

ЧТО У АТОМА ВНУТРИ

Слово «атом» по-гречески значит «неделимый». Ещё древние греки придумали идею, что всё на свете, как из кирпичиков, сложено из крошечных «кусочков» – атомов. Но это было лишь одно из возможных предположений. Что это за кусочки и существуют ли они, никто не знал до XIX века, когда химики разобрались, что такое молекула, и составили список видов атомов – таблицу химических элементов.¹

А в самом конце XIX века вдруг выяснилось, что атом вовсе не неделимый! Он состоит из крошечного тяжёлого ядра и очень лёгких электронов, крутящихся вокруг. Потом оказалось, что и ядро можно разделить на части (хотя и очень трудно!): оно состоит из двух очень похожих видов частиц – протонов и нейтронов. Их массы почти равны, а у электрона масса почти в 2000 раз меньше (соотношение примерно как между человеком и мышкой).

Главное различие между этими частицами в том, что протоны при-

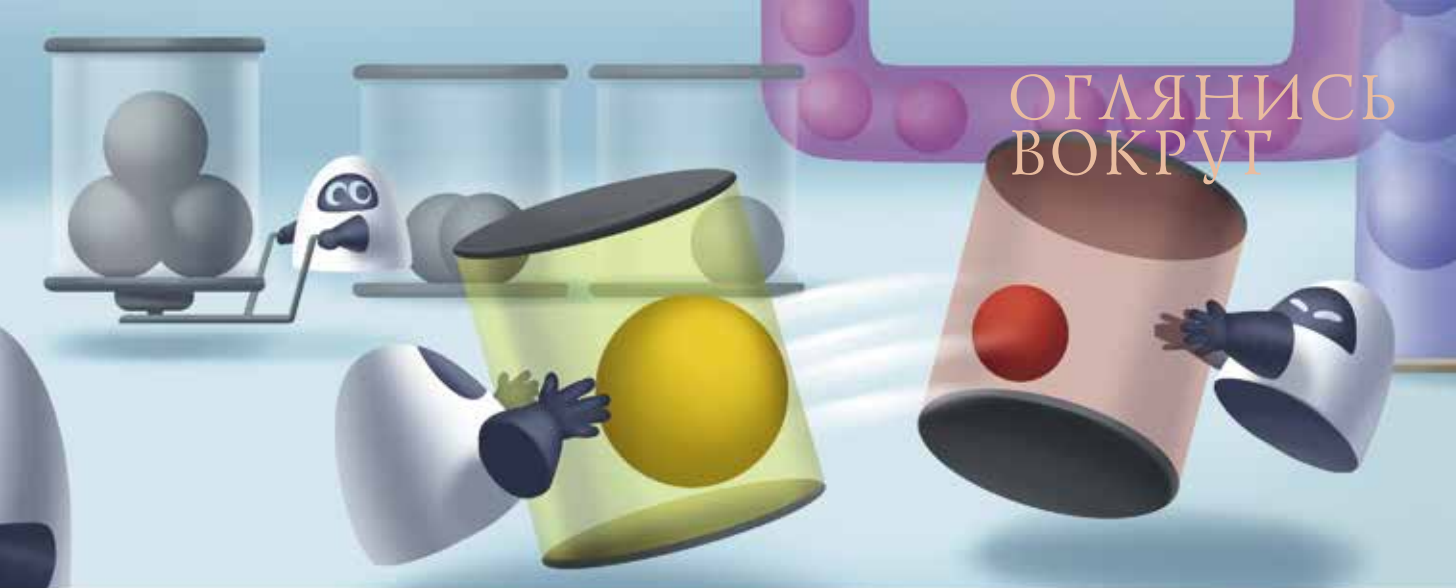
тягивают электроны (и сами к ним притягиваются). А два протона (или два электрона) отталкиваются друг от друга с такой же силой. Эти силы называются *электрическими*. Нейтроны же вовсе не притягивают электроны, да и между собой и с протонами хоть и взаимодействуют, но совсем по-другому (про это мы скажем чуть ниже): в электрическом взаимодействии они не участвуют.

Договорились считать,² что у протонов положительный электрический заряд, у электронов – отрицательный. А у нейтронов электрический заряд – ноль. Получается правило: одинаковые по знаку заряды отталкиваются, заряды разного знака – притягиваются.

