого сознания, что материя не есть «произведение человеческого духа», природа не создаётся духом, а лишь познаётся им и что это познание не имеет границ.

Всё развитие науки подтверждает правильность наше-го мировоззрения. Особенно наглядно это подтверждается развитием учения об атомах и молекулах.

Ещё в прошлом веке представление об атомах, мысль о том, что все тела состоят из мельчайших невидимых ча-стиц, являлась до некоторой степени лишь догадкой, пред-положением. Никто не видел воочию атомов и молекул. Их существование доказывалось лишь косвенным путём. Поэтому находились буржуазные учёные, которые утвер-ждали, что атомы и молекулы никогда не могут быть на-ми познаны и, следовательно, нельзя говорить о том, что они существуют. Так, даже в начале XX века немецкий химик Оствальд утверждал, что атомы и молекулы яв-ляются лишь созданием нашего воображения, что в дейст-вительности они не существуют и не могут быть нами по-знаны.

Успехи науки за последние десятилетия полностью опровергли подобные реакционные, антинаучные утвер-ждения.

Реальное, независимое от нас существование атомов и молекул, возможность их познания были доказаны с пол-ной определённости. Учёные не только подробно изучили строение этих мельчайших частиц, они научились получать из атомов невиданные количества энергии. Более того, в наше время в технике работают сотни сложнейших при-боров, в которых основную работу совершают электро-ны — частицы, во много раз меньшие атома, входящие в атом как его составная часть.

С полной уверенностью мы можем говорить о том, что наши знания об атомах и других мельчайших частицах ве-

щества дают нам истинную, объективную картину строения материи; наши знания проверены опытом.

В настоящей книге мы подробно расскажем о строении атомов, об электронах, протонах и других частицах, входящих в состав атомов или образующихся в них. Мы расскажем о том, как учёные проникли в мир атома, его центральную часть — атомное ядро. Наконец, мы расскажем о значении атомной энергии во вселенной, о способах получения атомной энергии, а также о других применениях превращений атомных ядер.

Глава I

МОЛЕКУЛЫ И АТОМЫ

1. Молекулы

Всем хорошо известно, что вода может находиться в трёх состояниях — в твёрдом (лёд), жидком и газообразном (водяной пар). Почему при повышении температуры вода испаряется, а при понижении температуры замерзает? Ответ на этот вопрос дал великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов.

Ломоносов утверждал, что *все вещества — камни, вода, дерево, воздух — состоят из мельчайших невидимых частиц — «зёрен вещества»*. Эти частицы беспрестанно движутся. От скорости движения частиц и зависит температура тела: чем быстрее движутся частицы вещества, тем выше температура тела. Теперь мы знаем, что Ломоносов был прав. Каждое тело действительно состоит из множества невидимых частиц — *молекул*.

Движение молекул различно у разных тел. В твёрдых телах эти частицы вещества колеблются, оставаясь на своих местах так, как если бы они были скреплены между собой пружинками. Молекулы расположены близко друг к другу; между ними действуют особые молекулярные силы (действие которых мы только что сравнили с действием пружинок), удерживающие одну молекулу около другой. Поэтому твёрдые тела сохраняют свою форму.

Начнём нагревать твёрдое тело, например лёд. Скорость колебания молекул при этом будет возрастать. Наступит момент, когда силы притяжения между молекулами не смогут удерживать их на прежних местах — «пружин-

ки порвутся». Молекулы начнут перемещаться, как бы колеблясь и скользя одна около другой. Однако при этом они не будут удаляться друг от друга, поэтому объём, занимаемый веществом, почти не изменится. Но вещество, молекулы которого могут перемещаться, уже не сможет сохранять свою форму — оно становится жидким, текучим. Лёд тает, превращаясь в воду.

Если продолжать нагревание, то наступит момент, когда скорость движения молекул возрастёт настолько, что они смогут преодолеть силы, удерживающие их друг около друга. Отдельные молекулы начнут отрываться от поверхности жидкости и улетать прочь. Жидкость — вода — начнёт превращаться в газ — водяной пар.

Газ не способен сохранять ни свою форму, ни свой объём, так как молекулы его движутся свободно и могут удаляться на любые расстояния друг от друга.

Движением молекул объясняется ряд разнообразнейших явлений.

Например, давление, оказываемое газом на стенки сосуда, в который он заключён, объясняется ударами о стенки быстро движущихся молекул (это объяснение принадлежит Ломоносову). Увеличивая количество газа в сосуде, мы увеличиваем число ударяющихся в стенку молекул, то есть увеличиваем давление. Это мы наглядно видим, например, при накачивании воздухом автомобильной шины.

