



Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет им. акад. И. П. Павлова
Кафедра общей и биоорганической химии

Строение атома. Периодическая система

Предмет химии

Химия — наука о веществах, их свойствах, превращениях и явлениях, сопровождающих эти превращения.

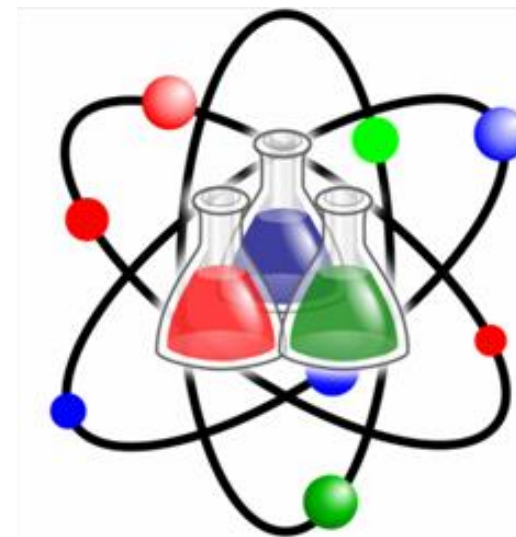
Химия изучает химическую форму движения материи (качественное изменение веществ, превращение одних веществ в другие).

Задачи химии:

1. Научиться различать вещества по их физическим и химическим свойствам.

2. Научиться получать вещества, не существующие в природе:

- полимеры;
- удобрения;
- топливо;
- лекарства, витамины и др.

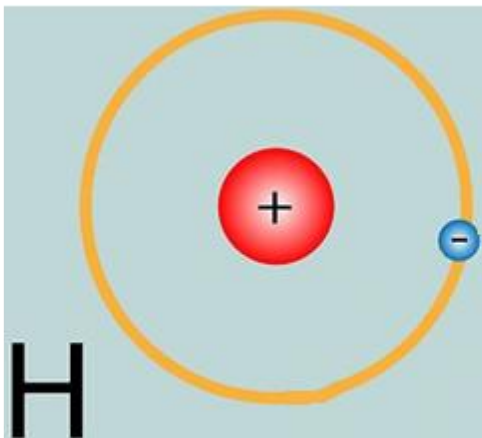


Понятие атома и молекулы

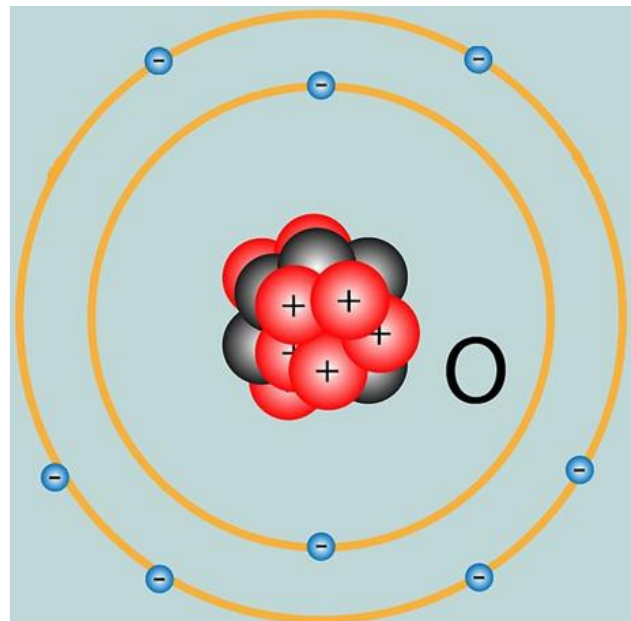
Атом (от др.-греч. *ἄτομος* «неделимый») — это наименьшая химически неделимая частица вещества.

Молекула — это наименьшая электронейтральная частица вещества, обладающая определенной массой и всеми химическими свойствами этого вещества.

