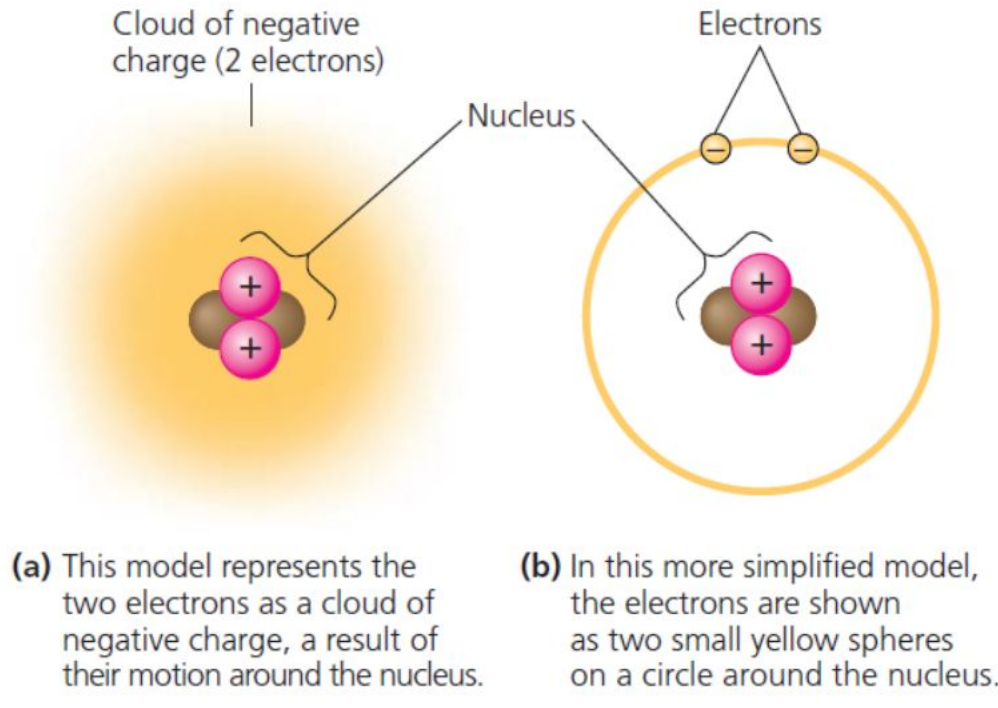


Введение в биохимию

АТОМЫ

- Ядро: протоны (+) и нейтроны
- Электронное облако (-)

▼ **Figure 2.4 Simplified models of a helium (He) atom.** The helium nucleus consists of 2 neutrons (brown) and 2 protons (pink). Two electrons (yellow) exist outside the nucleus. These models are not to scale; they greatly overestimate the size of the nucleus in relation to the electron cloud.



- Для измерения массы молекул используется дальтон (атомная единица массы)
- Нейтрон и протон почти одинаковы по массе ($1.7 \cdot 10^{-24}$ грамм, примерно 1 дальтон)
- Атомное число = число протонов = число электронов в нейтральном атоме
- Массовое число = число протонов + число нейтронов
- Атомная масса в дальтонах приблизительно равна массовому числу