Давление газа можно увеличить и другим путём — повышая скорость молекул, а значит, и силу их удара о стенки. Для этого газ нужно нагреть. Таким путем, за счет сгорания бензина и происходящего при этом разогревания газа достигается высокое давление в цилиндрах автомобильного двигателя.

Какова величина молекул?

При обычных условиях (температуре 0° Цельсия и нормальном давлении) в каждом кубическом миллиметре воздуха содержится 26 870 000 000 000 000 молекул. И всё же молекулы движутся достаточно свободно, проходя между двумя столкновениями путь, примерно в 200 раз превышающий их размеры. Чтобы целиком заполнить кубический миллиметр пространства, потребовалось бы ещё в тысячи раз больше молекул.

Сто миллионов молекул, уложенных в ряд, образуют цепочку длиной всего 2—3 сантиметра.

Так малы молекулы,

2. Атомы

Наряду с изменениями состояния вещества, которые происходят при изменениях его температуры, мы повседневно сталкиваемся с гораздо более сложными превращениями, когда меняется самоё вещество — разрушаются старые и образуются новые молекулы. Так, например, железо, не защищённое от соприкосновения с воздухом, постепенно превращается в новое вещество — ржавчину.

Мельчайшие частицы — молекулы ржавчины — образуются путём соединения частиц железа с частицами кислорода — газа, содержащегося в воздухе.

Частицы, из которых строятся молекулы, называются *атомами*.

Ржавчина — вещество *сложное*, а железо и кислород — вещества *простые*.

Простое вещество не может быть получено соединением каких-либо других веществ, так как состоит из одинаковых атомов. Сложные же вещества получаются при соединении различных простых веществ, то есть атомов разных сортов. Существуют такие молекулы, в которых содержатся тысячи атомов.

Итак, любое простое вещество состоит из одинаковых атомов. Однако построено оно может быть по-разному. У многих простых веществ — газов кислорода, азота, водорода и других — атомы соединяются по два в молекулы. В твёрдых простых веществах атомы не группируются в молекулы, но зато располагаются в строгом порядке. Интересно то, что одни и те же атомы, располагаясь по-разному, образуют вещества с совершенно различными свойствами. Так, например, мягкий графит, из которого делают сердечники для карандашей, и очень твёрдый драгоценный камень алмаз состоят из одинаковых атомов, но расположенных различно (их расположение в обоих случаях показано схематически на рис. 1).

Алмаз и графит — разные простые вещества, хотя и состоят из одинаковых атомов. В дальнейшем такие различия нас интересовать не будут. Нам будет важен только *сорт* атомов, из которого состоит вещество. Поэтому мы будем говорить не о простом веществе (например, графите или алмазе), а о *химическом элементе* (в данном случае углероде), атомы которого могут образовывать различные

простые и, вместе с атомами других сортов, сложные вещества.

Все превращения вещества, при которых его молекулы перестраиваются — одни разрушаются, другие строятся из атомов разрушающихся молекул, называются *химическими превращениями* вещества.

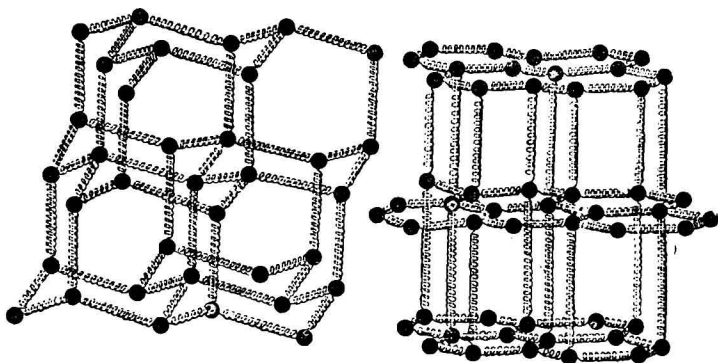


Рис. 1. Расположение атомов углерода в алмазе (слева) и в графите (справа). Силы, действующие между атомами, показаны условно пружинками

Каковы размеры и вес атомов?

Атомы очень малы. Диаметр водородного атома равен одной стомиллионной доле сантиметра. Другие атомы по своим размерам не отличаются сильно от водородного атома. Зато по весу различные атомы очень отличаются друг от друга. Так, например, атом металла урана примерно в 236 раз тяжелее самого лёгкого атома — атома газа водорода. Но и вес тяжёлого атома урана равен всего 0,000 000 000 000 000 000 000 392 грамма.

В этой записи прочесть приведённое число невозможно и даже сравнить его с другим, в десять или сто раз большим, неудобно. Поэтому для очень больших и очень малых чисел пользуются такой записью.

