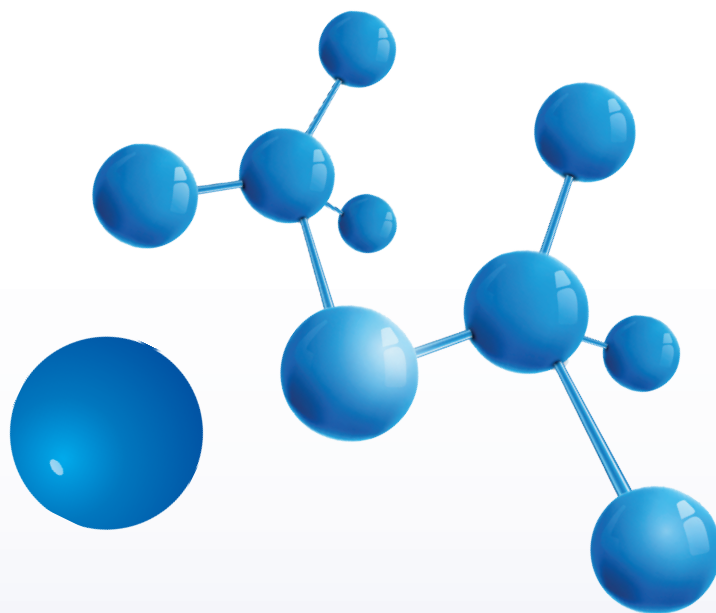




ЭНЦИКЛОПЕДИИ
ASTAR Wonder
С ДОПОЛНЕННОЙ
РЕАЛЬНОСТЬЮ

СПЕКТОР АННА АРТУРОВНА

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ



Аванта

УДК 087.5:54
ББК 24.12я2
С71

Серия «Энциклопедии ASTAR Wonder с дополненной реальностью» основана в 2024 году

Спектор, Анна Артуровна.

С71 Химические элементы / А. А. Спектор. — Москва : Издательство АСТ, 2025. — 159, [1] с. : ил. — (Энциклопедии ASTAR Wonder с дополненной реальностью).

ISBN 978-5-17-168163-0.

В этой книге описаны все химические элементы, которые великий русский ученый Д. И. Менделеев привел в определенную систему. Необычные истории их открытия, распространение, свойства и, конечно же, практическое применение представлены здесь в виде интересных емких статей в сопровождении многочисленных иллюстраций и поясняющих схем. А 4D-технологии сделают твоё путешествие по столбцам и строкам самой известной в мире таблицы — Периодической системы химических элементов — более понятным и увлекательным. Взаимодействуя с интерактивными моделями, ты увидишь, как устроен атом некоторых веществ, что собой представляет тот или иной элемент и как он используется человеком, услышишь интересные факты о нем. И что важно, изучая эту книгу, ты сможешь убедиться, что из химических элементов состоят все окружающие нас предметы, а значит, они являются своеобразными кирпичиками мироздания.

Для среднего и старшего школьного возраста.

**УДК 087.5:54
ББК 24.12я2**

ISBN 978-5-17-168163-0

© Оформление, иллюстрации. ООО «Интеджер», 2024

© ООО «Издательство АСТ», 2025

В оформлении использованы материалы, предоставленные
Фотобанком Shutterstock, Inc., Shutterstock.com

В оформлении использованы материалы, предоставленные
Фотобанком Dreamstime, Inc., Dreamstime.com

Содержание

4D Все химические элементы в одной таблице4	Никель 62	Самарий 120
Строение атома и свойства вещества6	4D Медь..... 64	Европий..... 121
Периодическая таблица химических элементов 8	Цинк..... 66	Гадолиний..... 122
Секреты таблицы Менделеева.....10	4D Галлий..... 68	Тербий..... 123
4D Водород..... 12	Германий..... 69	Диспрозий..... 124
4D Гелий 14	Мышьяк 70	Гольмий..... 125
4D Литий..... 16	Селен..... 72	Эрбий 126
Бериллий..... 18	4D Бром 74	Тулий..... 127
Бор..... 20	Криптон..... 75	Иттербий..... 128
4D Углерод 22	Рубидий 76	Лютеций 129
4D Азот 24	Стронций..... 78	Гафний..... 130
4D Кислород 26	Иттрий..... 80	Тантал 131
4D Фтор 28	Цирконий 82	Вольфрам..... 132
Неон..... 29	Ниобий..... 84	Рений..... 134
4D Натрий 30	Молибден..... 86	Осмий 135
4D Магний 32	Технеций..... 88	Иридий..... 136
4D Алюминий 34	Рутений..... 89	4D Платина 138
4D Кремний 36	Родий..... 90	4D Золото 142
4D Фосфор 38	Палладий..... 92	4D Ртуть..... 144
4D Сера 40	4D Серебро..... 94	Таллий 145
4D Хлор 42	Кадмий..... 96	Свинец..... 146
Аргон..... 44	Индий..... 98	Висмут..... 148
Калий..... 46	Олово..... 100	Полоний 150
4D Кальций 48	Сурьма..... 102	Астат..... 151
Скандий..... 50	Теллур 104	Радон 152
Титан..... 51	4D Йод 106	Франций 153
Ванадий 52	4D Ксенон..... 108	Радий 154
Хром 54	4D Цезий..... 110	Актиний 155
Марганец 56	4D Барий 112	Торий..... 156
4D Железо 58	Лантан..... 114	Протактиний..... 157
4D Кобальт 60	Церий..... 116	4D Уран 158
	Празеодим..... 117	Трансурановые элементы..... 159
	Неодим 118	
	Прометий..... 119	

Все химические элементы в одной таблице

В древности было распространено изречение: «Как слова состоят из букв, так и тела — из элементов». Тогда же появилась идея, что все физические тела построены из атомов. Потом оказалось, что атомы сами состоят из элементарных частиц, а химический элемент — это совокупность атомов, у которых одинаковые заряды ядер и число электронов в оболочке.



