

Раздел «Структурные уровни и системная организация материи»

Мальцев Алексей Владимирович,
Доцент кафедры общей психологии и
психологии личности
AlexeyMaltsev@urfu.ru

Тема «Микро-, макро-, мегамиры»

Изучается самостоятельно на
семинарских занятиях в виде
деловой игры

Тема «Системные уровни организации материи»

Свойства материи (природы)

- Целостность
- Системность
- Аддитивность
- Интегративность

Целостность природы

- Природное тело (объект) сочетает в себе много свойств (физических, химических, биологических) т.е. обладает целостностью
- Рассмотрение природы как системы, представляет единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней, поэтому целостность относительна.

Целостность природы



Системность природы

- Природа рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов, которая образует целостный объект, имеющий новые качества, не свойственные элементам составляющим эту систему.
- Природным системам присуще следующие качества:
 - Множественность элементов (сложные системы)
 - Связь элементов с окружающей средой
 - Согласованная организация элементов в системе как в пространстве так и во времени, направленное на осуществление функций системы

Примеры систем

- совокупность звезд нашей Галактики
- буквы, составляющие текст
- звезды, входящие в состав шарового скопления
- двойные звезды

Примеры антисистем

- звезды, составляющие созвездие
- атомы, составляющие химический элемент
- буквы, составляющие алфавит
- совокупность всех звезд спектрального класса G

Системность природы



Аддитивные свойства систем

- Свойство системы, состоящее в том, что значение, соответствующее целому объекту, равно сумме значений, соответствующих его частям.
Наблюдаются для отдельных элементов системы
- Распространены в физических явлениях когда величина объекта в целом равна сумме величин составных частей.

Примеры аддитивных величин:

- Энергия;
- Импульс;
- Энтропия;
- Мощность;
- Давление, плотность (в случае смеси идеальных газов);
- Электрический заряд;

Свойство аддитивности для физических величин называется принципом суперпозиции

Аддитивные свойства систем

- Мало распространены при химических явлениях. Например количество вещества (в случае смеси не взаимодействующих химически ингредиентов);
- *Отсутствуют в живой природе*

Интегративные свойства систем

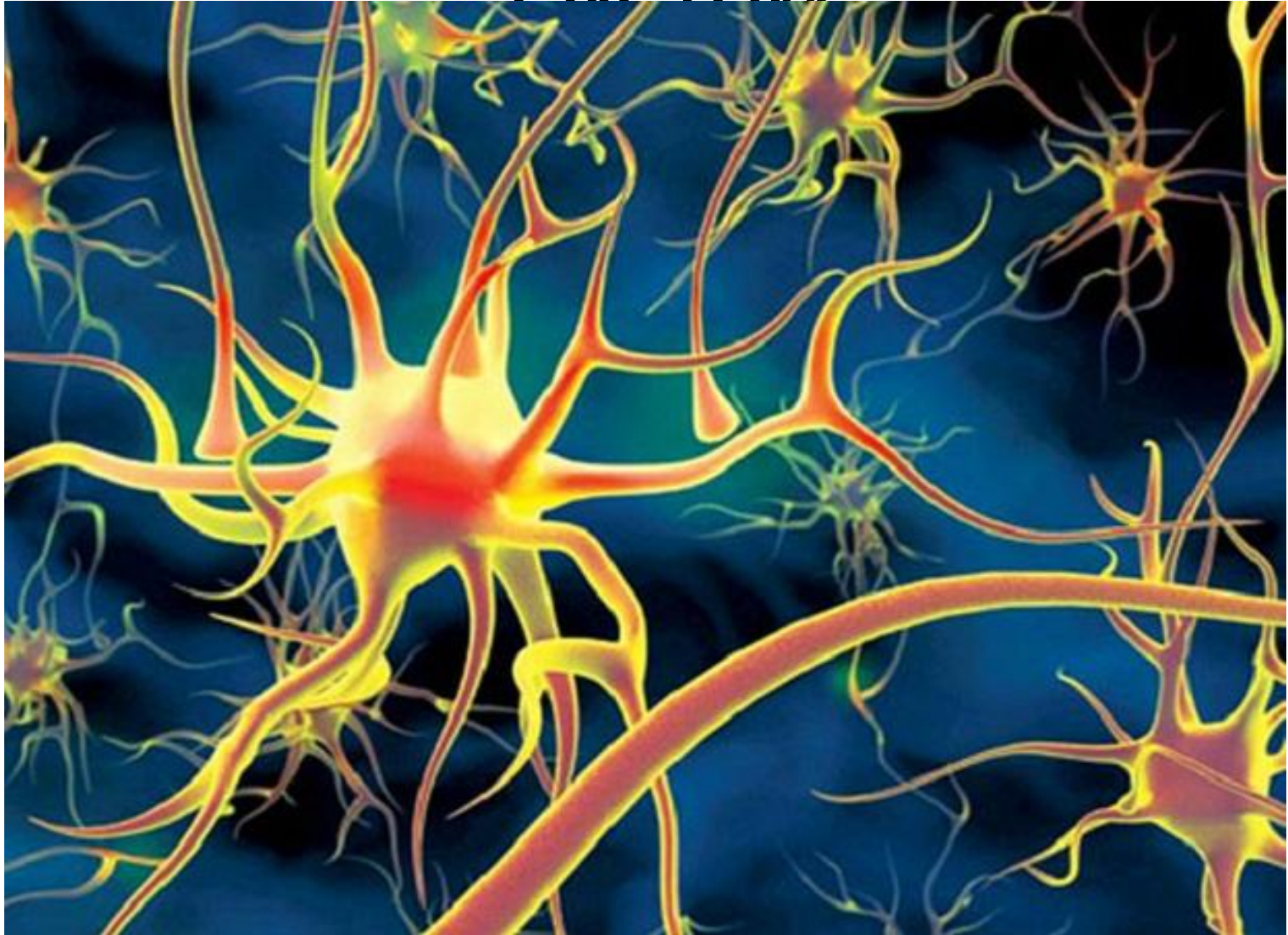
- *Такие свойства, которые присущи системе в целом, но не свойственны ни одному из ее элементов в отдельности.*
- Наличие интегративных свойств показывает, что свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.
- Таким образом, во-первых – система не сводится к простой совокупности элементов; во-вторых – расчленяя систему на части, изучая каждую из них в отдельности, нельзя познать все свойства системы в целом.