Не путайте электрическую силу с гравитационным притяжением! В самом деле, все тела, имеющие массу, притягивают друг друга. Но эта сила крошечная даже для таких «средне-тяжёлых» тел, как, например, мы с вами. Большая она только тогда, когда одно

¹ А разобрались ли вы? Для проверки и чтобы понять, как непросто было до всего этого догадаться, предлагаем вам решить «контрольную задачу» в конце статьи.

² Вообще-то, когда договаривались, про электроны и протоны ещё ничего не знали – это было лет за 150 до их открытия. Тогда положительным назвали заряд, который получается на стекле, если его потереть шёлковой тряпочкой. Теперь мы знаем, что электроны со стекла «убегают» на шёлк.



из тел очень тяжёлое – звезда, планета или хотя бы астероид. А сила гравитационного притяжения протонов (и тем более протона и электрона) ничтожна.

Электрическая сила, напротив, очень велика: если бы можно было закрепить в каком-то месте протон (и воздух, конечно, убрать), а в трёх сантиметрах над ним поместить другой протон, то второй протон не упал бы вниз, а полетел бы вверх – отталкивание одного протона сильнее гравитационного притяжения всей Земли!

Обычно вещи вокруг нас не имеют электрического заряда – в них столько же электронов, сколько и протонов. Но от некоторых атомов электроны довольно легко отрываются. И вот если отдрать от атомов одного предмета тысячу или миллион-другой электронов и «прицепить» к атомам другого предмета, эти два предмета окажутся заряжены: один – положительно (в нём протонов больше, чем электронов), а другой – отрицательно (в нём лишние электроны). А ведь тысяча протонов, если они рядом, притягивают каждый электрон в тысячу раз сильнее, чем один протон. И начнут эти два предмета притягивать-

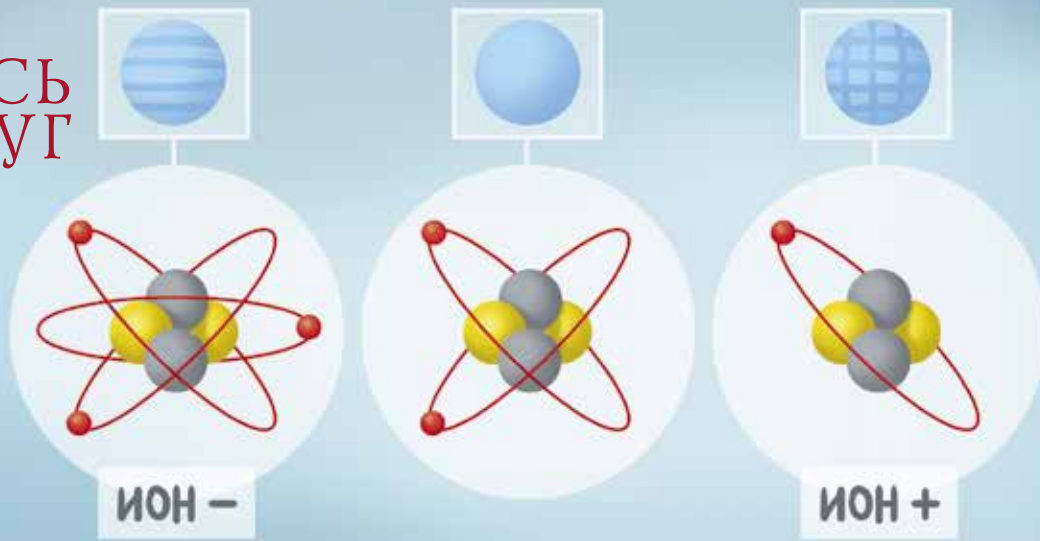
ся друг к другу... Случалось вам видеть что-нибудь похожее? Например, когда вы старательно причёсываетесь пластмассовой расчёской, а волосы сами собой поднимаются ей навстречу?

И ещё. В отличие от, например, животных одного вида, которые всё-таки немножко отличаются друг от друга, все протоны (или все нейтроны, или электроны) совершенно одинаковы. Так что, например, электрон, «потерявший» свой атом, уже не сможет найти его среди других таких же...

Задача 1. Взяли две пары маленьких незаряженных шариков. В первой паре от атомов одного шарика «оторвали» 100 электронов и «посадили» их на второй шарик. Во второй паре то же самое сделали с тысячей электронов. Потом шарики в каждой паре разнесли на одно и то же довольно большое расстояние. (Пары далеко друг от друга, гораздо дальше, чем шарики в каждой паре.) Будут ли шарики каждой пары притягиваться или отталкиваться? В какой паре сила их взаимодействия больше и во сколько раз?