Из символов элементов составляют формулы.

Например, формула воды — H_2O , где нижнее число — количество атомов в молекуле.

Молекула воды.



Сегодня известно 118 элементов, и все они собраны в одной таблице, созданной Д. И. Менделеевым. Их расположение и свойства определяет периодический закон. Форма существования химических элементов – простые вещества. Это и твердые вещества, и газы, и жидкости. А еще элементы образуют множество химических соединений. Из них состоят и наши тела, и планеты, и звезды, и еда, и машины, и растения, и животные – весь мир!

1 H Водород 1,0079																	2 He Гелий 4,00260	
3 Li Литий 6,941	4 Be Бериллий 9,01218																	10 Ne Неон 20,1797
11 Na Натрий 22,989768	12 Mg Магний 24,305																	18 Ar Аргон 39,948
19 K Калий 39,0983	20 Ca Кальций 40,078	21 Sc Скандий 44,95591	22 Ti Титан 47,88	23 V Ванадий 50,9415	24 Cr Хром 51,9961	25 Mn Марганец 54,938	26 Fe Железо 55,847	27 Co Кобальт 58,9332	28 Ni Никель 58,6934	29 Cu Медь 63,546	30 Zn Цинк 65,39	31 Ga Галлий 69,723	32 Ge Германий 72,64	33 As Мышьяк 74,92159	34 Se Селен 78,96	35 Br Бром 79,904	36 Kr Криптон 83,80	
37 Rb Рубидий 85,4678	38 Sr Стронций 87,62	39 Y Иттрий 88,90585	40 Zr Цирконий 91,224	41 Nb Ниобий 92,90638	42 Mo Молибден 95,94	43 Tc Технеций 98,9072	44 Ru Рутений 101,07	45 Rh Родий 102,9055	46 Pd Палладий 106,42	47 Ag Серебро 107,8682	48 Cd Кадмий 112,411	49 In Индий 114,818	50 Sn Олово 118,71	51 Sb Сурьма 121,760	52 Te Теллур 127,6	53 I Йод 126,90447	54 Xe Ксенон 131,29	
55 Cs Цезий 132,90545	56 Ba Барий 137,327	57-71 Лантаноиды	72 Hf Гафний 178,49	73 Ta Тантал 180,9479	74 W Вольфрам 183,85	75 Re Рений 186,207	76 Os Осний 190,23	77 Ir Иридий 192,22	78 Pt Платина 195,08	79 Au Золото 196,9665	80 Hg Ртуть 200,59	81 Tl Таллий 204,3833	82 Pb Свинец 207,2	83 Bi Висмут 208,98037	84 Po Полоний (209,9824)	85 At Астат 208,9871	86 Rn Радон 222,0176	
87 Fr Франций 223,0197	88 Ra Радий 226,0254	89-103 Актиноиды	104 Rf Резерфордий (261)	105 Db Дубний (262)	106 Sg Сиборгий (266)	107 Bh Борий (264)	108 Hs Хасий (269)	109 Mt Мейтнерий (268)	110 Ds Дармштадтий (269)	111 Rg Рентгений (272)	112 Cn Коперниций (277)	113 Nh Нихоний неизвестна	114 Fl Флеровий (289)	115 Mc Московский неизвестна	116 Lv Ливерморий (293)	117 Ts Теннесси неизвестна	118 Og Оганесон неизвестна	
Лантаноиды		57 La Лантан 138,9055	58 Ce Церий 140,115	59 Pr Прозероид 140,90765	60 Nd Неодим 144,24	61 Pm Прометий 144,9127	62 Sm Самарий 150,36	63 Eu Европий 151,9655	64 Gd Гадолиний 157,25	65 Tb Тербий 158,92534	66 Dy Диспрозий 162,50	67 Ho Гольмий 164,93032	68 Er Эрбий 167,26	69 Tm Тулий 168,93421	70 Yb Иттербий 173,04	71 Lu Лютеций 174,967		
Актиноиды		89 Ac Актиний 227,0278	90 Th Торий 232,0381	91 Pa Протактиний 231,03588	92 U Уран 238,0289	93 Np Нептуний 237,0482	94 Pu Плутоний 244,0642	95 Am Америций 243,0614	96 Cm Кюрий 247,0703	97 Bk Берклий 247,0703	98 Cf Калифорний 251,0796	99 Es Эйнштейний (254)	100 Fm Фермий 257,0951	101 Md Менделеев 258,1	102 No Нобелий 259,1009	103 Lr Лоуренсий (262)		

