

Омский государственный технический университет



# Дисциплина «Химия»

**Букашкина Татьяна Леонидовна** -  
кандидат химических наук, доцент  
кафедры «Химия и химическая  
технология»

# Дисциплина «Химия»



## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Химия» является фундаментальная подготовка студентов по химии, способствующая подготовке студента к междисциплинарной экспериментально-исследовательской деятельности, направленной на создание конкурентоспособной продукции, основанной на применении современных методов и средств проектирования, математического, физического и компьютерного моделирования технологических процессов.

### Основные задачи дисциплины:

- 1) приобретение студентами необходимых знаний фундаментальных законов химии и знаний в области перспективных направлений развития современной химии;
- 2) получение навыков решения теоретических задач по химии с их практическими приложениями;
- 3) формирование навыков самостоятельно приобретать и применять полученные знания;
- 4) формирование навыков проведения химического эксперимента;
- 5) овладение навыками обработки результатов измерений;
- 6) применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности.

# Дисциплина «Химия»



## 2. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать освоение указанными компетенциями по дескрипторам «знания, умения, владения», соответствующие тематическим модулям дисциплины, и применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

### Знать:

- Фундаментальные химические законы;
- Основные химические понятия;
- Методы химических и физико-химических исследований и их применение для решения практических задач;

### Уметь:

- Определять термодинамические и кинетические характеристики химических реакций;
- Применять химические законы и справочные данные для решения практических задач;
- Пользоваться химической посудой и элементарным оборудованием.

### Владеть:

- Методами проведения физико-химических измерений и методами корректной оценки погрешности при их проведении;
- Методами проведения химического анализа и метрологической оценки его результатов;
- Фундаментальными основами химической науки;
- Методами химической идентификации и определения веществ, информацией об основных химических системах и процессах.
- Основными методами химического анализа и моделирования для решения профессиональных и естественнонаучных задач.

# Дисциплина «Химия»



Дисциплина рассчитана на 1 семестр. В соответствии с учебным планом дисциплины в течение 1 семестра студентам необходимо выполнить следующие виды работ: посетить **9 лекций**, выполнить **9 лабораторных работ**, **10 домашних заданий**, **входной контроль**, **текущий контроль**.

## Рейтинговая система оценки знаний студентов по дисциплине «Химия»

Вид работ (количество)	Количество баллов
Посещение лекций, написание конспекта лекций (9)	Min – 0,6 Max – 1,0
Входной контроль остаточных знаний (1)	Min – 1,4 Max – 2,0
Текущий контроль знаний (1)	Min – 4,5 Max – 6,0
Выполнение лабораторной работы и оформление отчета (9)	Min – 1,3 Max – 2,0
Выполнение индивидуальной задачи (10)	Min – 1,7 Max – 2,5
Итоговый контроль	Min – 20 Max – 40

# Дисциплина «Химия»



Методические материалы, для подготовки к занятиям

- Рабочая тетрадь по дисциплине "Химия"
- Методические указания к самостоятельной работе студентов дисциплина "Химия" (составители: Шубенкова Е.Г, Холоденко В.А.)
- Мультимедийные слайд-лекции по химии
- Лабораторные работы по химии (мультимедийный практикум)

Омский государственный технический университет  
Дисциплина «Химия»



# Строение атома и периодический закон Д.И. Менделеева

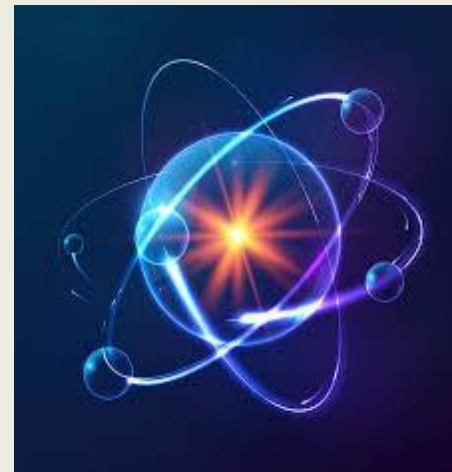
Лектор – к.х.н., доцент  
Букашкина Татьяна Леонидовна

# АТОМ



**Атом** (от греческого *atomos* - неделимый) — одноядерная, неделимая химическим путем частица химического элемента, носитель свойств вещества, подчиняющаяся квантовым законам.

В целом **атом**  
**электронейтрален.**



# Состав атома



- Ядро (состоит из положительно заряженных протонов и нейтронов)
- электроны, которые формируют электронное облако.