Примеры интегративности

- Экологические системы (биогеоценозы)
- Живой организм – особенно организм человека не сводится к сумме составляющих его органов, тканей и клеток
- Взаимодействие химических веществ (химические реакции): перераспределение атомов химических элементов в составе молекул продуктов реакции.
- Взаимодействие элементарных частиц с образованием новых частиц (ядерные реакции)

Интегративность живых

СИСТЕМ



Иерархичность природных систем

- порядок подчинённости низших звеньев высшим, организация их в структуру типа «дерево»;

Иерархичность физических систем

- Фундаментальные частицы (кварки)
- Составные элементарные частицы (протон)
- Атомные ядра
- Атомы
- Молекулы
- Макроскопические тела

Иерархичность астрономических систем

- звёзды с их планетными системами
- галактики
- скопления галактик
- сверхскопления галактик
- метагалактика

Иерархичность химических систем

- атом
- простая молекула (молекула из одного вида химического элемента)
- сложная молекула (молекула из разных видов химических элементов)
- Макромолекула (полимер, состоящий из мономеров)
- вещество (тела)

Иерархичность биологических систем

- Рассмотреть самостоятельно в рамках темы

Особенности биологического уровня организации материи

Тема «Структуры микромира»

Элементарные частицы

Это частицы, входящие в состав атома.

- **Электрон** был открыт Томсоном в 1867 году
- **Протон** был открыт Резерфордом в 1919 году
- **Нейтрон** был открыт Чедвиком в 1932 году
- **Нейтрино** было открыто Паули в 1930 году

В настоящее время известно более 350

Фундаментальные частицы

микрочастицы, внутреннюю структуру которой нельзя представить в виде объединения других свободных частиц.

Классификация элементарных частиц



Частицы, образующие вещество

- **Адроны** – составные частицы, состоят из кварков, участвуют в сильных взаимодействиях (например протон и нейтрон). Имеют размер 10^{-15} м.
- **Лептоны** не имеют составного строения, участвуют в слабых взаимодействиях (например электрон и нейтрино) Имеют размер 10^{-18} м.

Частицы, образующие поле

- **Фотон** – переносчик электромагнитного взаимодействия
- **Глюон** – переносчик сильного взаимодействия
- **Бозон** – переносчик слабого взаимодействия
- **Гравитон** – переносчик гравитационного взаимодействия

По продолжительности жизни

- **стабильные** (*протон, электрон, нейтрино, фотон*), остальные не стабильные!
- **нестабильные** (*свободный нейтрон*) и *резонансы*, самопроизвольно распадаются от 1000 секунд (для *свободного нейтрона*) до 10^{-22} сек. для *резонансов*.