Символ
Атомный номер
Водород
1,0079
Название
Атомная масса

Неметаллы
 Щелочноземельные металлы
 Полуметаллы
 Галогены
 Лантаноиды

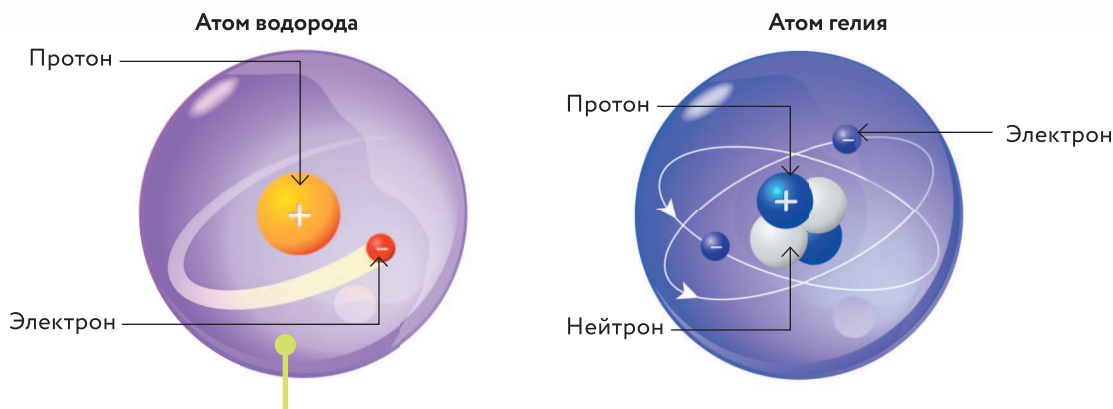
Щелочные металлы
 Переходные металлы
 Постпереходные металлы
 Инертные газы
 Актиноиды



Все элементы в таблице расположены в ее строках и столбцах в соответствии со своими атомными номерами, которые равны количеству протонов в определенном атоме. Столбцы называются группами, а строки – периодами.

Строение атома и свойства вещества

По современному определению, атом — это электронейтральная частица, куда входят положительно заряженное ядро и отрицательно заряженные электроны. Ядро состоит из двух видов частиц: нейтральных нейтронов и протонов с положительным зарядом. Количество протонов — это заряд ядра, определяющий номер элемента в таблице. Свойства вещества определяются строением составляющих его атомов. Если атом отдает электроны — он превращается в положительно заряженный ион. Если получает — становится отрицательно заряженным.



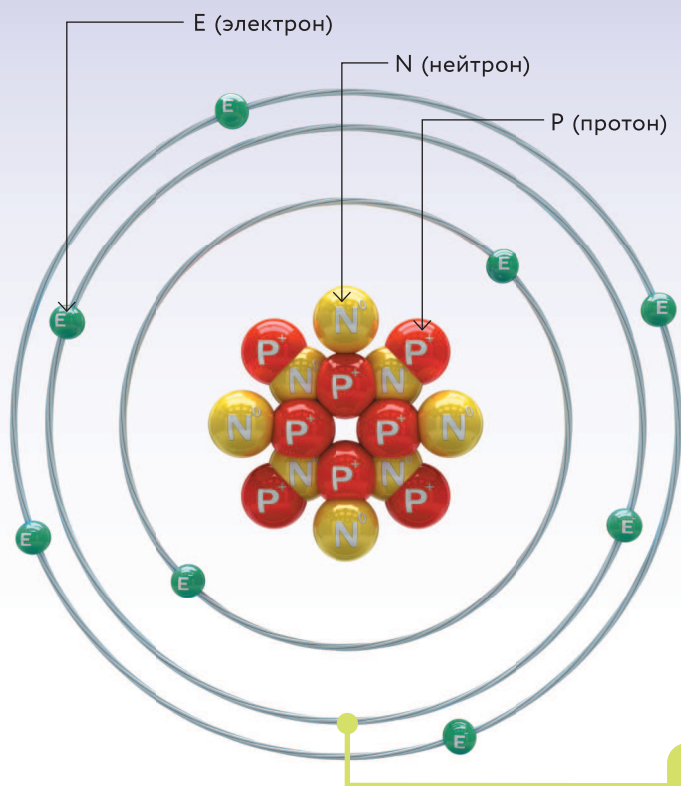
Условное строение первых двух атомов Периодической таблицы — самых маленьких и самых распространенных во Вселенной.

МОДЕЛИ АТОМА

Любое изображение атома — упрощенное: на самом деле невозможно точно определить, где находится электрон в данный конкретный момент. У него нет заданной орбиты, но есть область пространства вокруг ядра, где он располагается с наибольшей вероятностью. Это атомная орбиталь. Таковы законы микромира. Самая простая модель атома — это ядро из протонов и нейтронов, вокруг которого, как планеты вокруг Солнца, движутся электроны.



Различные модели атомов, названные именами ученых, предложивших их.



Атом кислорода: восемь электронов, восемь протонов и восемь нейтронов.

ПРОВЕДИ ОПЫТ «ЧТО ВНУТРИ АТОМА»

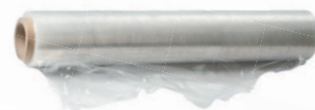
Крохотный, не видимый даже в микроскоп атом можно изобразить по-разному. Как же в этом разобраться? Очень просто – сделай атом самостоятельно. И не простой, а вкусный!

Давай подумаем, какой атом лучше всего сделать. Может быть, взять водород – у него только один протон в ядре и один электрон? Нет, это слишком просто. Давай возьмем атом кислорода: у него как раз по восемь элементарных частиц каждого вида – то что надо!