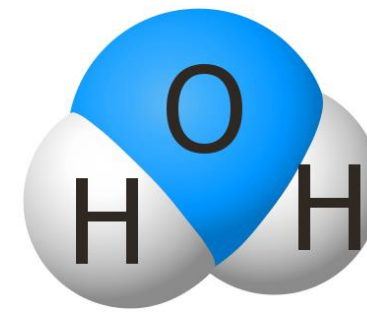
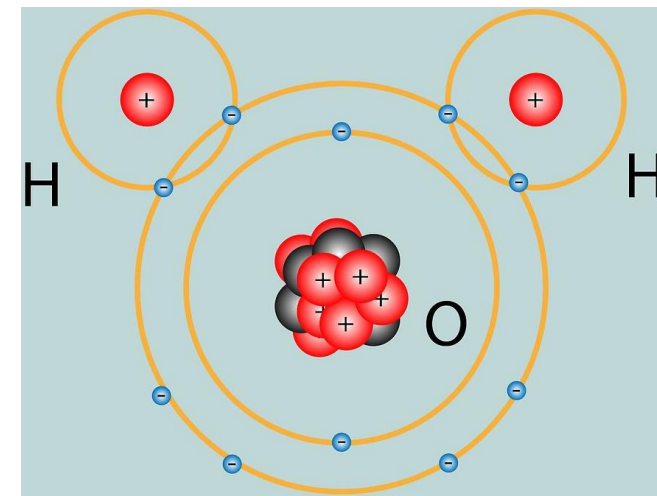
Атом водорода



Атом кислорода



Молекула воды



Строение атома

Атом

Ядро

Электроны

масса электрона настолько мала, что ей можно пренебречь

Протоны

$m = 1$ а. е. м.

Нейтроны

$m = 1$ а. е. м.

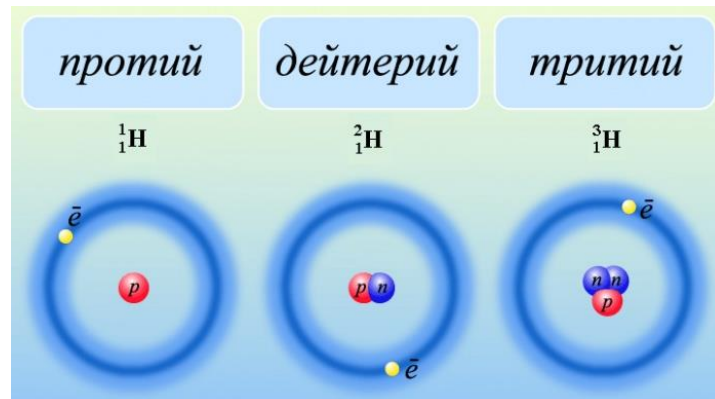
Массовое число – 27
Зарядовое число – 13 **Al**

$p^+ = 13, \bar{e} = 13, n^0 = 27 - 13 = 14$

Строение атома



Изотопы — разновидности атомов химического элемента, которые имеют одинаковый порядковый номер (зарядовое число), но разные массовые числа. Изотопы различаются **только количеством нейтронов**.



Квантовые числа

n — главное квантовое число. Численно равно номеру электронного слоя или номеру периода и принимает значение от 1 до 7. Характеризует энергию электрона.

l — орбитальное (побочное) квантовое число. Принимает значения от 0 до $n - 1$. Характеризует форму орбитали.