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

I										VIII													
1 H ВОДОРОД 1,008																			2 He ГЕЛИЙ 4,002602(2)				
II																		VII					
3 Li ЛИТИЙ 6,94	4 Be БЕРИЛЛИЙ 9,012182(3)																	5 B БОР 10,81	6 C УГЛЕРОД 12,011	7 N АЗОТ 14,007	8 O КИСЛОРОД 15,999	9 F ФТОР 18,9984032(5)	10 Ne НЕОН 20,1797(6)
11 Na НАТРИЙ 22,98976928(2)	12 Mg МАГНИЙ 24,3050(6)																	13 Al АЛЮМИНИЙ 26,9815386(8)	14 Si КРЕМНИЙ 28,085	15 P ФОСФОР 30,973762(2)	16 S СЕРА 32,06	17 Cl ХЛОР 35,45	18 Ar АРГОН 39,948(1)
III										III													
19 K КАЛИЙ 39,0983(1)	20 Ca КАЛЬЦИЙ 40,078(4)	21 Sc СКАНДИЙ 44,955912(6)	22 Ti ТИТАН 47,867(1)	23 V ВАНАДИЙ 50,9415(1)	24 Cr ХРОМ 51,9961(6)	25 Mn МАРГАНЕЦ 54,938045(5)	26 Fe ЖЕЛЕЗО 55,845(2)	27 Co КОБАЛЬТ 58,933195(5)	28 Ni НИКЕЛЬ 58,6934(4)	29 Cu МЕДЬ 63,546(3)	30 Zn ЦИНК 65,38(2)	31 Ga ГАЛЛИЙ 69,723(1)	32 Ge ГЕРМАНИЙ 72,63(1)	33 As МЬШЬЯК 74,92160(2)	34 Se СЕЛЕН 78,96(3)	35 Br БРОМ 79,904(1)	36 Kr КРИПТОН 83,798(2)						
37 Rb РУБИДИЙ 85,4678(3)	38 Sr СТРОНЦИЙ 87,62(1)	39 Y ИТРИЙ 88,90585(2)	40 Zr ЦИРКОНИЙ 91,224(2)	41 Nb НИОБИЙ 92,90638(2)	42 Mo МОЛИБДЕН 95,96(2)	43 Tc ТЕХНЕЦИЙ [98]	44 Ru РУТЕНИЙ 101,07(2)	45 Rh РОДИЙ 102,90550(2)	46 Pd ПАЛЛАДИЙ 106,42(1)	47 Ag СЕРЕБРО 107,8682(2)	48 Cd КАДМИЙ 112,411(8)	49 In ИНДИЙ 114,818(3)	50 Sn ОЛОВО 118,710(7)	51 Sb СУРЬМА 121,760(1)	52 Te ТЕЛЛУР 127,60(3)	53 I ИОД 126,90447(3)	54 Xe КСЕНОН 131,293(6)						
55 Cs ЦЕЗИЙ 132,9054519(2)	56 Ba БАРИЙ 137,327(7)	72 Hf ГАФНИЙ 178,49(2)	73 Ta ТАНТАЛ 180,94788(2)	74 W ВОЛЬФРАМ 183,84(1)	75 Re РЕНИЙ 186,207(1)	76 Os ОСМИЙ 190,23(3)	77 Ir ИРИДИЙ 192,227(3)	78 Pt ПЛАТИНА 195,084(9)	79 Au ЗОЛОТО 196,966569(4)	80 Hg РУТУТЬ 200,59(2)	81 Tl ТАЛЛИЙ 204,38	82 Pb СВИНЕЦ 207,2(1)	83 Bi ВИСМУТ 208,98040(1)	84 Po ПОЛОНИЙ [209]	85 At АСТАТ [210]	86 Rn РАДОН [222]							
87 Fr ФРАНЦИЙ [223]	88 Ra РАДИЙ [226]	104 Rf Резерфордий [265]	105 Db Дубний [268]	106 Sg Сибгорий [272]	107 Bh Борий [274]	108 Hs Хассий [276]	109 Mt Мейтнерий [278]	110 Ds Дармштадтий [280]	111 Rg Рентгений [281]	112 Cn Коперниций [285]	113 Uut Унунтрий [286]	114 Fl Флеровий [289]	115 Uup Унунпентий [289]	116 Lv Ливерморий [294]	117 Uus Унунseptий [294]	118 Uuo Унунokтий [294]							
<p> ■ — S-ЭЛЕМЕНТЫ ■ — P-ЭЛЕМЕНТЫ ■ — D-ЭЛЕМЕНТЫ ■ — F-ЭЛЕМЕНТЫ </p>																							
57 La ЛАНТАН 138,90547(7)	58 Ce ЦЕРИЙ 140,116(1)	59 Pr ПРАЗЕОДИМ 140,90765(2)	60 Nd НЕОДИМ 144,242(3)	61 Pm ПРОМЕТИЙ [145]	62 Sm САМАРИЯ 150,36(2)	63 Eu ЕВРОПИЙ 151,964(1)	64 Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25(3)	65 Tb ТЕРБИЙ 158,92535(2)	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162,500(1)	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164,93032(2)	68 Er ЭРБИЙ 167,259(3)	69 Tm ТУЛИЙ 168,93421(2)	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173,054(5)	71 Lu ЛУТЕЦИЙ 174,96681(1)									
89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232,03806(2)	91 Pa ПРОТАКТИНИЙ 231,03588(2)	92 U УРАН 238,02891(3)	93 Np НЕПТУНИЙ [237]	94 Pu ПЛУТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРИЦИЙ [243]	96 Cm КЮРИЙ [247]	97 Bk БЕРКЛИЙ [247]	98 Cf Калифорний [251]	99 Es Эйнштейний [252]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md Менделевий [258]	102 No НОБЕЛИЙ [261]	103 Lr ЛОУРЕНСИЙ [264]									

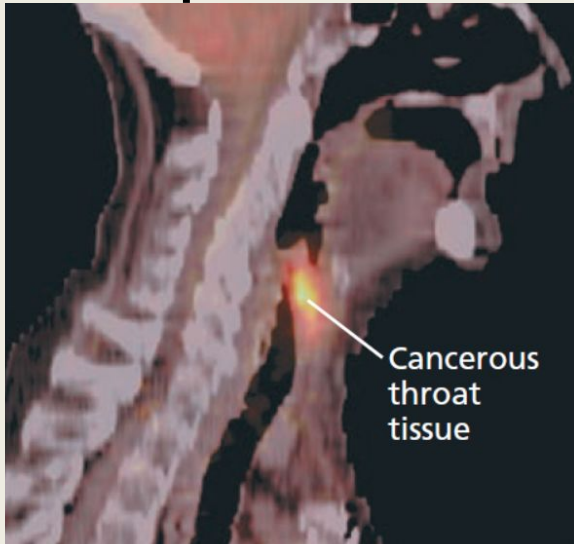
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР → 94
 СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА → Pu
 НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА → ПЛУТОНИЙ
 ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА → [244]

РАДИОАКТИВНОСТЬ

• Найдите массовое и атомное число C, O, Ca

ИЗОТОПЫ

- Атомы с одинаковым числом протонов, но разным числом нейтронов
- Радиоактивный изотоп – атом с нестабильным ядром, спонтанно распадающимся с выделением частиц и энергии