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТА

1. Посмотри на схему атома кислорода. Чтобы сделать свой атом, тебе нужно определиться с цветами конфеток.
2. Возьми восемь конфет желтого (или оранжевого) цвета (это будут нейтроны) и восемь конфет красного цвета (протоны). Чередуя, собери их в кучку, оберни пленкой и сформируй шарик. Ядро готово!
3. Приступаем к электронам. Посмотри на картинку. У кислорода три орбитали: на первой и второй вращаются по два электрона, а на третьей – четыре. Прежде чем установить палочки, нужно разломать их на части соответствующей длины. Для первой орбитали палочки должны быть самыми короткими, для второй – средними, и для третьей – самыми длинными.
4. Возьми две самые короткие палочки и насади на каждую из них по одной конфетке зеленого цвета (электрон), соедини с «ядром». То же самое сделай с двумя средними палочками. Для присоединения четырех «электронов» третьей орбитали возьми четыре самые длинные палочки, насади на каждую из них «электрон» зеленого цвета и воткни палочки в «ядро».

ДЛЯ ЭТОГО ТЕБЕ ПОНАДОБЯТСЯ



Пищевая пленка



Деревянные палочки для коктейлей



Цветные железные/
мармеладные конфеты

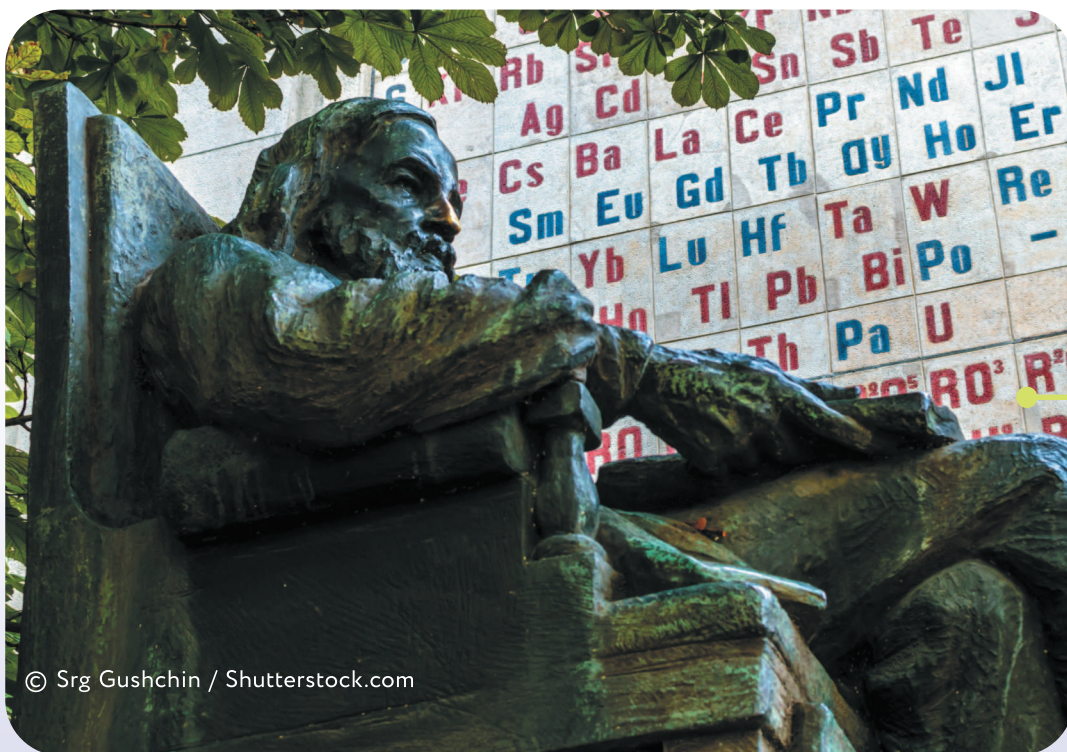
Периодическая таблица химических элементов

Элементы в Периодической таблице Менделеева располагаются согласно периодическому закону, являющемуся фундаментальным законом природы.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ЗАКОН ПРИРОДЫ

Д. И. Менделеев в 1871 г. сформулировал его так: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса» (сегодня говорят «атомная масса»).

Почему это так, узнали после открытия строения атома. Сегодня периодический закон формулируется следующим образом: «Свойства химических элементов, а также формы и свойства образуемых ими простых веществ и соединений находятся в периодической зависимости от величины зарядов ядер их атомов».



Памятник
Д. И. Менделееву
в саду перед Главной
палатой мер и весов.
Россия, Санкт-
Петербург, сентябрь
2016 г.

© Srg Gushchin / Shutterstock.com

ЧЕТЫРЕ ЭЛЕМЕНТА В ЧЕСТЬ ОДНОЙ ДЕРЕВНИ

Множество химических элементов получили свои названия в честь стран или других географических объектов. Сразу четыре элемента — иттрий, иттербий, тербий и эрбий — были названы в честь шведской деревни Иттербю. Рядом с ней обнаружили месторождение минералов, из которых и выделили новые элементы.



На одном из островов Стокгольмского архипелага, в деревне Иттербю, нашли минерал, содержащий сразу четыре редкоземельных элемента.

КАК НАЗЫВАЮТ ЭЛЕМЕНТЫ?

Наименование и символ каждого элемента Периодической системы признаны и утверждены Международным союзом теоретической и прикладной химии.

Многие химические элементы обозначаются первой буквой их латинского названия. Так, водород — Hydrogenium, поэтому символ водорода — H. А если названия нескольких элементов начинаются на одну и ту же букву, то в символе указывается еще одна буква названия элемента. Например, ртуть (Hydragyrum) — Hg.