Античастица

Частица-двойник некоторой другой элементарной частицы, обладающая той же массой, но отличающаяся от неё знаком заряда.

- *Электрон — античастица — позитрон — была открыта в 1932 году*
- *Протон — античастица — антипротон — была открыта в 1955 году*
- *В 1970 году открыт антигелий, а в 1998 году - антиводород, т.е. элементы антивещества или антиэлементы.*

Античастиц нет у фотона это истинно нейтральная частица

Взаимопревращения элементарных частиц

1. Распад нейтрона (**Бета распад**):

(нейтрон) $n = p^+$ (протон) + e^- (электрон) +
(антинейтрино электронное)

2. При столкновении элементарных частиц с большой энергией рождаются другие частицы но всегда парами:

Фотон + фотон = электрон e^- + позитрон e^+

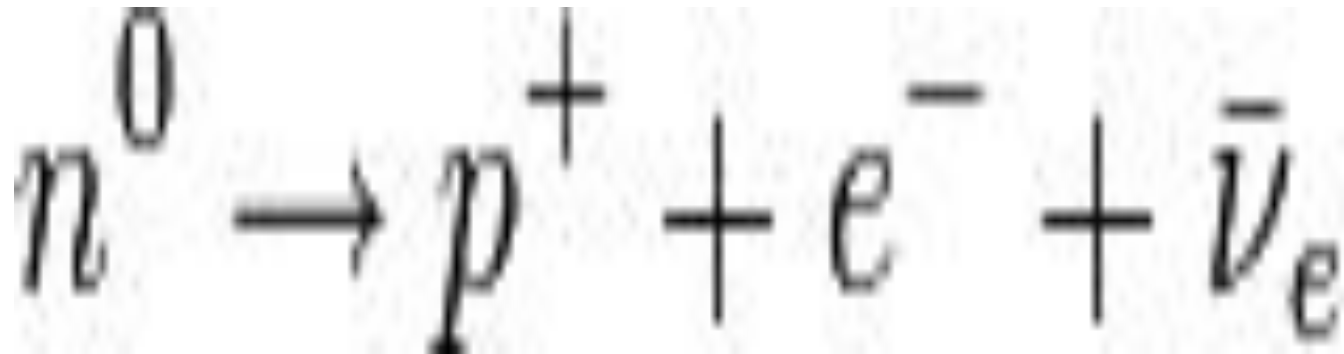
3. Аннигиляция (исчезновение вещества): электрон e^- +
позитрон e^+ = фотон ($E=mc^2$)

Частица+Античастица=Энергия

Соотношение вещества и поля в материи: (вещество) :
поле (фотоны) = 1 : 10⁹

β^- распад

превращение нейтрона в протон, при этом
испускаются электрон и антинейтрино:



Вещество как совокупность корпускулярных структур

- кварки
- нуклоны (протоны и нейтроны)
- атомные ядра
- атомы с их электронными оболочками

Строение атома

- Атом состоит из ядра атома и электронной оболочки
- В ядре атома сосредоточена практически вся масса атома и весь его положительный заряд. Ядро состоит из нуклонов – протонов и нейтронов (p и n). Протон несет элементарный положительный заряд, нейтрон – частица незаряженная.
- Масса ядра не равна сумме масс протонов и нейтронов, входящих в него (т.н. «дефект масс»).
- Удержание протонов в ядре происходит за счет сильного взаимодействия