Позитронно-эмиссионная томография:

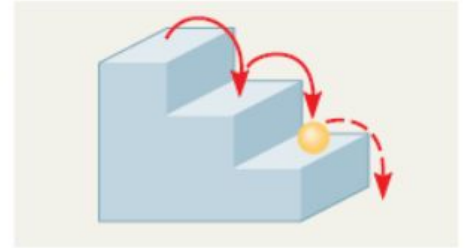
Яркое пятно показывает область с высоким содержанием радиоактивного изотопа глюкозы, что означает высокую метаболическую активность, признак раковых клеток

Энергетические уровни

- Электроны обладают различной потенциальной энергией
- Чем выше уровень, тем больше энергия

▼ **Figure 2.6 Energy levels of an atom's electrons.** Electrons exist only at fixed levels of potential energy called electron shells.

(a) A ball bouncing down a flight of stairs can come to rest only on each step, not between steps. Similarly, an electron can exist only at certain energy levels, not between levels.

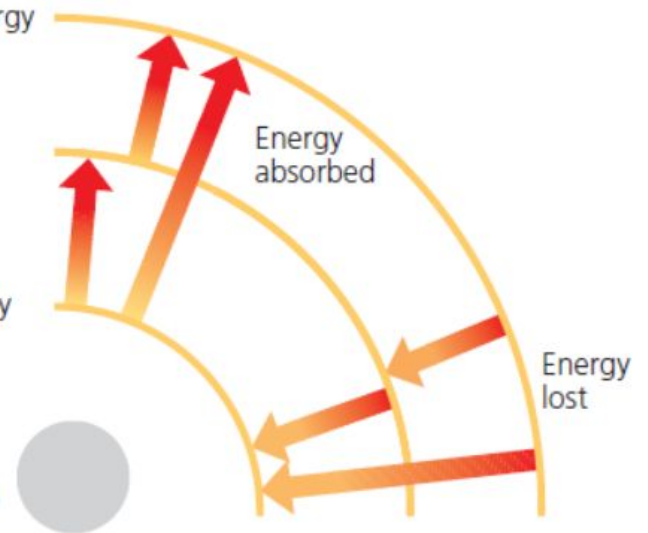


Third shell (highest energy level in this model)

Second shell (higher energy level)

First shell (lowest energy level)

Atomic nucleus



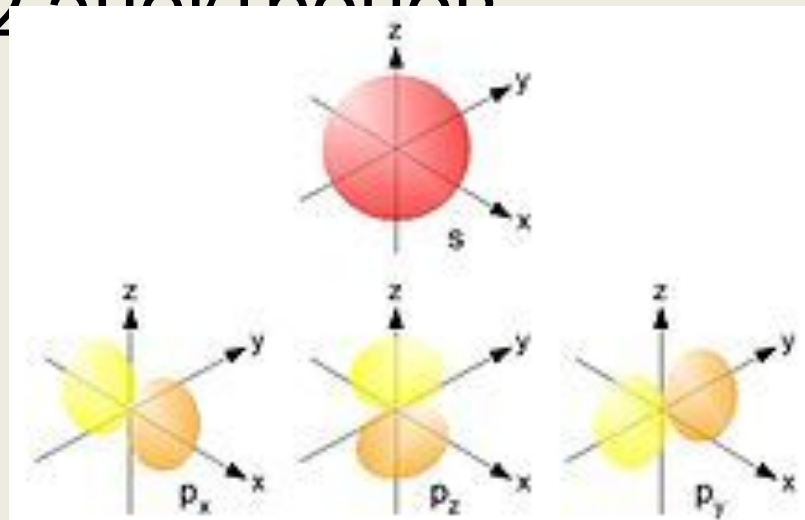
(b) An electron can move from one shell to another only if the energy it gains or loses is exactly equal to the difference in energy between the energy levels of the two shells. Arrows in this model indicate some of the stepwise changes in potential energy that are possible.

ПЕРИОДЫ	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																					
	A	I	B	A	II	B	A	III	B	A	IV	B	A	V	B	A	VI	B	A	VII	B	A
1	(H)																					
	(H)																					
2	Li Lithium Литий	Be Beryllium Бериллий	B Borum Бор	C Carboneum Углерод	N Nitrogenium Азот	O Oxygenium Кислород	F Fluorum Фтор	Ne Neon Неон														
3	Na Natrium Натрий	Mg Magnesium Магний	Al Aluminium Алюминий	Si Silicium Кремний	P Phosphorus Фосфор	S Sulfur Сера	Cl Chlorium Хлор	Ar Argon Аргон														

- Период (строка в таблице) показывает число электронов на внешнем уровне
- Эти электроны называются валентными





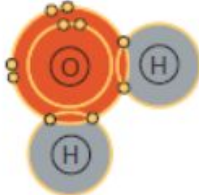

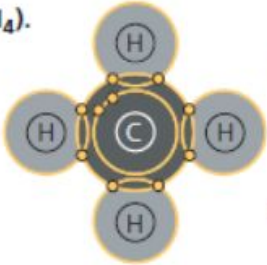

Электронные орбитали

- Орбиталь – пространство, в котором электрон определенного энергетического уровня находится 90% времени
- На одной орбитали могут находиться не больше 2 электрона