Сто равно $10 \cdot 10$, или десять в квадрате:

$$100 = 10 \cdot 10 = 10^2,$$

или десять во второй степени.

Тысяча:

$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3,$$

или десять в третьей степени, и так далее, так что миллиард запишется коротко:

$$1\,000\,000\,000 = 10^9,$$

или десять в девятой степени, а сто миллиардов миллиардов:

$$100\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 = 10^{20},$$

или десять в двадцатой степени.

Огромные числа, не имеющие специальных названий, не только легко записываются и произносятся, но и легко сравниваются. Сразу видно, что 10^{22} в сто раз больше, чем 10^{20} :

$$10^{22} = 10^{20} \cdot 10^2,$$

в то время как определить это отношение, глядя на $10\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ и $100\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$ не просто: нужно считать число нулей (прямо указанных в новой записи).

Малые числа записывают так:

$$0,001 = \frac{1}{1000} = \frac{1}{10^3},$$

а вместо $\frac{1}{10^3}$ пишут 10^{-3} ; знак минус означает, что 10^3 стоит не в числителе, а в знаменателе дроби. Значит, $0,001$ — одна тысячная — читается ещё так: 10^{-3} , то есть десять в минус третьей степени.

Точно так же одна миллиардная:

$$0,000\,000\,001 = \frac{1}{1\,000\,000\,000} = \frac{1}{10^9} = 10^{-9},$$

читается в новой записи — десять в минус девятой степени, и так далее.

В этой записи, которой мы будем в дальнейшем пользоваться, число молекул в кубическом миллиметре воздуха запишется так:

$$26\,870\,000\,000\,000\,000 = 2,687 \cdot 10^{16},$$

а вес одного атома урана

$$0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,392 = 3,92 \cdot 10^{-22} \text{ грамма.}$$

Ещё задолго до того, как измерили массы атомов («взвесили» их), учёные сумели определить, во сколько

раз одни атомы тяжелее или легче других. Так, например, установили, что атом кислорода примерно в 16 раз тяжелее атома водорода, а атом азота тяжелее атома водорода примерно в 14 раз. Для удобства сравнения масс атомов ввели новую единицу — *атомную единицу массы*, равную $1/16$ массы атома кислорода. В новых атомных единицах вес самого лёгкого атома — атома водорода — становится равным 1,00813, а самого тяжёлого — урана — 238,07.

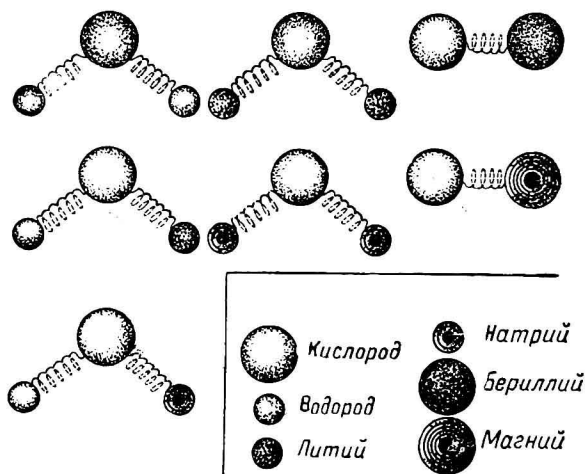


Рис. 2. Схематическое изображение молекул, образуемых кислородом с различными элементами. Рисунок показывает сходство химических свойств водорода, лития и натрия и их отличие от бериллия и магния, сходных между собой

В наши дни вес атомной единицы массы (сокращённо *аеи*) хорошо измерен. Вот чему он равен:

$$1 \text{ аеи} = 1,66035 \cdot 10^{-24} \text{ грамма.}$$

Сколько же атомов различных сортов существует в мире? Иными словами, сколько существует различных химических элементов? Есть ли какая-нибудь связь между весами атомов и их химическими свойствами?

На эти вопросы ответил великий русский учёный Дмитрий Иванович Менделеев ещё во второй половине прошлого века.

Изучая свойства химических элементов и зависимость этих свойств от веса атомов, Менделеев заметил, что по мере увеличения веса атомов химические свойства элементов периодически повторяются.

Так, например, очень похожи по своим свойствам газ водород и металлы — литий, натрий, калий, рубидий, цезий. Вес атома водорода в атомных единицах массы, о которых мы говорили выше, равен примерно 1, лития — 7, натрия — 23, калия — 39 и так далее. Атомы этих элементов могут заменять друг друга в любых молекулах, как это показано на рис. 2.

Так же схожи между собой бериллий, магний, кальций и некоторые другие элементы.