$l = 0$ — s-орбиталь

$l = 1$ — p-орбиталь

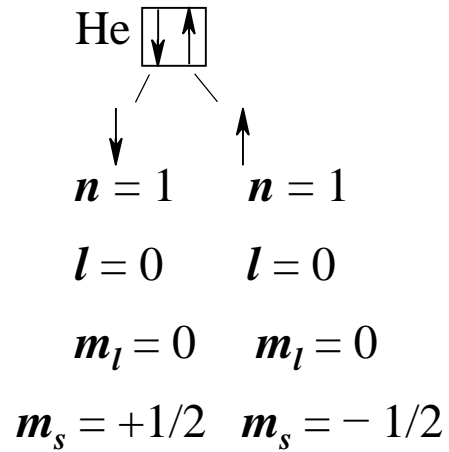
$l = 2$ — d-орбиталь

$l = 3$ — f-орбиталь

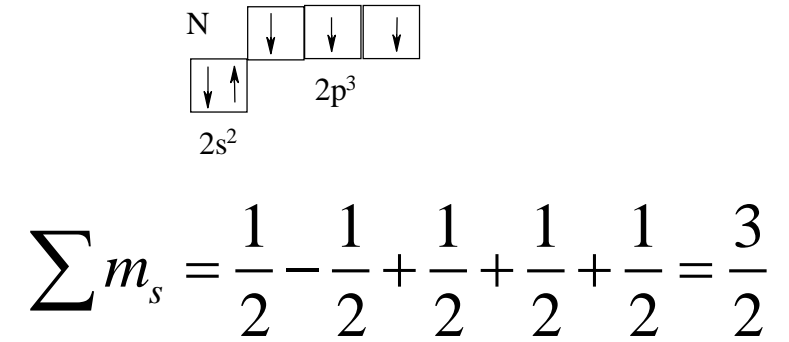
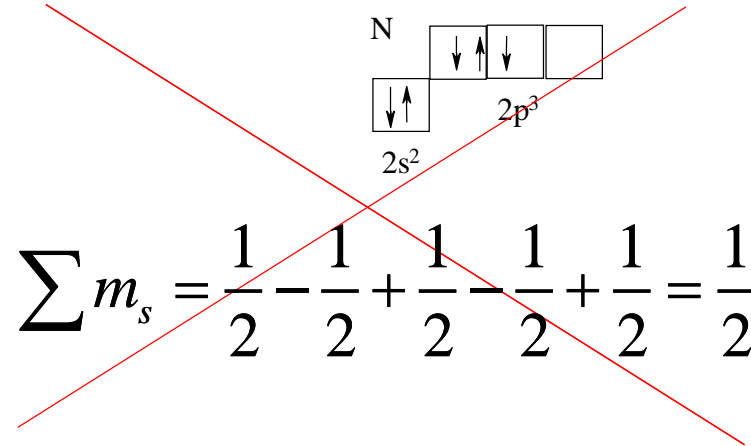
m_l — магнитное квантовое число. Определяет направление орбитали в пространстве. Число значений m_l определяет число орбиталей (от $-l$ до $+l$). Например, $l = 1$, $m_l = -1, 0, +1$.

m_s — спиновое квантовое число. Принимает значение $+1/2$ или $-1/2$. Позволяет различить два электрона на одной орбитали.

Принцип Паули:



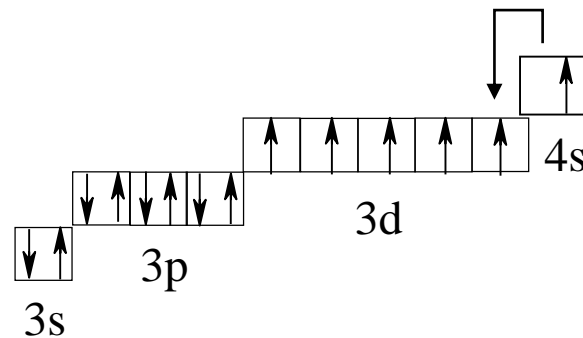
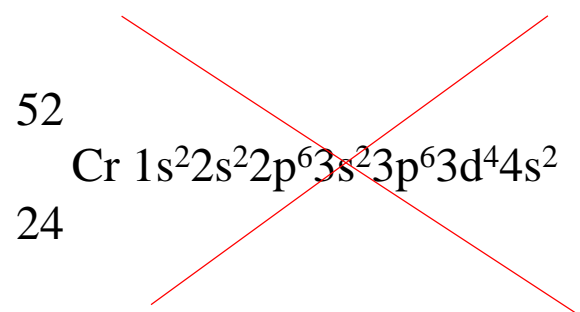
Правило Гунда:



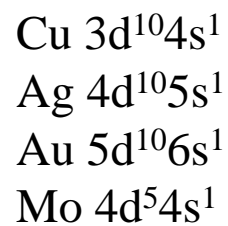
Правила заполнения подуровней электронами в атоме:

1. Принцип (запрет) Паули (Pauli) — в атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех квантовых чисел.
2. Правило Гунда (Hund) — электроны в атоме заполняют подуровни таким образом, чтоб суммарный спин был максимальный.
3. Правило Клечковского (Aufbau principle) — заполнение орбиталей электронами происходит в соответствии с увеличением суммы главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел. При одинаковой сумме заполнение начинается для той орбитали, для которой n меньше.