# Характеристики элементарных частиц



элементарная частица	заряд (условные единицы)	заряд (Кл)	масса (а.е.м.)	масса (г)
протон	+1	$1,6 \cdot 10 \times 10^{-19}$	1	$1,7 \cdot 10 \times 10^{-24}$
нейтрон	0	0	1	$1,7 \cdot 10 \times 10^{-24}$
электрон	-1	$-1,6 \cdot 10 \times 10^{-19}$	0	$9,1 \cdot 10 \times 10^{-28}$

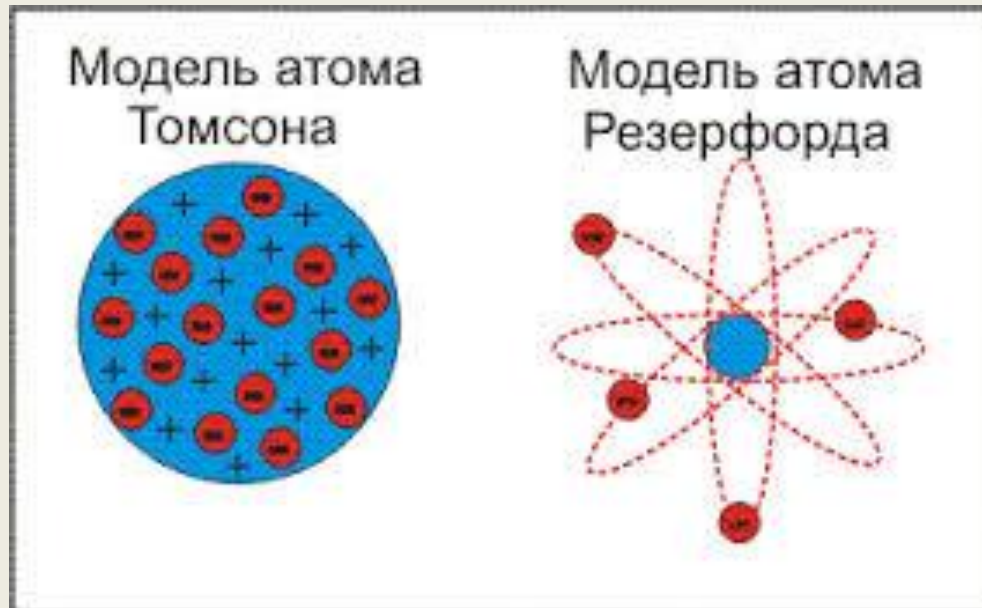
Масса атома в основном определяется **массой его ядра**, поскольку масса электрона примерно в 1836 раз меньше массы протона и нейтрона.

# Развитие теории строения атома



**Модель Томсона** — модель атома, предложенная в 1904 году Джозефом Джоном Томсоном.

Планетарная модель атома, или **модель атома Резерфорда** — исторически важная модель строения атома, предложенная Эрнстом Резерфордом в 1911 г.

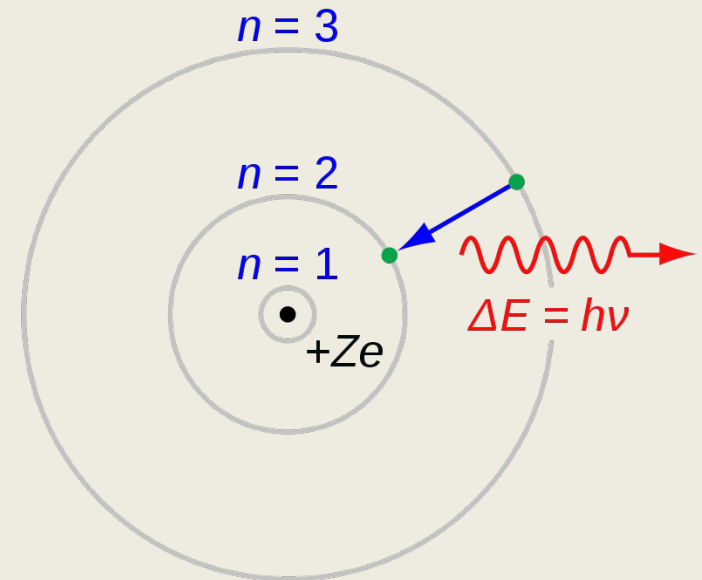


# Развитие теории строения атома



**Постулаты Бора** — основные допущения, сформулированные Нильсом Бором в 1913 году.

- Атом и атомные системы могут длительно пребывать только в особых стационарных или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определённая энергия. В стационарном состоянии атом не излучает электромагнитных волн.
- Излучение света происходит при переходе электрона из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией. Энергия излучённого фотона равна разности энергий стационарных состояний.