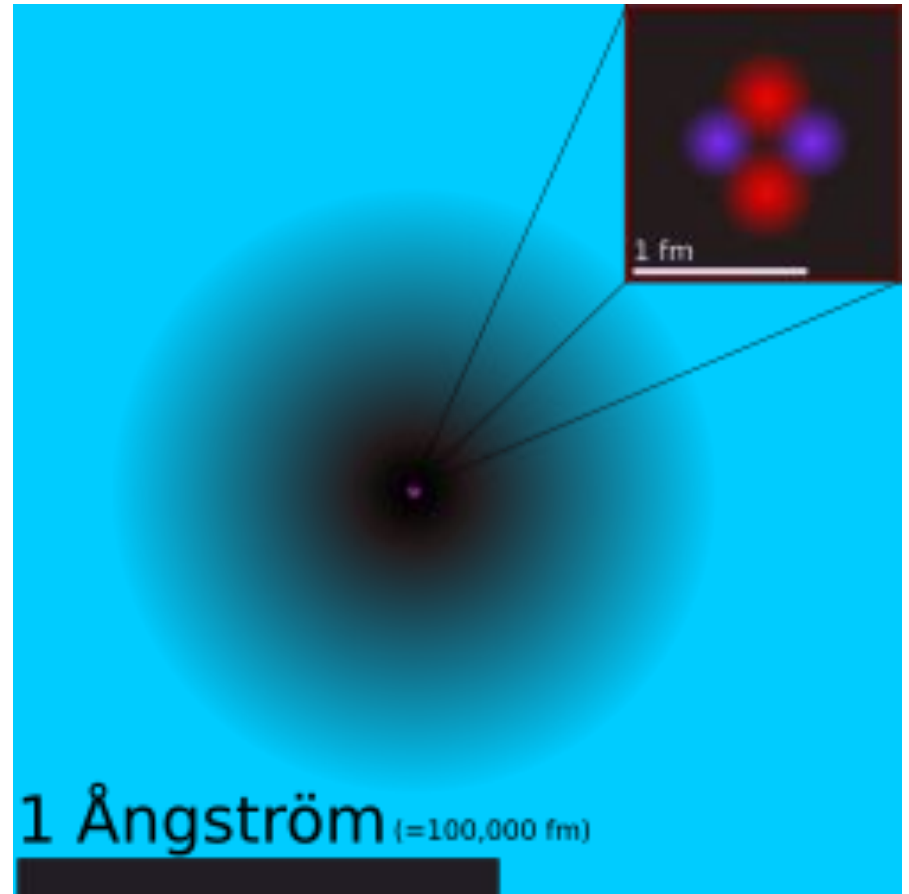
Размеры атома

Размер атома

$$10^{-10} \text{ м}$$

Размер атомного ядра

$$10^{-15} \text{ м}$$



Строение атома

- Число электронов в атоме равно порядковому номеру Z элемента в таблице Менделеева
- Число протонов равно числу электронов.
- Число нейтронов в ядре определяется следующим образом: $N_p = A - Z$,

где A – массовое число, т.е. целое число, ближайшее к атомной массе элемента в таблице Менделеева, Z – зарядовое число (число протонов).

Тема «Химические системы»

Химический элемент

- Для обозначения химических элементов применяется запись - ${}_Z X^A$
- где X – символ химического элемента в таблице Менделеева, Z зарядовое число, A массовое число
- Первый химический элемент водород ${}_1 H^1$:
Зарядовое число $Z = 1$, массовое число $A = 1$
- Второй химический элемент гелий ${}_2 He^4$