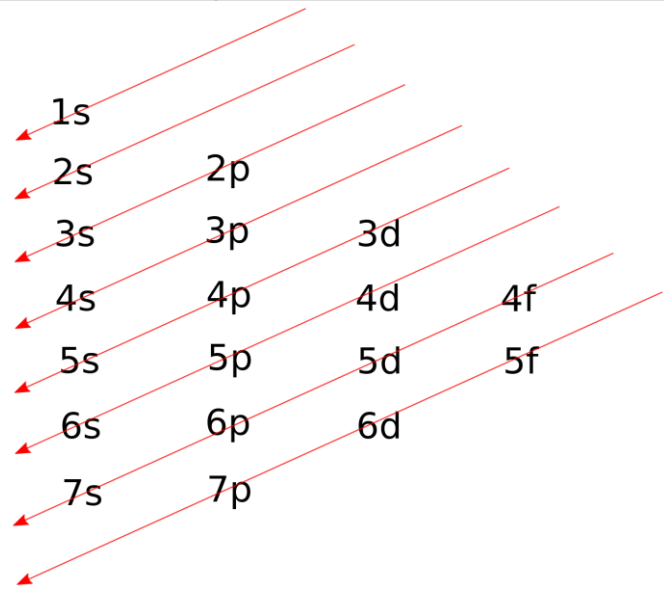
4. Проскок электрона – отступление от общей для большинства элементов последовательности заполнения электронных оболочек, связанные с тем, что элементам гораздо выгоднее заполнить электронами d-подуровень либо до конца (10 электронов) либо наполовину (5 электронов), так как в таком случае подуровни характеризуются большей устойчивостью.



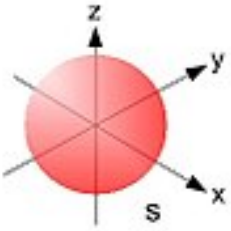
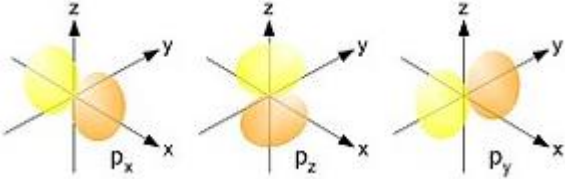
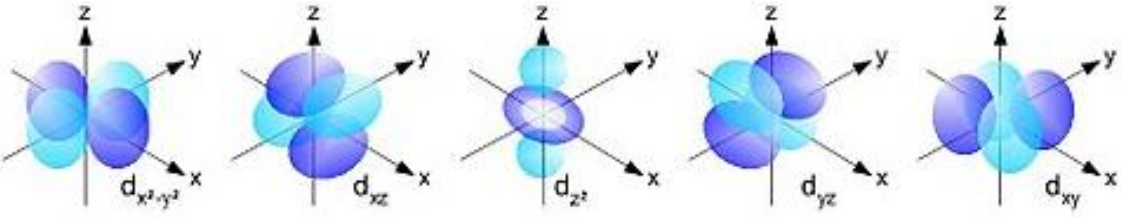
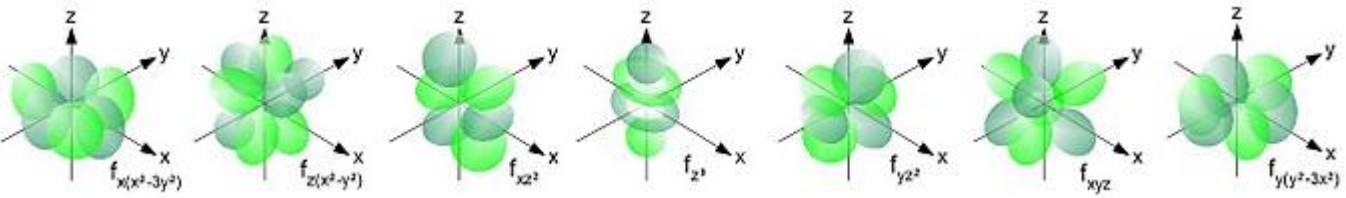
Аналогичный провал:



n	l	$n + l$	Орбиталь	Элементы
1	0	1	1s	H, He
2	0	2	2s	Li, Be
	1	3	2p	B, C, N, O, F, Ne
3	0	3	3s	Na, Mg
	1	4	3p	Al, Si, P, S, Cl, Ar
	2	5	3d	Sc–Zn
4	0	4	4s	K, Ca
	1	5	4p	Ga, Ge, As, Se, Br, Kr
	2	6	4d	Y–Cd
	3	7	4f	Ce–Lu



Диагональное правило

Уровень	Подуровень	Форма орбиталей
<p>1 уровень</p> 	s-подуровень	s-орбиталь — сфера
<p>2 уровень</p> 	s-подуровень p-подуровень	s-орбиталь — сфера p-орбиталь — гантель (объёмная восьмёрка)
<p>3 уровень</p> 	s-подуровень p-подуровень d-подуровень	s-орбиталь — сфера p-орбиталь — гантель (объёмная восьмёрка) d-орбиталь — две перекрещенные гантели
<p>4 уровень</p> 	s-подуровень p-подуровень d-подуровень f-подуровень	s-орбиталь — сфера p-орбиталь — гантель (объёмная восьмёрка) d-орбиталь — две перекрещенные гантели f-орбиталь — четыре перекрещенных гантели

Элемент	Латинское название	Русское название	Произношение в формуле
H	<i>Hydrogenium</i>	Водород	«Аш»
C	<i>Carboneum</i>	Углерод	«Цэ»
N	<i>Nitrogenium</i>	Азот	«Эн»
O	<i>Oxygenium</i>	Кислород	«О»
Si	<i>Silicium</i>	Кремний	«Силициум»
P	<i>Phosphorus</i>	Фосфор	«Пэ»
S	<i>Sulphur</i>	Сера	«Эс»
Cl	<i>Chlorum</i>	Хлор	«Хлор»
K	<i>Kalium</i>	Калий	«Калий»
Ca	<i>Calcium</i>	Кальций	«Кальций»
Fe	<i>Ferrum</i>	Железо	«Феррум»
Cu	<i>Cuprum</i>	Медь	«Купрум»
Ag	<i>Argentum</i>	Серебро	«Аргентум»
Sn	<i>Stannum</i>	Олово	«Станнум»
Au	<i>Aurum</i>	Золото	«Аурум»
Hg	<i>Hydrargyrum</i>	Ртуть	«Гидраргирум»
Pb	<i>Plumbum</i>	Свинец	«Плюмбум»