# Развитие теории строения атома



## КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АТОМА



Л. Де Бройль



Э.Шрёдингер



В. Гейзенберг

# Главное квантовое число



Главное квантовое число  $n$  - характеризует энергию электронов, которые занимают конкретный энергетический уровень и среднее расстояние от ядра.

$$n = 1; 2; 3 \dots \infty$$

Наибольшее число электронов на энергетическом уровне можно определить по формуле:

$$N = 2n^2,$$

где  $N$  – число электронов,  $n$  – главное квантовое число.

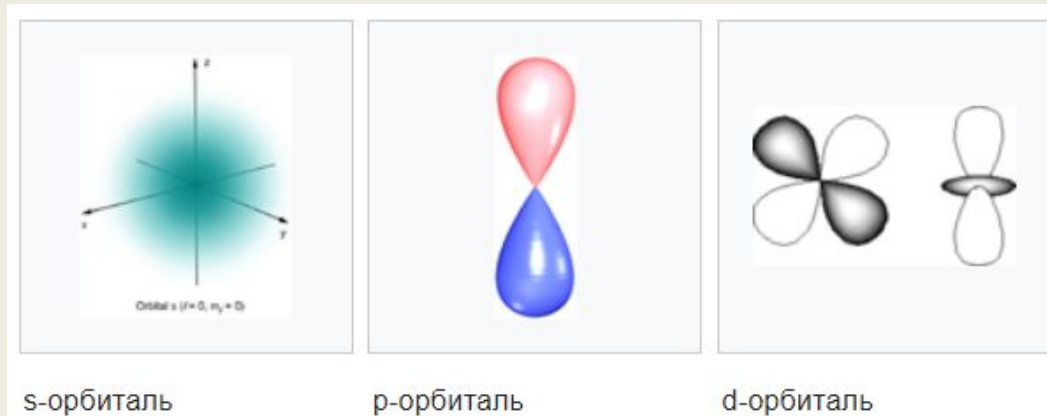
# Орбитальное квантовое число



Орбитальное квантовое число  $l$  определяет геометрию электронного облака. Может принимать целочисленные значения от 0 до  $n-1$ .

Для значений орбитального квантового числа  $l$  применяют буквенное обозначение:

$$\begin{array}{l} l = 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \dots \\ l = s \ p \ d \ f \ g \end{array}$$



Максимальное число электронов в оболочке  $N_l$ :  
$$N_l = 2(2l + 1).$$

# Магнитное квантовое число



Магнитное квантовое число  $m_l$ , характеризует ориентацию орбитали в пространстве, а также определяет величину проекции орбитального момента импульса на ось Z.  $m_l$  принимает значения от **+l до -l, включая 0**. Общее число значений  $m_l$  равно числу орбиталей в данной электронной оболочке.

Орбитальное квантовое число	Магнитное квантовое число	Число ориентаций орбиталей
$l$	$m_l$	$2l + 1$
0 ( <i>s</i> -орбиталь)	0	1
1 ( <i>p</i> -орбиталь)	-1, 0, +1	3
2 ( <i>d</i> -орбиталь)	-2, -1, 0, +1, +2	5
3 ( <i>f</i> -орбиталь)	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	7

# Спиновое квантовое число



Электрон обладает собственным моментом импульса - спином, обозначаемым квантовым числом  $m_s$ .

Спин электрона - величина постоянная принимает значения  $+1/2$  и  $-1/2$ .

Явление спина можно условно представить как движение вокруг собственной оси.

Обозначают  $\uparrow$  или  $\downarrow$



# Квантовые числа



Четыре квантовых числа описывают состояние электрона в атоме и характеризуют энергию электрона, его спин, форму электронного облака и его ориентацию в пространстве. При переходе атома из одного состояния в другое происходит перестройка электронного облака, то есть изменяются значения квантовых чисел, что сопровождается поглощением или испусканием атомом квантов энергии.

# Правила и порядок заполнения атомных орбиталей



## Принцип Паули

***В атоме не может быть двух электронов со всеми четырьмя одинаковыми квантовыми числами.***

Принцип Паули определяет максимальное число электронов  $N_n$ , на электронном слое с номером  $n$ :

$$N_n = 2n^2.$$

На первом электронном слое может находиться не более двух электронов, на втором – 8, на третьем – 18 и т. д.