Обнаружив это, Менделеев решил выписать названия элементов в таблицу. Каждая клетка таблицы имела свой номер. В каждую клетку учёный поместил по одному элементу. При этом Менделеев расположил все известные в его время химические элементы так, что они следовали друг за другом по мере возрастания атомных весов, и так, чтобы

элементы с близкими химическими свойствами оказались в одном столбце таблицы. Таким образом, водород с номером 1, литий — 3, натрий — 11 и др. составили один столбец таблицы. Бериллий — 4, магний — 12, кальций — 20 и другие составили следующий столбец и так далее (рис. 3). Эти цифры — номера элементов в таблице Менделеева — получили название *атомных номеров*.

Некоторые клетки таблицы оказались пустыми, так как элементы с нужными свойствами ещё не были открыты. Великий учёный предсказал, какими должны быть эти новые элементы и в каких соединениях нужно их искать. Дальнейшие открытия химических элементов подтвердили правильность предсказаний Менделеева. Это было большим торжеством науки.

	1 Водород 1,008	—
2 Гелий 4,00	3 Литий 6,94	4 Бериллий 9,02
10 Неон 20,18	11 Натрий 23,00	12 Магний 24,32

Рис. 3. Левый верхний угол таблицы Менделеева. Верхние цифры обозначают атомный номер, нижние — атомный вес

В таблице оказалось от первой клетки, занятой водородом, и до последней, занятой ураном, 92 клетки. Отсюда Менделеев заключил, что всего до урана включительно в природе должно существовать 92 различных химических элемента.

Существуют ли элементы тяжелее урана? О том, как учёные ответили на этот вопрос, читатель узнает, прочтя четвёртую главу. Пока укажем только, что элементы с атомным номером, значительно большим 120, существовать не могут.

Глава II

СТРОЕНИЕ АТОМОВ

В каких бы условиях ни возникали одни молекулы из других, всегда получается вещество, молекулы которого построены из *целого* числа атомов. Так, например, в зависимости от доступа воздуха к горящему углю получаются молекулы газа, в состав которых входит либо один атом углерода и один атом кислорода (окись углерода), либо один атом углерода и два атома кислорода (углекислый газ). Но никогда нельзя получить молекул, в состав которых вошёл бы атом углерода и полтора атома кислорода.

При любых химических превращениях веществ ни один атом не исчезает и не превращается в атом другого элемента.

Всё это заставляло учёных думать, что атомы — наименьшие неделимые частицы. Само название отражало эту мысль («атом» — греческое слово, означающее в переводе «неделимое»).

Однако на самом деле это не так. Оказывается, атом можно разложить на ещё более мелкие частицы, да и в молекулу атом не входит как неизменная частица — внешние его части всегда «перестраиваются».

1. Составные части атомов

Встречаемся ли мы в жизни с составными частями атомов? Да, мы пользуемся услугами атомных частиц на каждом шагу.

Частицы атомов, двигаясь по металлическим проводам, передают энергию, вырабатываемую на электростанциях,

по всем уголкам страны; они разогревают тоненькую спиральку электрической лампочки, заставляя её ярко светиться, они приводят в движение электромоторы.

Движение атомных частиц в радиолампах позволяет с помощью радиоволн передавать человеческую речь, музыку и даже изображение движущихся тел на большие расстояния.

Налетая с огромной скоростью на металлическую поверхность, атомные частицы рождают рентгеновы лучи, позволяющие заглянуть внутрь человеческого организма.

Электронный микроскоп, дающий увеличение в сотни тысяч раз, и телевизионные трубки, воспроизводящие изображения, передаваемые по радио, — и здесь основная работа совершается частицами атомов. Без их помощи невозможна работа заводов-автоматов, создание которых — важный этап развития советской техники.

Трудно в наши дни назвать все полезные применения атомных частиц. Эти атомные частицы являются *электрическими частицами*.

О свойствах этих мельчайших частиц вещества мы и расскажем сейчас подробнее. Для этого напомним коротко основные сведения об электрических зарядах.

Существует два рода электричества. Они названы *положительным* и *отрицательным* электричеством. Электрические заряды одинакового рода, как говорят, «одноимённые» заряды, отталкиваются друг от друга, «разноимённые» — притягиваются (рис. 4).

Если соединить одинаковые количества разноимённых зарядов, то они погасят друг друга. Тело, которому были переданы оба заряда, окажется незаряженным, или, как говорят, «нейтральным», как будто на нём никакого заряда и не было.