МНОГО АТОМОВ В ОДНОЙ КЛЕТКЕ

У одного элемента может быть несколько изотопов. Это атомы с одинаковым числом протонов, но с разным числом нейтронов. Изотопы одного элемента занимают одну клетку таблицы Менделеева, но имеют разное массовое число. Одни изотопы радиоактивны, то есть их ядра распадаются, иногда за доли секунды, иногда за много лет. Распад ядер и есть радиоактивность. Другие стабильны, то есть могут существовать очень длительное время. Сегодня известно 118 элементов и в то же время 270 стабильных изотопов и более 2000 нестабильных. В обозначении изотопа имеются название химического элемента и массовое число. Например, ^{12}C , он же углерод-12. Самые известные изотопы — это уран-235, применяемый при ядерных реакциях, и углерод-14, применяемый в радиоуглеродном анализе для определения возраста предметов.

Секреты таблицы Менделеева

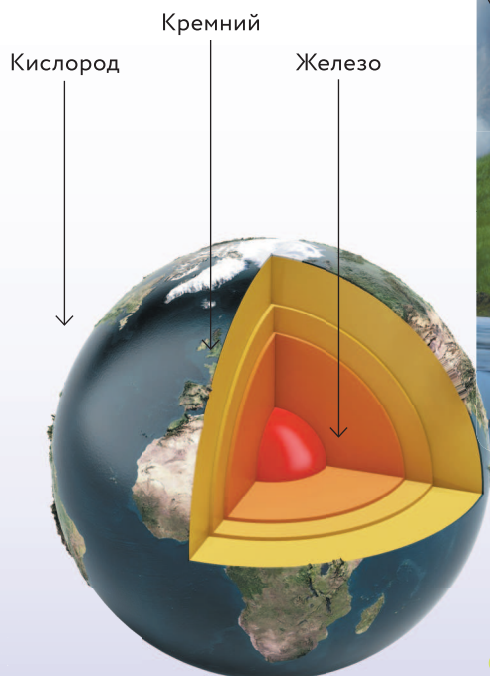
Элементы разнообразны и могут быть классифицированы по многим признакам. Прежде всего их принято делить на металлы и неметаллы. Металлы пластичные, электропроводные, блестящие. Они, вступая в соединения с другими элементами, стремятся отдать электроны. Неметаллы же стремятся получить электроны. Существуют еще и полуметаллы – вещества, которые в равной мере можно отнести и к металлам, и к неметаллам. Есть и другие, более подробные классификации элементов.



Водород и кислород – вода, облака

Кремний, кислород, металлы – горы

Углерод, водород, азот, фосфор – живые организмы



← Кислород

← Водород

Наша планета.

Множество элементов таблицы Менделеева, точнее атомов, составляют всю живую и неживую природу, и все они на этом рисунке просто не поместятся.

РАЗНООБРАЗИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В НАШЕМ МИРЕ

Щелочные металлы — элементы первой группы таблицы химических элементов. Когда они растворяются в воде, образуются щелочи (растворимые гидроксиды).

Щелочноземельными некоторые металлы называют потому, что их гидроксиды являются щелочами, а оксиды тугоплавкие, их когда-то называли землями.

Сорок металлов относятся к группе переходных. Это название связано с тем, что их внешняя электронная оболочка не до конца заполнена электронами. За ними располагаются постпереходные металлы, а дальше идут неметаллы. Но среди них есть особые — галогены, то есть «рождающие соли», и инертные газы, которые мало с чем вступают в химические реакции. И есть еще лантаноиды и актиноиды, очень похожие друг на друга. И все эти элементы находят применение в науке, технике, медицине, быту.

КАК МЕНЯЮТСЯ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ В ГРУППАХ?