# Правила и порядок заполнения атомных орбиталей



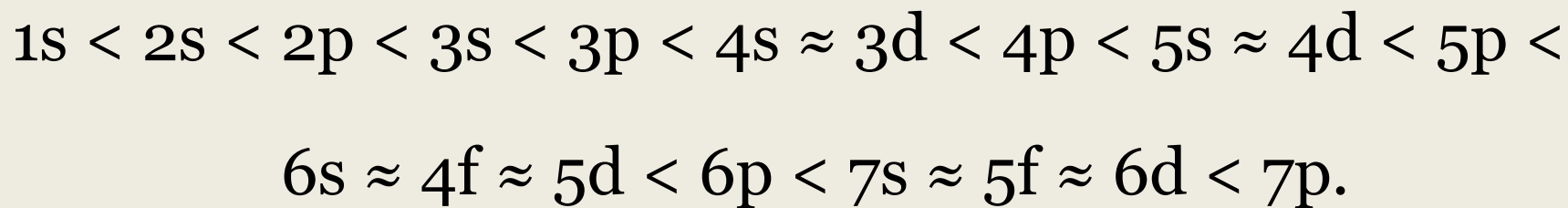
## Принцип наименьшей энергии

В атоме каждый электрон стремится занять положение, соответствующее минимальному значению **энергии**, что отвечает наибольшей его связи с ядром.

# Правила и порядок заполнения атомных орбиталей



Последовательность заполнения орбиталей электронами определяется правилами **Клечковского**: орбитали заполняются электронами в порядке возрастания **суммы (n+l)** для этих орбиталей, если **сумма (n+l)** одинакова, то первой заполняется орбиталь с **меньшим значением n**.



# Правила и порядок заполнения атомных орбиталей



Эмпирическое **правило Клечковского** и вытекающее из него схема очередностей несколько противоречат реальной энергетической последовательности атомных орбиталей только в двух однотипных случаях, а именно: у атомов **Cr, Cu, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Pt, Au** имеет место «провал» электрона с  $s$ -подуровня внешнего слоя на  $d$ -подуровень предыдущего слоя, что приводит к энергетически более устойчивому состоянию атома; после заполнения двумя электронами орбитали  $6s$  следующий электрон появляется на орбитали  $5d$ , а не  $4f$ , и только затем происходит заселение четырнадцатью электронами орбиталей  $4f$ , затем продолжается и завершается заселение десятиэлектронного состояния  $5d$ . Аналогичная ситуация характерна и для орбиталей  $7s$ ,  $6d$  и  $5f$ .

# Правила и порядок заполнения атомных орбиталей



## Исключения

Элемент	Атомная валентная зона	
	теоретическая	практическая
Cu	$3d^9 4s^2$	$3d^{10} 4s^1$
Ag	$4d^9 5s^2$	$4d^{10} 5s^1$
Au	$5d^9 6s^2$	$5d^{10} 6s^1$
Cr	$3d^4 4s^2$	$3d^5 4s^1$
Mo	$4d^4 5s^2$	$4d^5 5s^1$

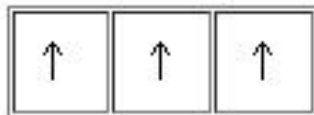
# Правила и порядок заполнения атомных орбиталей



## Правило Гунда (Хунда)

**Заполнение энергетических уровней происходит таким образом, чтобы суммарный спин был максимальным.**

Например, три р-электрона на орбиталях р-оболочки располагаются следующим образом:



# Периодический закон Д.И. Менделеева



Периодическая система химических элементов (**таблица Менделеева**) — классификация химических элементов, устанавливающая зависимость различных свойств элементов от их заряда атомного ядра. Система является графическим выражением периодического закона, открытого русским учёным **Д. И. Менделеевым в 1869 году**. Её первоначальный вариант был разработан Д. И. Менделеевым в 1869—1871 годах и устанавливал зависимость свойств элементов от их атомного веса.