Ковалентная связь

- Ковалентная связь – обобществление электронов

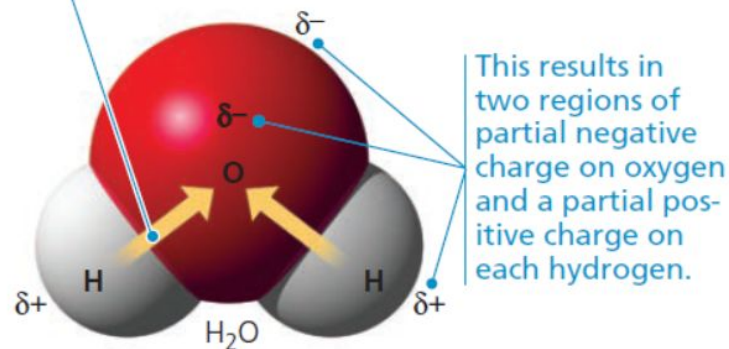
Name and Molecular Formula	Electron Distribution Diagram	Lewis Dot Structure and Structural Formula	Space-Filling Model
(a) Hydrogen (H₂). Two hydrogen atoms share one pair of electrons, forming a single bond.		H:H H—H	
(b) Oxygen (O₂). Two oxygen atoms share two pairs of electrons, forming a double bond.		Ö::Ö O=O	
(c) Water (H₂O). Two hydrogen atoms and one oxygen atom are joined by single bonds, forming a molecule of water.		Ö:H H O—H H	
(d) Methane (CH₄). Four hydrogen atoms can satisfy the valence of one carbon atom, forming methane.		H H:C:H H H—C—H H	

Ковалентная связь

- Способность атома притягивать электроны – электроотрицательность
- неполярная ковалентная связь – между атомами одного элемента (электроотрицательность одинаковая)
- Полярная ковалентная связь – между атомами разных элементов, электроны «оттягиваются» к более электроотрицательному

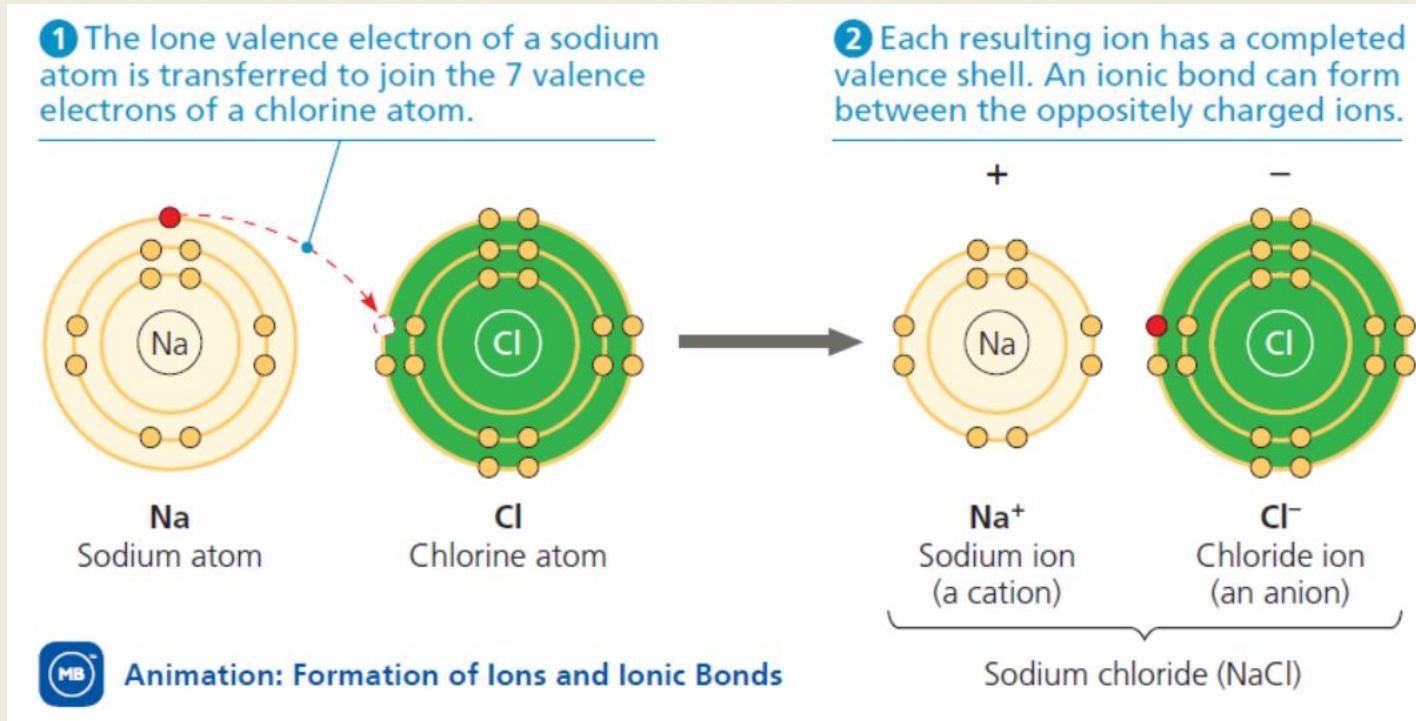
▼ **Figure 2.11 Polar covalent bonds in a water molecule.**

Because oxygen (O) is more electronegative than hydrogen (H), shared electrons are pulled more toward oxygen.