Периодическая таблица Д. И. Менделеева

Период	Ряд	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
1	1	(H)							H ¹ Водород 1,00797	He ² Гелий 4,0026	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> Обозначение элемента Li Литий </div> <div style="text-align: center;"> Атомный номер 3 </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> Относительная атомная масса 6,939 </div>		
2	2	Li ³ Литий 6,939	Be ⁴ Бериллий 9,0122	B ⁵ Бор 10,811	C ⁶ Углерод 12,01115	N ⁷ Азот 14,0067	O ⁸ Кислород 15,9994	F ⁹ Фтор 18,9984	Ne ¹⁰ Неон 20,179				
3	3	Na ¹¹ Натрий 22,9898	Mg ¹² Магний 24,305	Al ¹³ Алюминий 26,9815	Si ¹⁴ Кремний 28,086	P ¹⁵ Фосфор 30,9738	S ¹⁶ Сера 32,064	Cl ¹⁷ Хлор 35,453	Ar ¹⁸ Аргон 39,948				
4	4	K ¹⁹ Калий 39,102	Ca ²⁰ Кальций 40,08	Sc ²¹ Скандий 44,956	Ti ²² Титан 47,90	V ²³ Ванадий 50,942	Cr ²⁴ Хром 51,996	Mn ²⁵ Марганец 54,9380	Fe ²⁶ Железо 55,847	Co ²⁷ Кобальт 58,9330	Ni ²⁸ Никель 58,71		
	5	Cu ²⁹ Медь 63,546	Zn ³⁰ Цинк 65,37	Ga ³¹ Галлий 69,72	Ge ³² Германий 72,59	As ³³ Мышьяк 74,9216	Se ³⁴ Селен 78,96	Br ³⁵ Бром 79,904	Kr ³⁶ Криптон 83,80				
5	6	Rb ³⁷ Рубидий 85,47	Sr ³⁸ Стронций 87,62	Y ³⁹ Иттрий 88,905	Zr ⁴⁰ Цирконий 91,22	Nb ⁴¹ Ниобий 92,906	Mo ⁴² Молибден 95,94	Tc ⁴³ Технеций [99]	Ru ⁴⁴ Рутений 101,07	Rh ⁴⁵ Родий 102,905	Pd ⁴⁶ Палладий 106,4		
	7	Ag ⁴⁷ Серебро 107,868	Cd ⁴⁸ Кадмий 112,40	In ⁴⁹ Индий 114,82	Sn ⁵⁰ Олово 118,69	Sb ⁵¹ Сурьма 121,75	Te ⁵² Теллур 127,60	I ⁵³ Иод 126,9044	Xe ⁵⁴ Ксенон 131,30				
6	8	Cs ⁵⁵ Цезий 132,905	Ba ⁵⁶ Барий 137,34	La* ⁵⁷ Лантан 138,91	Hf ⁷² Гафний 178,49	Ta ⁷³ Тантал 180,948	W ⁷⁴ Вольфрам 183,85	Re ⁷⁵ Рений 186,2	Os ⁷⁶ Осмий 190,2	Ir ⁷⁷ Иридий 192,2	Pt ⁷⁸ Платина 195,09		
	9	Au ⁷⁹ Золото 196,967	Hg ⁸⁰ Ртуть 200,59	Tl ⁸¹ Таллий 204,37	Pb ⁸² Свинец 207,19	Bi ⁸³ Висмут 208,980	Po ⁸⁴ Полоний [210]*	At ⁸⁵ Астат [210]	Rn ⁸⁶ Радон [222]				
7	10	Fr ⁸⁷ Франций [223]	Ra ⁸⁸ Радий [226]	Ac** ⁸⁹ Актиний [227]	Rf ¹⁰⁴ Резерфордий [261]	Db ¹⁰⁵ Дубний [262]	Sg ¹⁰⁶ Сиборгий [263]	Bh ¹⁰⁷ Борий [262]	Hs ¹⁰⁸ Хассий [265]	Mt ¹⁰⁹ Майтнерий [266]	Ds ¹¹⁰ Дармштадтий [271]		
	11	Rg ¹¹¹ Рентгений [272]	Cn ¹¹² Коперниций [285]	Nh ¹¹³ Нихоний [286]	Fl ¹¹⁴ Флеровий	Mc ¹¹⁵ Московский	Lv ¹¹⁶ Ливерморий	Ts ¹¹⁷ Теннессин	Og ¹¹⁸ Оганесон [294]				

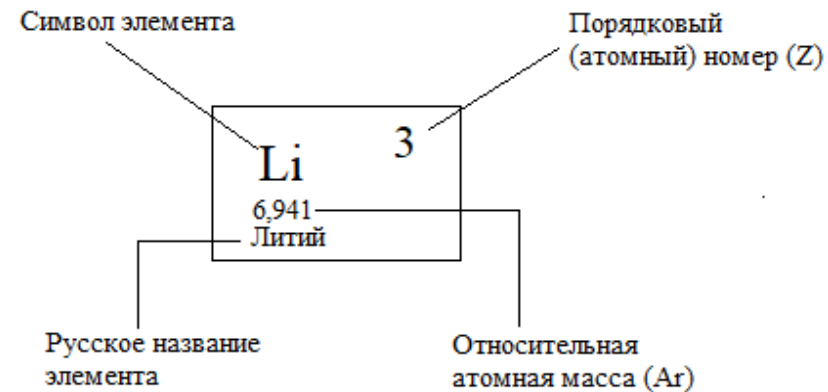
Лантаноиды*	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,907 Празеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [147]* Прометий	62 Sm 150,35 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,924 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,97 Лютеций
Актиноиды**	90 Th 232,038 Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,03 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [252]* Калифорний	99 Es [254] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [257] Менделевий	102 No [255] Нобелий	103 Lr [256] Лоуренсий

Периодический закон (сформулирован Д. И. Менделеевым):

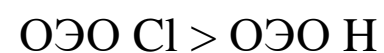
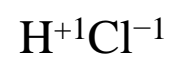
Свойства простых веществ, а также свойства соединений элементов периодически зависят от заряда ядра атома.