Электрическое притяжение к протонам и держит электроны в ато-

ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



ме, не даёт им улететь. Как мы вскоре убедимся, оно же скрепляет атомы в молекулы. Но не только! Оно же заставляет молекулы одних тел действовать на молекулы других. Если не считать силы гравитационного притяжения, с которой все мы знакомимся с детства (глядя, как падают на пол выпущенные из руки игрушки), все остальные наблюдаемые нами физические явления вызваны как раз электрической силой. Упругость пружины, трение, прилипание разных вещей друг к другу или, наоборот, их взаимное отталкивание – за всё это отвечает взаимодействие электронов одних атомов с ядрами и электронами других.

Но вернёмся к нашим атомам. В нормальной ситуации атом электро-нейтрален, то есть не имеет заряда: у него электронов столько, сколько протонов в ядре. Если это не так (например, кто-то похитил у атома электрон или атом где-то захватил себе чужой), такой «калечный» атом называется *ионом*. Тогда он заряжен – положительно, если электронов не хвата-

ет, и отрицательно, если есть лишние.

Протоны притягивают к себе электроны и заставляют их вертеться вокруг ядра, не улетая далеко. А нейтроны в электрическом взаимодействии не участвуют. Зачем же они тогда нужны? Затем, чтобы «склеивать» протоны в ядре – ведь протоны отталкиваются друг от друга электрическими силами, и без нейтронов они бы разлетелись в разные стороны! Силы, которыми нейтроны удерживают протоны вместе, – уже не электрические. Они действуют только на очень маленьких расстояниях – внутри ядра.³

Теперь можно догадаться, чем отличаются друг от друга разные сорта атомов: у них разное количество электронов. И, соответственно, протонов в ядре. Номер элемента в таблице Менделеева (число, написанное крупно в правом верхнем углу каждой клетки) – это число протонов в атомах этого элемента. А как узнать количество нейтронов? По массе атома, ведь массы протонов и нейтронов равны! Например, в атоме водорода – самом малень-

³ Зато на этих маленьких расстояниях они очень большие – надо ведь «победить» электрическое отталкивание! Поэтому они так и называются – «сильные силы» (strong force), сильное взаимодействие.



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



ком и самом лёгком – всего один протон. А в ядре атома гелия два протона, и при этом атом гелия в 4 раза тяжелее атома водорода. Электроны не в счёт – значит, в ядре гелия 2 нейтрона!

Масса атома – в единицах массы водорода – написана в каждой клетке внизу.⁴ Легко убедиться, что у не-

тяжёлых атомов нейтронов примерно столько же, сколько протонов. А у тяжёлых – нейтронов больше: всё труднее становится удерживать всю эту громоздкую конструкцию.

Но почему эта масса нецелая? Не может же, например, у хлора быть 18 с половиной нейтронов? Конечно,