Ионная связь

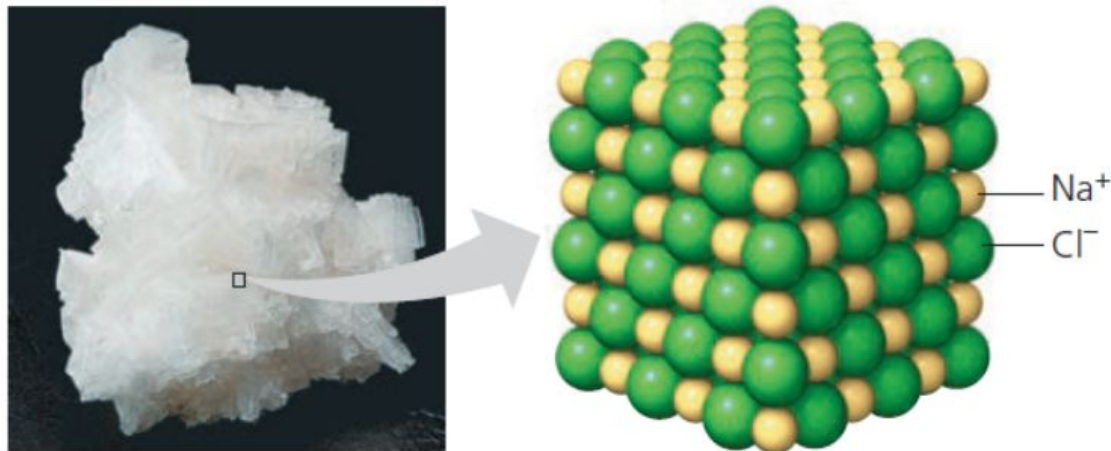
- Атомы настолько разные по своей электроотрицательности, что один забирает у другого электрон



Ионная связь

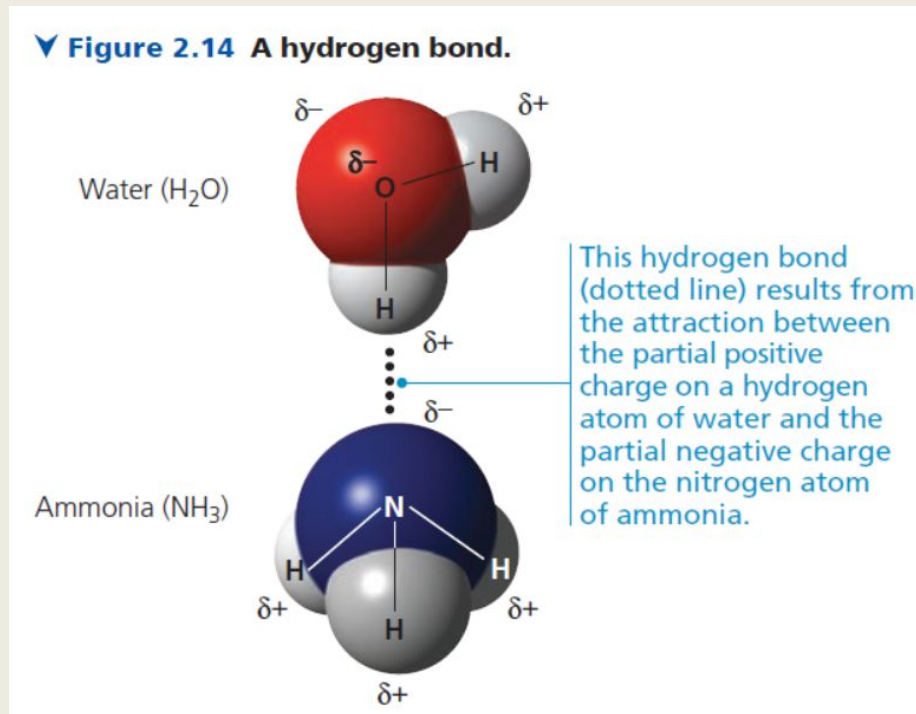
- В результате возникают два иона: катион (положительно заряженный) и анион (отрицательно заряженный)
- Из-за разницы зарядов они притягиваются, и формируется связь

▼ **Figure 2.13 A sodium chloride (NaCl) crystal.** The sodium ions (Na^+) and chloride ions (Cl^-) are held together by ionic bonds. The formula NaCl tells us that the ratio of Na^+ to Cl^- is 1:1.