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Группы	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Заключительные группы		
		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	H 1.008 ВОДОРОД																He 4.003 ГЕЛИЙ	2	
2	2	Li 6.941 ЛИТИЙ	Be 9.0122 БЕРИЛЛИЙ	B 10.811 БОР	C 12.011 УГЛЕРОД	N 14.007 АЗОТ	O 15.999 КИСЛОРОД	F 18.998 ФТОР										Ne 20.179 НЕОН	10	
3	3	Na 22.989 НАТРИЙ	Mg 24.312 МАГНИЙ	Al 26.982 АЛЮМИНИЙ	Si 28.086 КРЕМНИЙ	P 30.974 ФОСФОР	S 32.064 СЕРА	Cl 35.453 ХЛОР										Ar 39.948 АРГОН	18	
4	4	K 39.102 КАЛИЙ	Ca 40.08 КАЛЬЦИЙ	Sc 44.956 СКАНДИЙ	Ti 47.88 ТИТАН	V 50.941 ВАНАДИЙ	Cr 51.996 ХРОМ	Mn 54.938 МАРГАНЕЦ	Fe 55.845 ЖЕЛЕЗО	Co 58.933 КОБАЛЬТ	Ni 58.7 НИКЕЛЬ									
	5	Cu 63.546 МЕДЬ	Zn 65.37 ЦИНК	Ga 69.72 ГАЛЛИЙ	Ge 72.59 ГЕРМАНИЙ	As 74.922 АРСЕН	Se 78.96 СЕЛЕН	Br 79.904 БРОМ											Kr 83.8 КРИПТОН	36
5	6	Rb 85.468 РУБИДИЙ	Sr 87.62 СТРОНЦИЙ	Y 88.906 ИТРИЙ	Zr 91.22 ЦИРКОНИЙ	Nb 92.906 НИОБИЙ	Mo 95.94 МОЛИБДЕН	Tc 98 ТЕХНЕЦИЙ	Ru 101.07 РУТЕНИЙ	Rh 102.906 РОДИЙ	Pd 106.4 ПАЛЛАДИЙ									
	7	Ag 107.868 СЕРЕБРО	Cd 112.41 КАДМИЙ	In 114.82 ИНДИЙ	Sn 118.69 ОЛОВО	Sb 121.75 СУРЬМА	Te 127.6 ТЕЛЛУР	I 126.905 ИОД											Xe 131.3 КСЕНОН	54
6	8	Cs 132.905 ЦЕЗИЙ	Ba 137.34 БАРИЙ	La 138.905 ЛАНТАНОИДЫ	Hf 178.49 ГАФНИЙ	Ta 180.948 ТАНТАЛ	W 183.85 ВОЛЬФРАМ	Re 186.207 РЕНИЙ	Os 190.2 ОСМИЙ	Ir 192.22 ИРИДИЙ	Pt 195.09 ПЛАТИНА									
	9	Au 196.967 ЗОЛОТО	Hg 200.59 РУТУТЬ	Tl 204.37 ТАЛЛИЙ	Pb 207.19 СВИНЕЦ	Bi 208.98 ВИСМУТ	Po 210 ПОЛОНИЙ	At 210 АСТАТ												Rn 222 РАДОН
7	10	Fr 223 ФРАНЦИЙ	Ra 226 РАДИЙ	Ac 227 АКТИНОИДЫ	Rf 261 РЕЗЕРФОРДИЙ	Db 262 ДУБИНИЙ	Sg 263 СИБОРГИЙ	Bh 264 БОРИЙ	Hn 265 ХАННИЙ	Mt 266 МЕРТРИНИЙ										



Д.И. Менделеев
1834-1907



- РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ
- s-элементы (розовый)
 - p-элементы (желтый)
 - d-элементы (синий)
 - f-элементы (зеленый)

Высшие оксиды	R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄
Летучие водородные соединения				RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR	

Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 La ЛАНТАН 138.906	58 Ce ЦЕРИЙ 140.12	59 Pr ПРАЗЕОДИЙ 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 158.925	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162.5	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164.93	68 Er ЕРБИЙ 167.26	69 Tm ТУЛЬМИЙ 168.934	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173.04	71 Lu ЛУТЕЦИЙ 174.967
----------------------------	--------------------------	-------------------------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

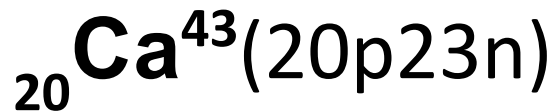
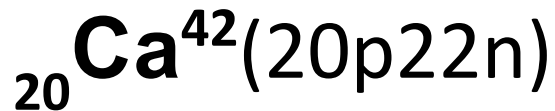
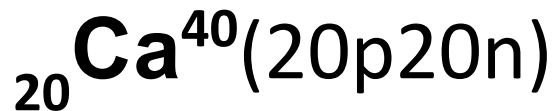
А К Т И Н О И Д Ы

89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232.038	91 Pa ПРОМЕТИЙ [231]	92 U УРАН 238.029	93 Np НЕПУТЧИЙ [237]	94 Pu ПУЛТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРИЦИЙ [243]	96 Cm КУРЧИЙ [247]	97 Bk БЕРКЛИЙ [247]	98 Cf КАЛИФОРНИЙ [251]	99 Es ЭЙЗЕНСТАЙН [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МОДЕЦИЙ [258]	102 No НОБЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСИЙ [260]
---------------------------	---------------------------	----------------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------------	------------------------------	------------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	------------------------------

ИЗОТОПЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Ядра с одинаковыми **Z**, но разными **A** называются изотопами.

ИЗОТОПЫ Кальция:



Организация электронных состояний атома в электронные оболочки

- Электронная оболочка атома — область пространства вероятного местонахождения электронов, характеризующихся значением главного квантового числа n , определяющим энергетический уровень электронов:
- Электронные уровни обозначаются буквами K, L, M, N, O, P, Q или цифрами от 1 до 7.