# Периодический закон Д.И. Менделеева

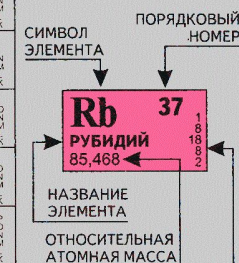
## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетические уровни	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б		
1	1	<b>H</b> водород 1,008																<b>He</b> гелий 4,003	2
2	2	<b>Li</b> литий 6,941	<b>Be</b> бериллий 9,0122	<b>B</b> бор 10,811	<b>C</b> углерод 12,011	<b>N</b> азот 14,007	<b>O</b> кислород 15,999	<b>F</b> фтор 18,998										<b>Ne</b> неон 20,179	10
3	3	<b>Na</b> натрий 22,99	<b>Mg</b> магний 24,312	<b>Al</b> алюминий 26,982	<b>Si</b> кремний 28,086	<b>P</b> фосфор 30,974	<b>S</b> сера 32,064	<b>Cl</b> хлор 35,453										<b>Ar</b> аргон 39,948	18
4	4	<b>K</b> калий 39,102	<b>Ca</b> кальций 40,08	<b>Sc</b> скандий 44,956	<b>Ti</b> титан 47,867	<b>V</b> ванадий 50,941	<b>Cr</b> хром 51,996	<b>Mn</b> марганец 54,938	<b>Fe</b> железо 55,849	<b>Co</b> кобальт 58,933	<b>Ni</b> никель 58,7								
	5	<b>Cu</b> медь 63,546	<b>Zn</b> цинк 65,37	<b>Ga</b> галлий 69,72	<b>Ge</b> германий 72,59	<b>As</b> мышьяк 74,922	<b>Se</b> селен 78,96	<b>Br</b> бром 79,904										<b>Kr</b> криптон 83,6	36
5	6	<b>Rb</b> рубидий 85,468	<b>Sr</b> стронций 87,62	<b>Y</b> иттрий 88,906	<b>Zr</b> цирконий 91,22	<b>Nb</b> ниобий 92,906	<b>Mo</b> молибден 95,94	<b>Tc</b> технеций [99]	<b>Ru</b> рутений 101,07	<b>Rh</b> родий 102,906	<b>Pd</b> палладий 106,4							<b>Xe</b> ксенон 131,3	54
	7	<b>Ag</b> серебро 107,868	<b>Cd</b> кадмий 112,41	<b>In</b> индий 114,82	<b>Sn</b> олово 118,69	<b>Sb</b> сурьма 121,75	<b>Te</b> теллур 127,6	<b>I</b> йод 126,905											
6	8	<b>Cs</b> цезий 132,905	<b>Ba</b> барий 137,34	57-71 лантаноиды	<b>Hf</b> гафний 178,49	<b>Ta</b> тантал 180,948	<b>W</b> вольфрам 183,85	<b>Re</b> рений 186,207	<b>Os</b> осмий 190,2	<b>Ir</b> иридий 192,22	<b>Pt</b> платина 195,09								
	9	<b>Au</b> золото 196,967	<b>Hg</b> ртуть 200,59	<b>Tl</b> таллий 204,37	<b>Pb</b> свинец 207,19	<b>Bi</b> висмут 208,98	<b>Po</b> полоний [210]	<b>At</b> астат [210]											<b>Rn</b> радон [222]
7	10	<b>Fr</b> франций [223]	<b>Ra</b> радий [226]	89-103 актиноиды	<b>Rf</b> резерфордий [261]	<b>Db</b> дубний [262]	<b>Sg</b> сиборгий [263]	<b>Bh</b> борий [262]	<b>Hn</b> ханний [265]	<b>Mt</b> мейтнерий [266]									
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>										
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR											

SPADLO.RU



Д.И. Менделеев  
1834-1907



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

### Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 <b>La</b> лантан 138,905	58 <b>Ce</b> церий 140,12	59 <b>Pr</b> празеодин 140,908	60 <b>Nd</b> неодим 144,24	61 <b>Pm</b> прометий [145]	62 <b>Sm</b> самарий 150,4	63 <b>Eu</b> европий 151,96	64 <b>Gd</b> гадолиний 157,25	65 <b>Tb</b> тербий 158,926	66 <b>Dy</b> диспрозий 162,5	67 <b>Ho</b> гольмий 164,93	68 <b>Er</b> эрбий 167,26	69 <b>Tm</b> тулий 168,934	70 <b>Yb</b> иттербий 173,04	71 <b>Lu</b> лютеций 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

### А К Т И Н О И Д Ы

89 <b>Ac</b> актиний [227]	90 <b>Th</b> торий 232,038	91 <b>Pa</b> протактиний [231]	92 <b>U</b> уран 238,029	93 <b>Np</b> нептуний [237]	94 <b>Pu</b> плутоний [244]	95 <b>Am</b> амерций [243]	96 <b>Cm</b> куриум [247]	97 <b>Bk</b> берклий [247]	98 <b>Cf</b> калфорний [251]	99 <b>Es</b> эйнштейний [254]	100 <b>Fm</b> фермий [257]	101 <b>Md</b> менделеевий [258]	102 <b>No</b> нобелий [259]	103 <b>Lr</b> лоуренсий [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

# Периодический закон Д.И. Менделеева



Периодическая таблица систематизирует не только элементы, но и самые разнообразные их свойства.