Другие взаимодействия

- Водородная связь: притяжение частично положительно заряженного водорода к электроотрицательному атому



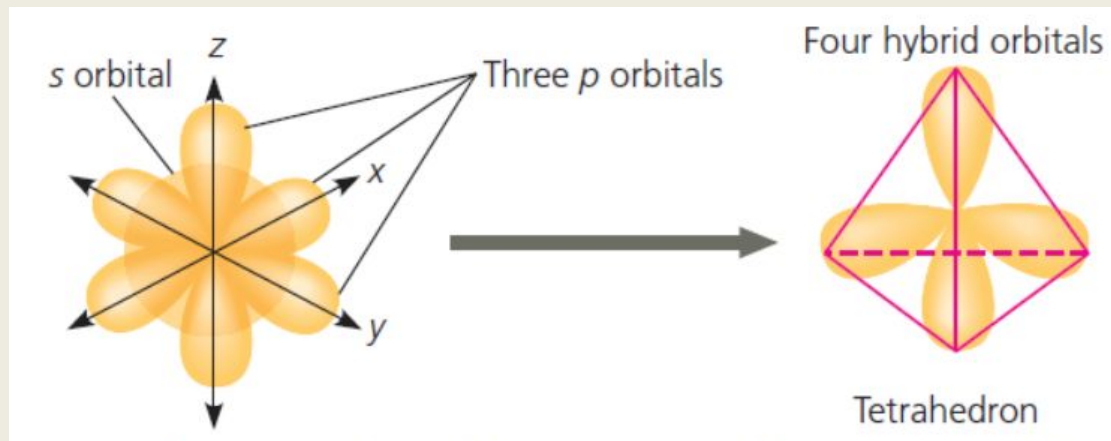
Другие взаимодействия

- Силы Ван-дер-Ваальса: электроны не всегда симметрично распределены по молекуле, они могут случайно скапливаться, из-за чего все атомы и молекулы могут притягиваться
- Эти взаимодействия очень слабые и действуют только на очень малых расстояниях
- Однако именно они позволяют геккону лазать по стенам

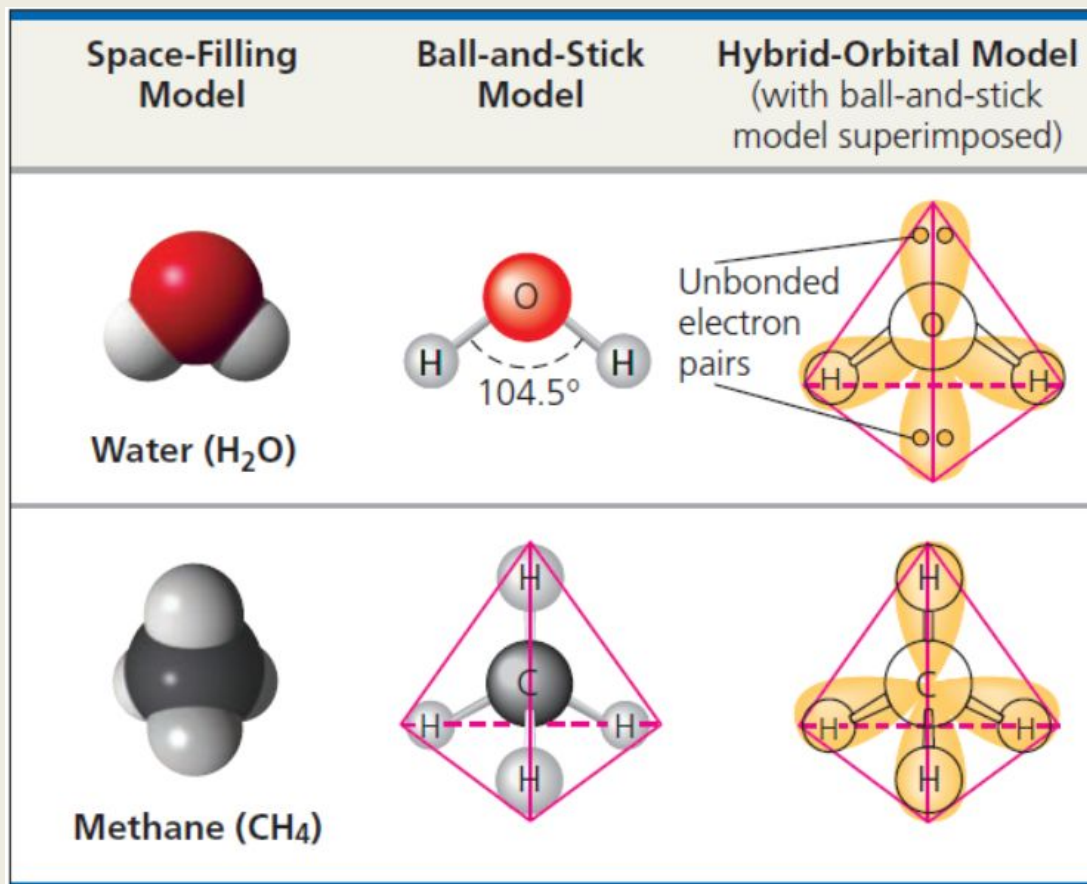


Гибридизация орбиталей

- s-орбиталь и 3 p-орбитали, участвующие в ковалентной связи, могут совмещаться, формируя тетраэдр из гибридных орбиталей



Гибридизация орбиталей

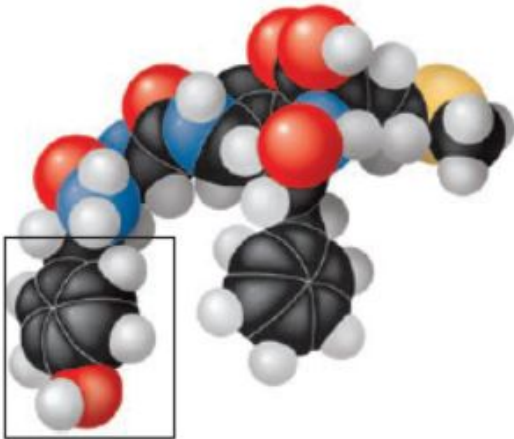


Форма молекулы очень важна

▼ **Figure 2.16 A molecular mimic.** Morphine affects pain perception and emotional state by mimicking the brain's natural endorphins.