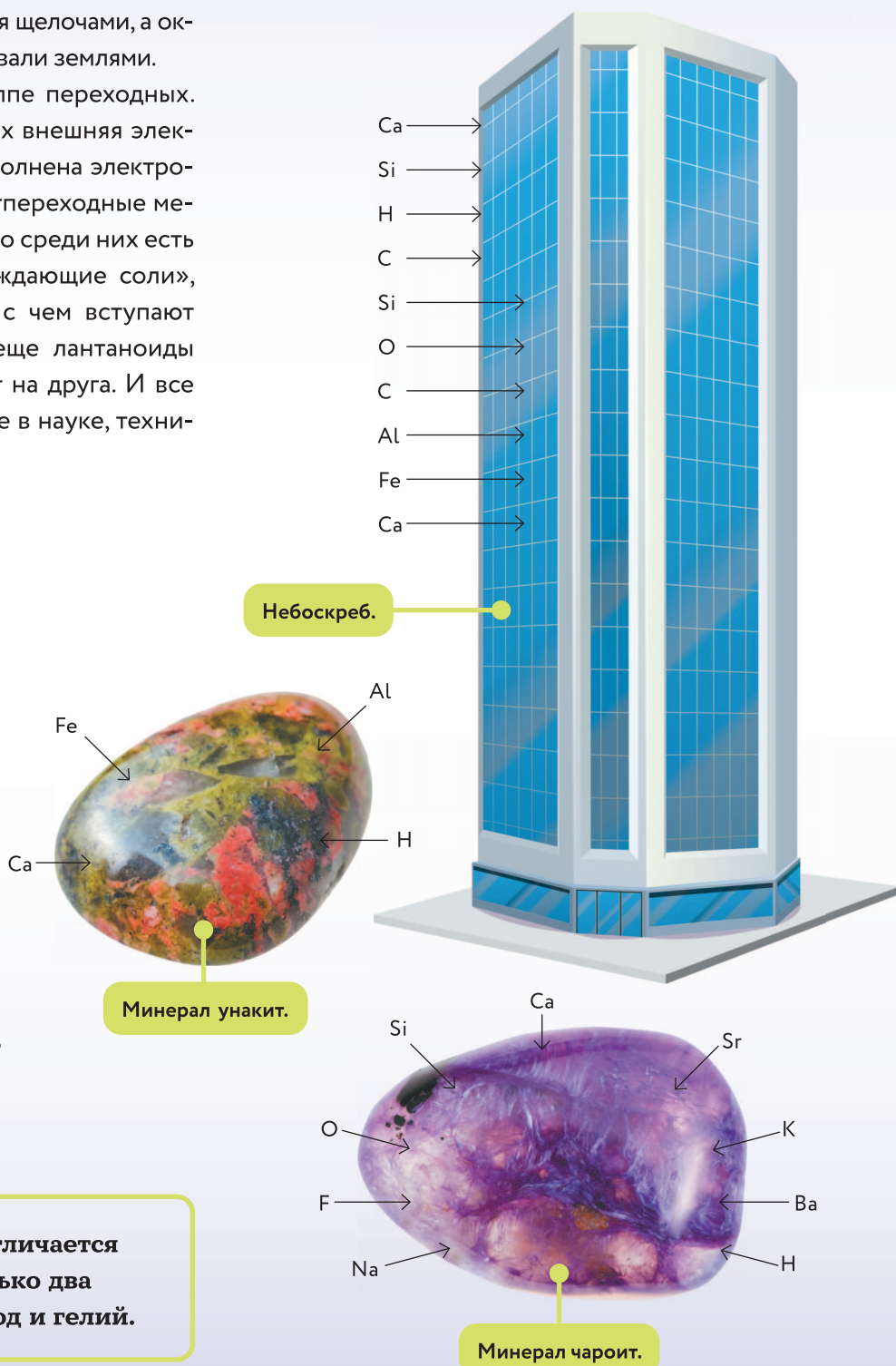
В группах от начала к концу (сверху вниз) усиливаются металлические свойства и ослабевают неметаллические в связи с увеличением электронных уровней и меньшим притяжением электронов внешнего уровня к ядру, уменьшается их активность. Поэтому первый элемент седьмой группы галоген фтор — очень активный, ядовитый газ, хлор чуть менее активный, но тоже ядовитый газ, бром — уже жидкость, йод — твердое вещество, а астат похож на металл.



Первый период отличается от других: там только два элемента — водород и гелий.

КАК МЕНЯЮТСЯ СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕРИОДАХ?

В периодах уменьшается способность отдавать электроны (металличность) и увеличивается способность их принимать (неметалличность). Поэтому, например, самый активный металл — литий, самый неактивный элемент — инертный газ аргон.



Водород



Водород — первый элемент Периодической системы элементов и самый распространенный в мире. В стандартном состоянии, то есть при температуре 25°C , это газ без цвета и запаха. Температура его плавления равна $-259,2^{\circ}\text{C}$, температура кипения составляет $-252,76^{\circ}\text{C}$.



Количество протонов: 1

Количество электронов: 1

Количество нейтронов зависит от изотопа

Изотопы: ^1H , ^2H , ^3H

Неметалл

Стандартное состояние — газ

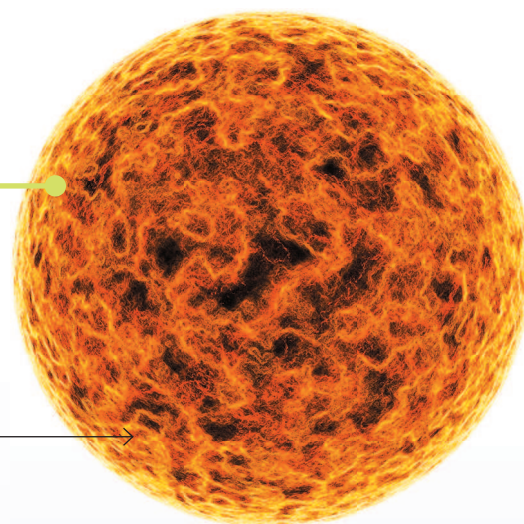
Открытие — 1766, Г. Кавендиш

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

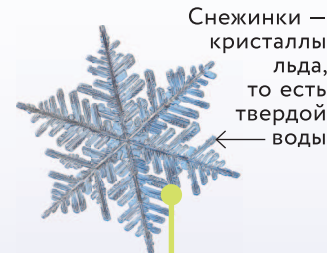
Водород — самый легкий из всех газов, он в 14,5 раза легче воздуха. При смеси с воздухом либо с кислородом (в объемном соотношении 2:1) он образует взрывоопасную смесь — гремучий газ. Когда-то водородом наполняли воздушные шары и дирижабли, но после нескольких катастроф из-за взрыва водорода его заменили на гелий. Водород применяют в синтезе различных органических соединений. Это и мыло, и маргарин, и пластмассы, и ракетное топливо. Сегодня ученые и инженеры стремятся превратить водород в горючее для автомобилей, потому что при его использовании будут выделяться не вредные загрязняющие вещества, а обычная вода — главное соединение водорода с кислородом.

В Солнце на 10 000 атомов водорода приходится около 1000 атомов гелия, 5 атомов кислорода и менее 1 атома остальных элементов.