**а) Закономерности, связанные с металлическими и неметаллическими свойствами элементов.**

- При перемещении *НАЛЕВО* вдоль периода *СПРАВА* металлические элементы *УСИЛИВАЮТСЯ*. В обратном направлении возрастают неметаллические свойства.
- При перемещении *СВЕРХУ* *ВНИЗ* вдоль групп *УСИЛИВАЮТСЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ* свойства элементов. Это связано с тем, что ниже в группах расположены элементы, имеющие уже довольно много заполненных электронных оболочек. Их внешние оболочки находятся дальше от ядра. Они отделены от ядра более толстой "шубой" из нижних электронных оболочек и электроны внешних уровней удерживаются слабее.

# Периодический закон Д.И. Менделеева



**б) Закономерности, связанные с окислительно-восстановительными свойствами элементов. Изменения электроотрицательности элементов.**

- Перечисленные выше причины объясняют, почему *СЛЕВА НАПРАВО УСИЛИВАЮТСЯ* *ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ* свойства, а при движении *СВЕРХУ ВНИЗ* - *ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ* свойства элементов.
- По той же причине, что и окислительные свойства элементов, их *ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ ВОЗРАСТАЕТ* тоже *СЛЕВА НАПРАВО*, достигая максимума у галогенов. Не последнюю роль в этом играет степень завершенности валентной оболочки.
- При перемещении *СВЕРХУ ВНИЗ* по группам *ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ УМЕНЬШАЕТСЯ*. Это связано с возрастанием числа электронных оболочек, на последней из которых электроны притягиваются к ядру все слабее и слабее.

# Периодический закон Д.И. Менделеева



## в) Закономерности, связанные с размерами атомов.

- Размеры атомов (*АТОМНЫЕ РАДИУСЫ*) при перемещении *СЛЕВА НАПРАВО* вдоль периода *УМЕНЬШАЮТСЯ*. Это объясняют тем, что электроны все сильнее притягиваются к ядру по мере возрастания заряда ядра. Даже увеличение числа электронов на внешней оболочке (например, у фтора по сравнению с кислородом) не приводит к увеличению размеров атома. Наоборот, размеры атома фтора меньше, чем атома кислорода.
- При перемещении *СВЕРХУ ВНИЗ* *АТОМНЫЕ РАДИУСЫ* элементов *РАСТУТ*, потому что заполнено больше электронных оболочек.



# Периодический закон Д.И. Менделеева



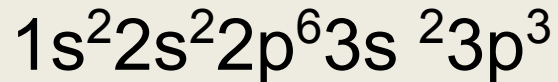
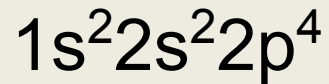
## г) Закономерности, связанные с валентностью элементов.

- Элементы одной и той же подгруппы (в короткой форме таблицы) или группы (в длинной) имеют аналогичную конфигурацию внешних электронных оболочек и, следовательно, одинаковую валентность в соединениях с другими элементами.
- s-Элементы имеют валентности, совпадающие с номером их группы (в любой форме таблицы).
- p-Элементы имеют наибольшую возможную для них валентность, равную номеру группы в короткой форме Периодической таблицы. Кроме того, они могут иметь валентность, равную разности между числом 8 и номером их группы в короткой форме таблицы (этот номер совпадает с числом электронов на внешней оболочке).
- d-Элементы обычно обнаруживают несколько разных валентностей, которые нельзя точно предсказать по номеру группы.
- Не только элементы, но и многие их соединения - оксиды, гидриды, соединения с галогенами - обнаруживают периодичность. Для каждой **ГРУППЫ** элементов можно записать формулы соединений, которые периодически "повторяются" (то есть могут быть записаны в виде обобщенной формулы).

# Задание



Атомы элементов имеют следующие электронные формулы:



Определить порядковый номер элемента, а также семейство, группу и подгруппу, к которым они относятся.