Key Carbon Nitrogen
 Hydrogen Sulfur
 Oxygen

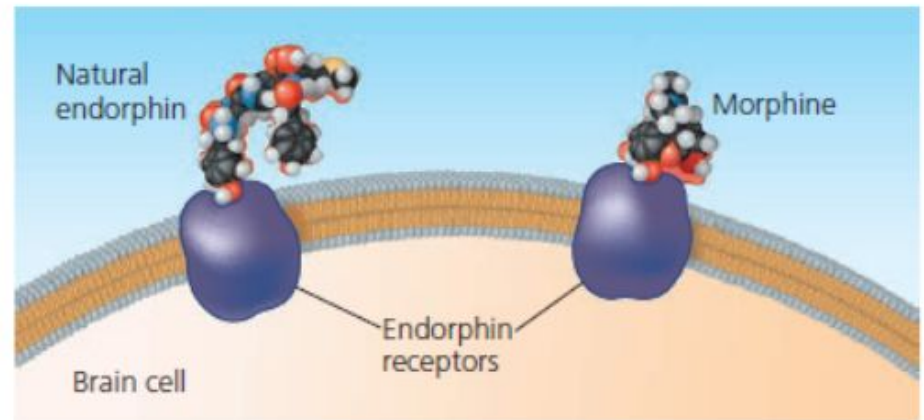
Natural endorphin



Morphine



(a) **Structures of endorphin and morphine.** The boxed portion of the endorphin molecule (left) binds to receptor molecules on target cells in the brain. The boxed portion of the morphine molecule (right) is a close match.

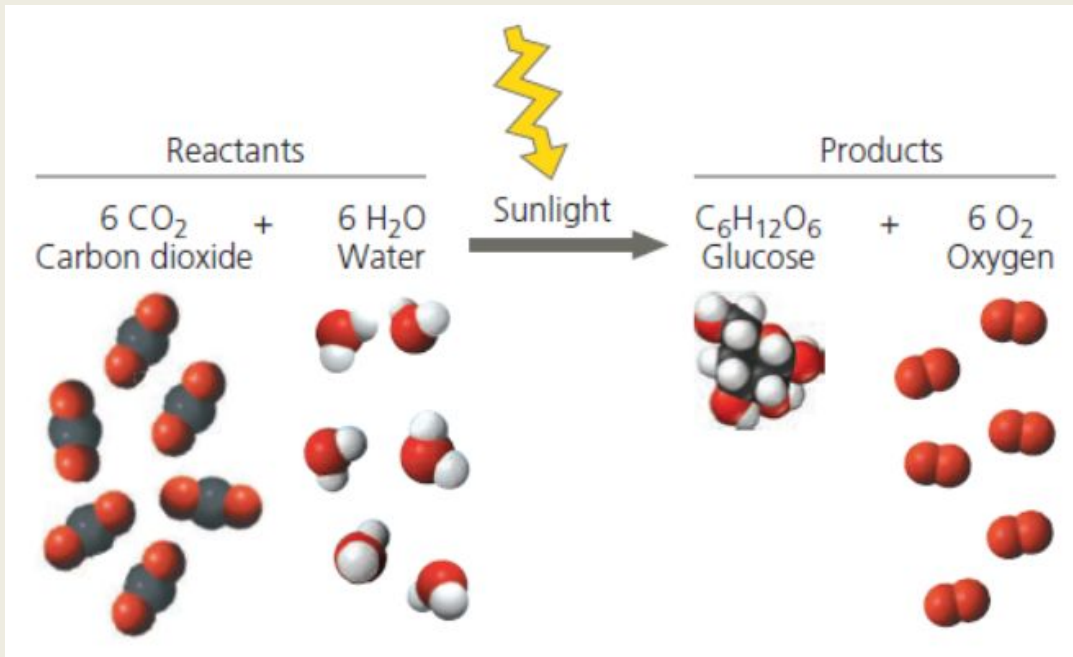


(b) **Binding to endorphin receptors.** Both endorphin and morphine can bind to endorphin receptors on the surface of a brain cell.