Звезды состоят в основном из водорода



Из всех атомов, составляющих Вселенную, на долю водорода приходится 88,6%. На долю атомов гелия приходится примерно 11,3%, а на долю всех остальных — примерно 0,1%. В живых клетках водород составляет почти 63%.



Снежинки — кристаллы льда, то есть твердой воды

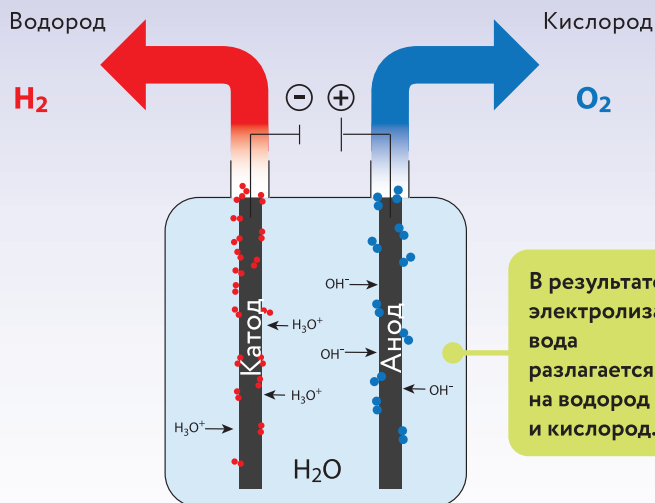
Водород входит в состав воды с формулой H_2O . На ее примере видно три состояния вещества — твердое, жидкое, газообразное.

КАК ПОЛУЧАЮТ ВОДОРОД?

Электролиз воды — один из способов получения водорода. Суть электролиза заключается в том, что, когда электрический ток проходит через раствор или расплав электролита, на электродах выделяются составные части растворенных веществ или же происходят вторичные реакции, в результате которых также выделяются составные части образовавшихся веществ.



Витамин С, или аскорбиновая кислота, содержится во многих фруктах и овощах, но таблетки синтезируются искусственно. В этом синтезе используют водород.

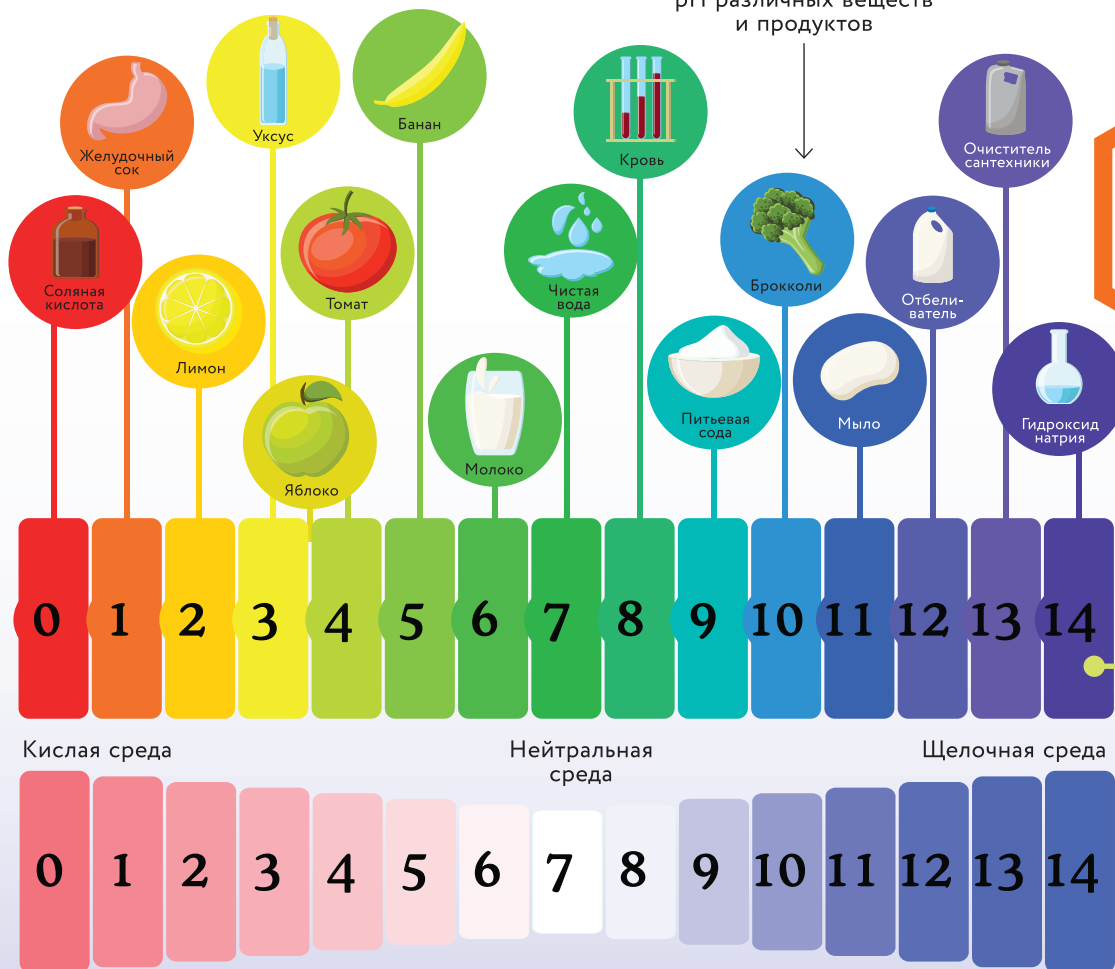


В результате электролиза вода разлагается на водород и кислород.