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																											
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII													
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	б а													
1	1	H водород 1,008																	He гелий 4,003	2									
2	2	Li литий 6,941	Be бериллий 9,0122	B бор 10,811	C углерод 12,011	N азот 14,007	O кислород 15,999	F фтор 18,998											Ne неон 20,179	10									
3	3	Na натрий 22,99	Mg магний 24,305	Al алюминий 26,982	Si кремний 28,086	P фосфор 30,974	S сера 32,064	Cl хлор 35,453											Ar аргон 39,948	18									
4	4	K калий 39,098	Ca кальций 40,08	21	Sc скандий 44,956	22	Ti титан 47,867	23	V ванадий 50,941	24	Cr хром 51,996	25	Mn марганец 54,938	26	Fe железо 55,849	27	Co кобальт 58,933	28	Ni никель 58,7										
	5	29	Cu медь 63,546	30	Zn цинк 65,37	Ga галлий 69,72	Ge германий 72,63	As мышьяк 74,922	Se селен 78,96	Br бром 79,904										Kr криптон 83,8	36								
5	6	Rb рубидий 85,468	Sr стронций 87,62	39	Y иттрий 88,906	40	Zr цирконий 91,22	41	Nb ниобий 92,906	42	Mo молибден 95,96	43	Tc технеций [99]	44	Ru рутений 101,07	45	Rh родий 102,906	46	Pd палладий 106,4										
	7	47	Ag серебро 107,868	48	Cd кадмий 112,41	In индий 114,82	49	Sn олово 118,71	50	Sb сурьма 121,76	51	Te теллур 127,6	52	I йод 126,905								Xe ксенон 131,3	54						
6	8	Cs цезий 132,905	Ba барий 137,33	56	57 – 71 лантаноиды	72	Hf гафний 178,49	73	Ta тантал 180,948	74	W вольфрам 183,84	75	Re рений 186,207	76	Os осмий 190,2	77	Ir иридий 192,22	78	Pt платина 195,09										
	9	79	Au золото 196,967	80	Hg ртуть 200,59	Tl галлий 204,38	81	Pb свинец 207,19	82	Bi висмут 208,98	83	Po полоний [210]	84	At астат [210]	85							Rn радон [222]	86						
7	10	Fr франций [223]	Ra радий [226]	88	89 – 103 актиноиды	104	Rf резерфордий [261]	105	Db дубний [262]	106	Sg сигборгий [263]	107	Bh борий [262]	108	Hs хасий [265]	109	Mt мейтнерий	110											
Л А Н Т А Н О И Д Ы																													
57	La лантан 138,906	58	Ce церий 140,12	59	Pr празеодим 140,908	60	Nd неодим 144,24	61	Pm прометий [145]	62	Sm самарий 150,4	63	Eu европий 151,96	64	Gd гадолиний 157,25	65	Tb тербий 158,926	66	Dy диспрозий 162,5	67	Ho гольмий 164,93	68	Er эрбий 167,26	69	Tm тулий 168,934	70	Yb иттербий 173,05	71	Lu лютеций 174,97
А К Т И Н О И Д Ы																													
89	Ac актиний [227]	90	Th торий 232,038	91	Pa протактиний [231]	92	U уран 238,29	93	Np нептуний [237]	94	Pu плутоний [244]	95	Am амерций [243]	96	Cm курий [247]	97	Bk берклий [247]	98	Cf калifornий [251]	99	Es эйнштейний [254]	100	Fm фермий [257]	101	Md менделевий [258]	102	No нобелий [259]	103	Lr лоуренсий [260]

⁴ Тут мы чуть-чуть обманываем читателя, но это не беда: дальше придётся обманывать ещё сильнее...

ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ



нет. Просто это значит, что в природе бывают атомы с 17 электронами, 17 протонами и 18 нейтронами, а бывают такие, у которых электронов и протонов столько же, а число нейтронов отличается. И те и другие – атомы хлора, ведь электронов и протонов столько же. Такие «подвиды» атомов одного вида называют *изотопами*. В таблице Менделеева написана средняя масса атомов каждого вида (с учётом распространённости их изотопов).

В большинстве клеток средняя масса близка к целому числу. Это значит, что, как правило, в природе больше всего какого-то одного изотопа атомов каждого вида, а атомы с другим количеством нейтронов встречаются не так уж часто. Почти всегда можно не обращать на них внимания и округлять массу до ближайшего целого числа.

Когда хотят уточнить, какой именно изотоп имеется в виду, заряд ядра и его массу пишут прямо рядом с названием элемента: например, ${}^1_1\text{H}$ – обычный водород; ${}^2_1\text{H}$ – тяжёлый водород, он же дейтерий; ${}^3_1\text{H}$ – сверхтяжёлый водород, тритий.

Ну-ка, проверим – всё ли понятно?

Задача 2. Сколько у атома ${}^{12}_6\text{C}$ электронов, протонов и нейтронов? А у атома ${}^{23}_{11}\text{Na}$? А у атома ${}^{197}_{79}\text{Au}$? У каких атомов 30 нейтронов? (Считаем только основные, самые распространённые изотопы каждого элемента.)

Задача 3. Если 1 кг воды «расщепить» на кислород и водород, сколько получится граммов газа кислорода?

Задача 4. Во что превратится атом кислорода ${}^{16}_8\text{O}$, если добавить в его ядро один нейтрон? А если убрать один протон?

Задача 5. У хлора два распространённых изотопа. Более редкий из них имеет 20 нейтронов. Во сколько раз изотопов хлора-37 в природе меньше, чем изотопов хлора-35?

Контрольная задача. Есть 3 списка:

- 1) азот, никель, алюминий, железо, медь, гелий;
- 2) вода, метан, поваренная соль, спирт, сахар, аспирин;
- 3) дерево, воздух, бумага, нефть, водка, гранит.

Что общего в материалах внутри каждого списка и в чём отличие списков друг от друга? По какому принципу собраны эти списки?