Организация электронных состояний атома в электронные оболочки

- n – главное квантовое число (энергетический уровень оболочки)
- l – орбитальное квантовое число (форма оболочки)
- m – магнитное квантовое число (направление движения)
- m_s – спиновое квантовое число (собственное вращение электрона)
- **Принцип Паули:** в атоме может быть только один электрон с одинаковым набором значений квантовых чисел n , l , m , m_s

Число электронов в оболочке на уровнях (n) и подуровнях (l)

n	Максимальное число электронов в подуровнях l – орбитальный момент					Всего электронов в оболочке
	s	p	d	f	g	
1	2					2
2	2	6				8
3	2	6	10			18
4	2	6	10	14		32
5	2	6	10	14	18	50

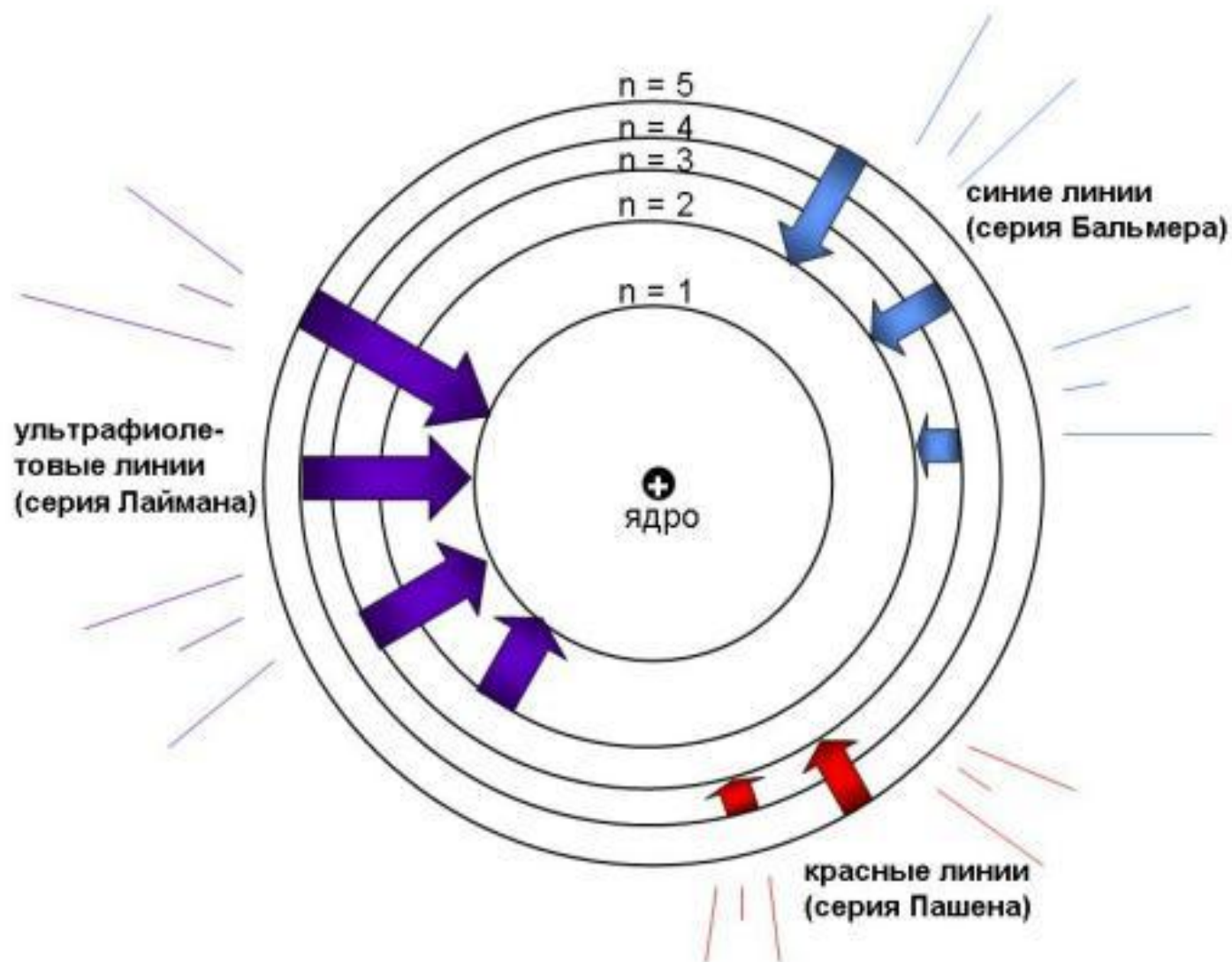
Электронные конфигурации ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Атомный номер	Символ элемента	Электронная конфигурация
1	H	$1s^1$
2	He	$1s^2$
3	Li	$1s^2 2s^1$
4	Be	$1s^2 2s^2$
5	B	$1s^2 2s^2 2p^1$
6	C	$1s^2 2s^2 2p^2$
7	N	$1s^2 2s^2 2p^3$
8	O	$1s^2 2s^2 2p^4$
9	F	$1s^2 2s^2 2p^5$
10	Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$