Каждый элемент занимает определенное место (клетку) в системе и имеет свой порядковый номер (атомный номер Z).

Например:



Степень окисления (с. о.) — условный заряд атома в соединении с другим атомом в предположении, что все электроны связи смещены в сторону более электроотрицательного атома. Характеристикой является сравнение ОЭО атомов, образовавших связь, например:

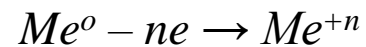


Периодический закон и ПС.

Период – горизонтальный ряд элементов, с закономерно изменяющимся электронным валентным слоем и, соответственно химическими свойствами.

Начинается со щелочного металла и переходит к неметаллу через переходные элементы.

Группа – вертикальный ряд элементов с аналогичным внешним электронным слоем.



Количественная мера металличности – потенциал ионизации – энергия, затраченная на перемещение \bar{e} с валентного слоя за пределы атома ($E_{\text{ион}}$). Чем он ниже, тем больше металличность элемента.



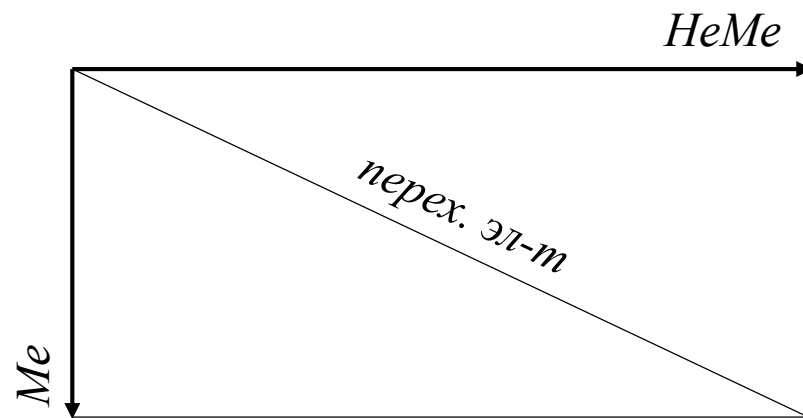
Количественная мера неметалличности – энергия сродства к электрону – энергия, выделяющаяся при перемещении \bar{e} из-за пределов атома на валентный слой ($E_{\text{ср-ва}}$).

Общая характеристика элемента – относительная электроотрицательность (ОЭО) — способность атома притягивать к себе электроны, которые участвуют в образовании связей с другими атомами. Чем выше ОЭО, тем больше неметалличность элемента. Изменение слева направо – увеличение ОЭО, а сверху вниз – уменьшение.

$$OЭO = 1/2 (E_{\text{ион}} + E_{\text{ср-ва}})$$

min ОЭО – щелочные Me

max ОЭО – галогены



Группа	1	2	3	4	5	6	7	8
Элемент и заряд ядра	11Na	12Mg	13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar
	← металлы →		*	← неметаллы →				
	заряд ядра увеличивается →							
Строение внешнего энергетического уровня	$3s^1$	$3s^2$	$3s^2 3p^1$	$3s^2 3p^2$	$3s^2 3p^3$	$3s^2 3p^4$	$3s^2 3p^5$	$3s^2 3p^6$
Радиус атома, нм	0,171	0,148	0,131	0,107	0,092	0,081	0,073	0,066
	Радиус атома уменьшается →							
Относительная электроотрицательность (ОЭО)	0,93	1,23	1,47	1,74	2,2	2,6	2,83	-
	ОЭО увеличивается →							
Свойство простого вещества	Щелочной металл	металл	*	неметалл	неметалл	неметалл	неметалл	Благородный газ
	неметаллические свойства увеличиваются →							
← металлические свойства увеличиваются								