Водород — первый газ, которым наполняли воздушные шары и воздушные шарики.



pH различных веществ и продуктов

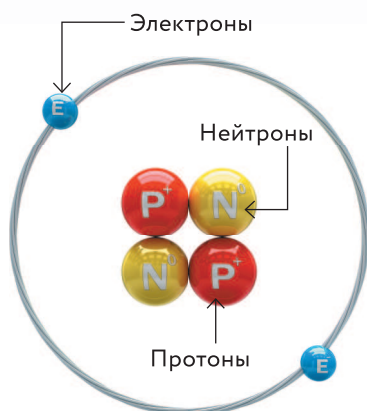


pH — это концентрация ионов водорода. От нее зависит, кислая либо щелочная среда в том или ином веществе.

Гелий



Гелий расположен в 18-й группе Периодической системы, первом периоде. Открыли его сначала на Солнце и уже потом – на Земле. Отсюда и название: от греческого «гелиос» – «Солнце». Это инертный газ без цвета и запаха.



Количество протонов – 2

Количество электронов – 2

Количество нейтронов зависит от изотопа

Стабильные изотопы: ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$

Неметалл, инертный газ

Стандартное состояние – газ

Открытие – 1868, Н. Локьер, Ж. Жансен

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТА

Температура плавления гелия составляет $-272,2^\circ\text{C}$, то есть близка к абсолютному нулю – самой низкой температуре из возможных ($-273,15^\circ\text{C}$). Жидкий гелий, закипающий при температуре $-268,9^\circ\text{C}$, обладает сверхтекучестью – способностью проникать через отверстия без трения.

НАХОЖДЕНИЕ В ПРИРОДЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

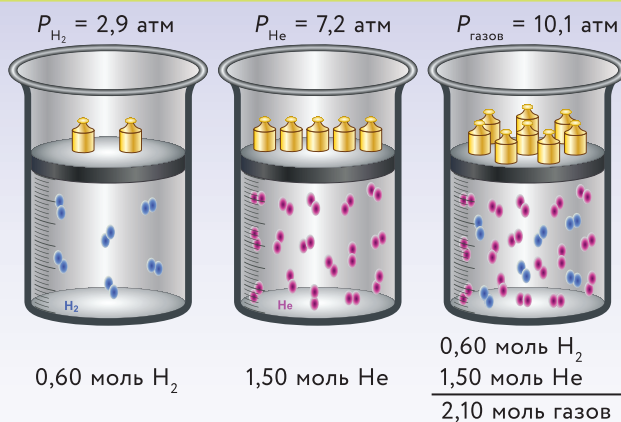
Гелий образуется в ядрах звезд из водорода, а также в недрах Земли, откуда просачивается наружу через трещины в земной коре. По высокой концентрации гелия эти трещины и находят.

Гелием наполняют воздушные шары, трубки газоразрядных ламп, его используют в светодиодных лампах, ядерных реакторах, лазерах, накопителях жестких магнитных дисков.

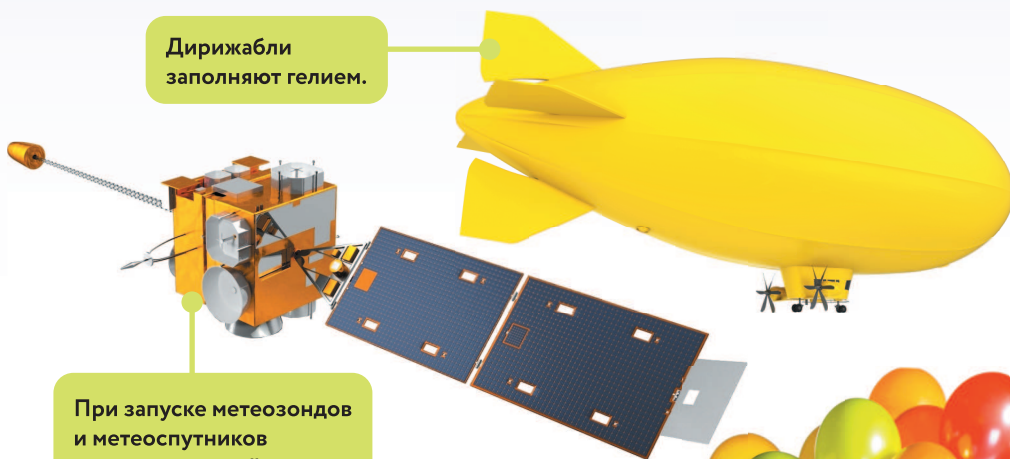


НАГЛЯДНЫЙ ПРИМЕР

На примере гелия и водорода можно видеть выполнение закона Дальтона: общее давление газовой смеси — сумма парциальных (то есть взятых отдельно) давлений ее компонентов.



Дирижабли
заполняют гелием.



При запуске метеозондов
и метеоспутников
применяют гелий.



Гелий используется
при производстве
жестких дисков.

Долина гейзеров
на Камчатке



Концентрация гелия над геотермальными источниками превышает обычные значения в 20—200 раз. Так можно найти подобные источники, даже скрытые от глаз.



Гелий легче воздуха,
поэтому шары,
наполненные этим
газом, взлетают
высоко. Но он быстро
уходит из них
через крохотные
поры в резиновой
оболочке. Помогают
здесь новые
материалы с более
мелкими порами,
которые удерживают
гелий несколько
недель.