Силы, действующие между электрическими зарядами, зависят от расстояния между зарядами, знака зарядов и от их величины. Если увеличить расстояние между зарядами, находящимися на двух маленьких шариках, в два

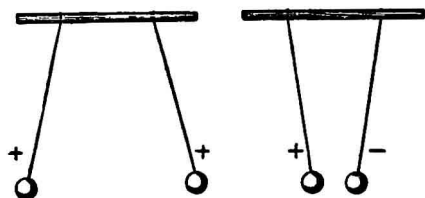


Рис. 4. Заряженные шарики. Слева шарики заряжены одноимёнными, справа — разноимёнными электрическими зарядами

раза, то силы уменьшаются в четыре раза, если увеличить расстояние в три раза, то силы уменьшаются в девять раз и т. д.

От величины зарядов сила, действующая между ними, зависит так, как это показано на рис. 5. На нём изобра-

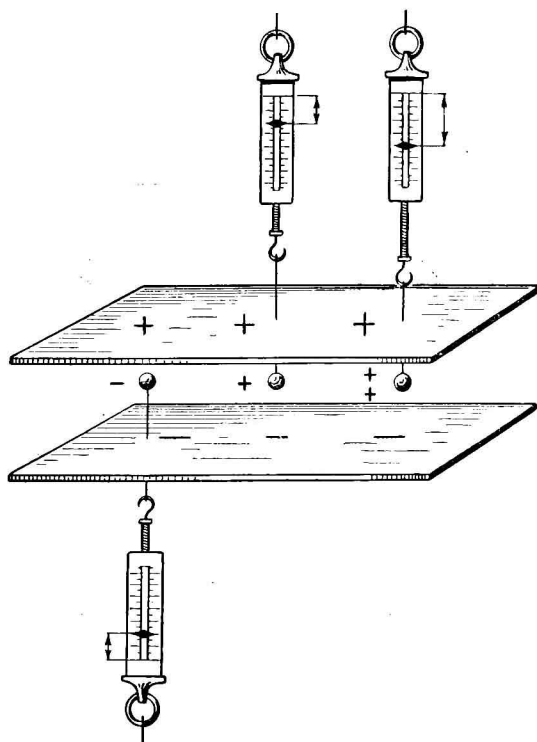


Рис. 5. Сила, действующая на различные заряды между заряженными пластинками. Величина правого, положительного заряда вдвое больше среднего. Величина силы показана условно натяжением пружинных весов

жены две пластинки. Верхняя заряжена положительным электричеством, нижняя — таким же количеством отрицательного электричества. Между пластинками находятся шарики, обладающие зарядами различной величины и знака. Первый шарик слева обладает отрицательным заря-

дом, он отталкивается от одноимённо заряженной нижней пластинки и притягивается к верхней. Средний обладает зарядом такой же величины, но положительным; электрическая сила тянет его вниз. Правый заряжен тоже положительно, но заряд его по величине вдвое больше и сила, действующая на него, тоже вдвое больше. Сила, действующая на заряженные шарики, изображена условно натяжением пружинных весов.

Почему же возникают силы между телами, которые не соприкасаются, между которыми нет никаких ниточек, пружин и т. д.?

Может быть, они действуют друг на друга без всякого передатчика действия, «через пустоту»? Нет, действия на расстоянии, через пустоту, быть не может.

Может быть, действие между заряженными телами передается через воздух? Нет. Опыт в безвоздушном пространстве приведёт к тем же самым результатам — заряды точно так же будут притягиваться или отталкиваться.

Объяснение состоит в том, что пространство вокруг зарядов не является «пустым»: вокруг каждого заряда существует связанное с ним *электрическое поле*.

Электрическое поле — один из видов материи, правда, очень отличающийся от привычного нам вещества.

На рис. 4 правый шарик находится в электрическом поле, связанном с левым шариком, и испытывает со стороны этого поля действие силы. Точно так же левый шарик испытывает действие силы со стороны электрического поля правого шарика. Следовательно, *силы, которые возникают между заряженными телами, обязаны своим происхождением материальному электрическому полю, занимающему пространство вокруг этих заряженных тел.*

В повседневной жизни нам приходится гораздо чаще сталкиваться не с неподвижными электрическими зарядами, а с так называемым *электрическим током*, то есть с зарядами, движущимися по металлическим проводам.

Сделаем кольцо из куска проволоки и присоединим его к батарее от карманного фонарика (рис. 6). По проволоке потечёт электрический ток — поток множества отрицательно заряженных частиц. Легко проверить, что проволока останется при этом электрически нейтральной: заряженный шарик, куда бы его ни поместили, останется неподвижным. Проволока останется нейтральной, потому что количество отрицательных зарядов, содержащихся в