Переходы электронов между электронными состояниями

- Квантовое состояние с наименьшей энергией атома называют *основным*. Остальные квантовые состояния с более высоким уровнем энергии называют *возбужденным*.
- Когда атом находится в возбужденном состоянии, связь электрона с ядром ослабевает вплоть до отрыва электрона от атома.
- В основном состоянии атом может существовать неограниченно долго, а в возбужденном же состоянии – доли секунды.

Переходы электронов между электронными состояниями (для атома водорода)



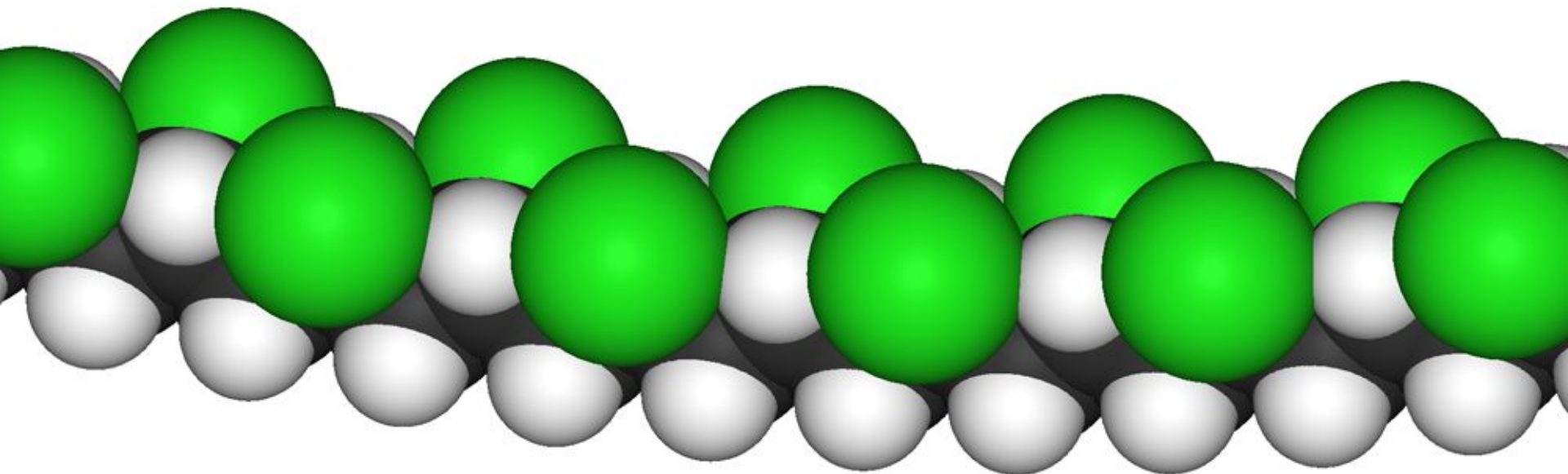
Вещества простые и сложные

- **Простые** – химические вещества, образованные атомами одного рода. O_2
- **Вещества сложные (соединения)** – химические вещества, образованные 2 или большим количеством атомов разного рода.
 - H_2O - сложная молекула
 - ДНК – сложная (полимерная) макромолекула

Полимеры и мономеры

- **Полимеры** – молекулы сложного строения, образованные последовательно связанными повторяющимися мономерными звеньями.
 - Полимер – это высокомолекулярное соединение: количество мономерных звеньев в полимере (степень полимеризации) должно быть достаточно велико.
 - Большинство полимеров на основе атома углерода
- **Мономеры** – мономерное звено входит в составе полимерной молекулы.

Поливинилхлорид



Катализаторы

- Химические вещества, ускоряющие скорость химических реакций, но не входящие в состав продуктов реакции.
- Биокатализаторы (ферменты или энзимы) обычно белковые молекулы, ускоряющие химические реакции в живых системах.

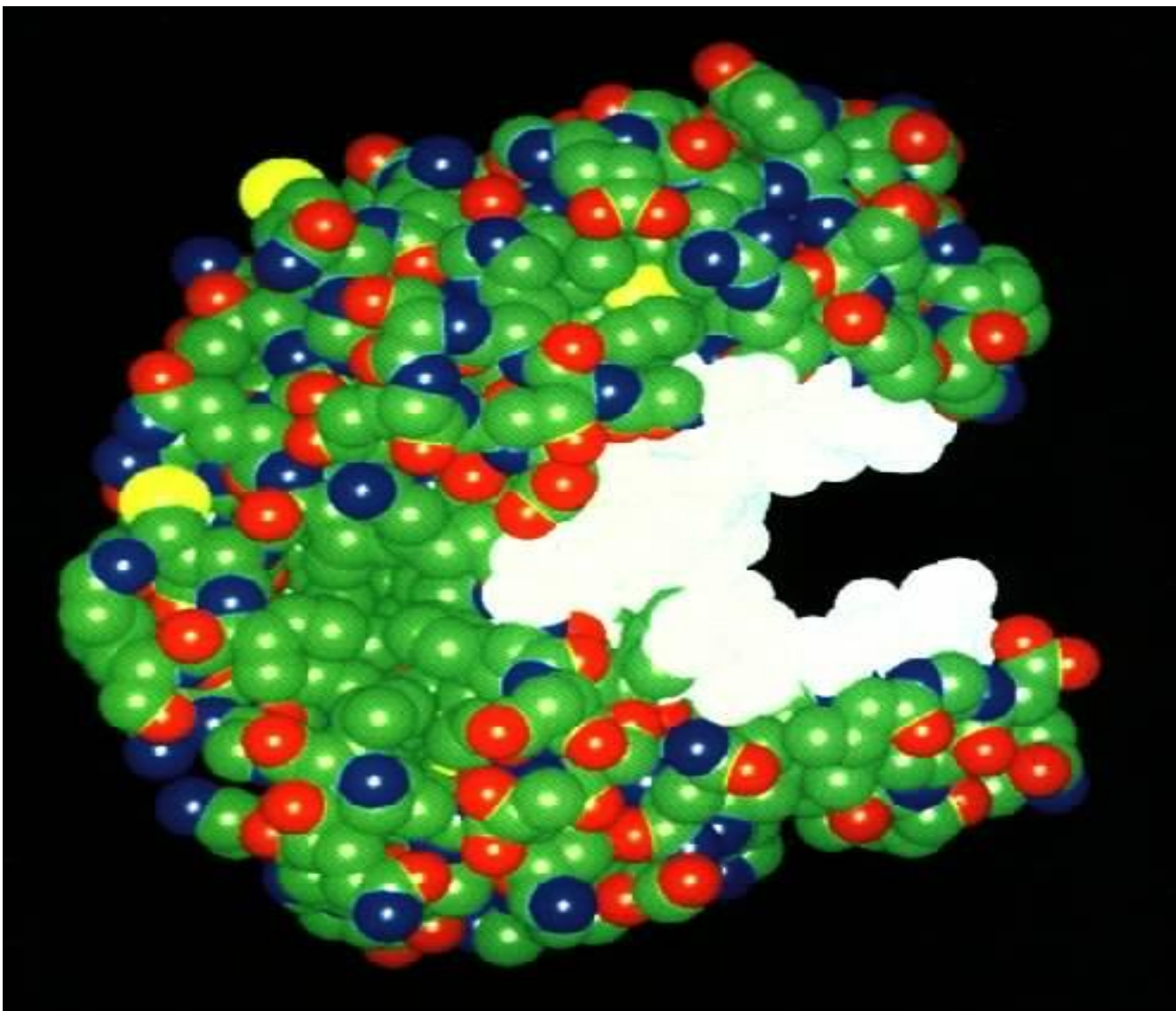
Протекание реакции с катализатором



Ферменты

- Отличительной особенностью ферментов по сравнению с небелковыми катализаторами является их высокая специфичность.
- При этом эффективность ферментов значительно выше эффективности небелковых катализаторов — ферменты ускоряют реакцию в миллионы и миллиарды раз, небелковые катализаторы — в сотни и тысячи раз.
- Например, одна молекула фермента ренина, содержащегося в слизистой оболочке желудка телёнка, створаживает около 10^6 молекул казеиногена (белка) молока за 10 мин при температуре $37\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ферменты



Тема «Особенности биологического уровня организации материи»

- Изучаются самостоятельно и рассматриваются на семинаре