- Морфин может присоединяться к рецепторам натуральных эндорфинов

Химические реакции

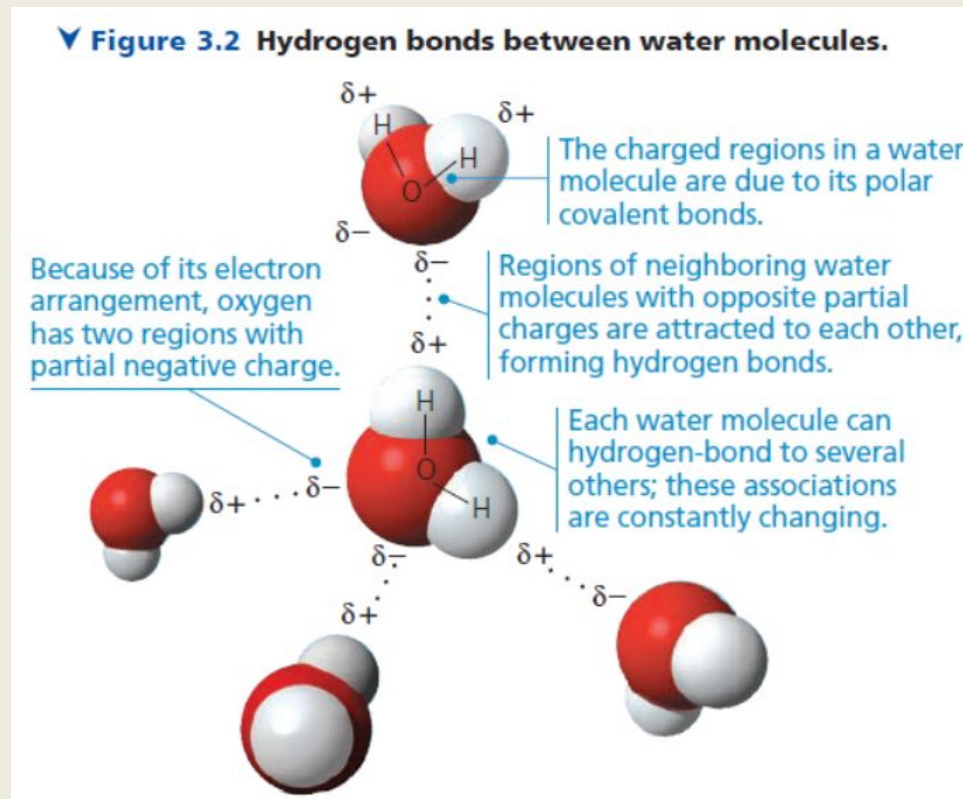
- Химические реакции приводят к образованию и разрыву химических связей



Почему вода так
необходима для жизни на
Земле?

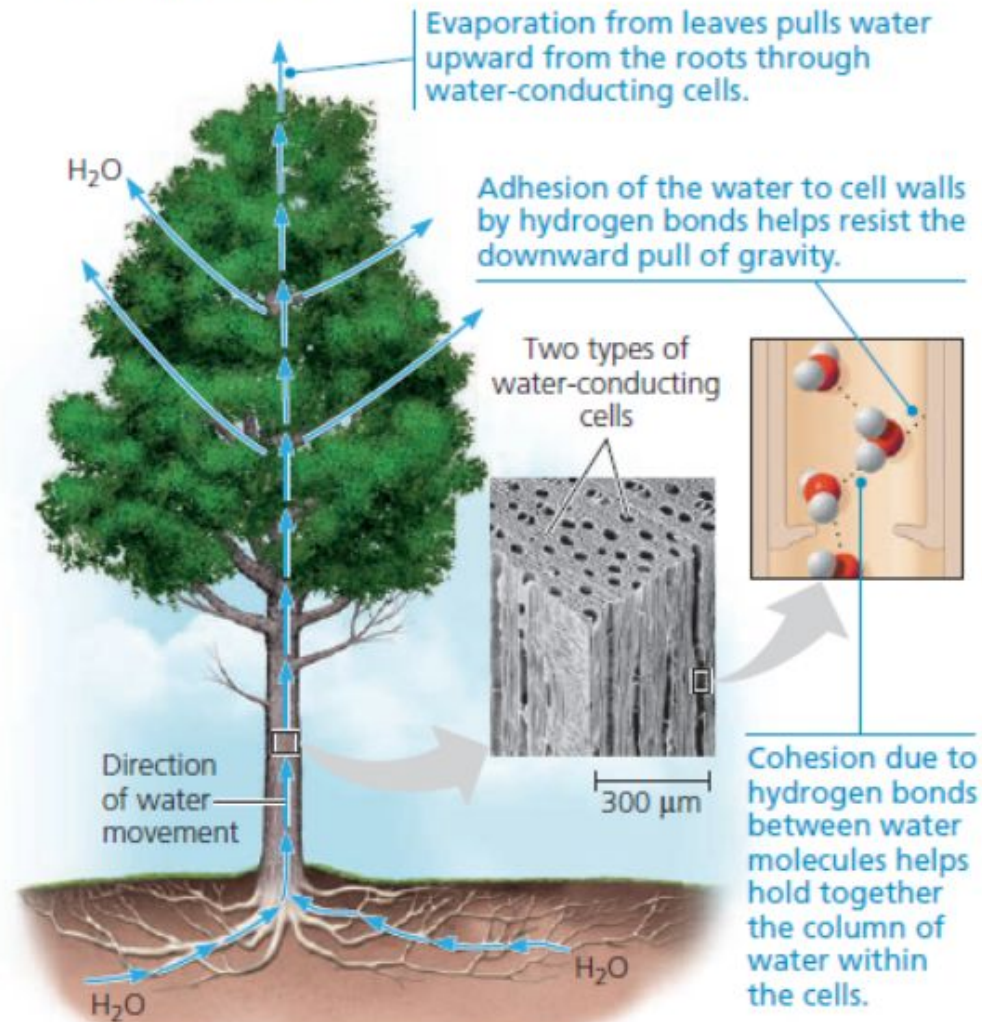
Водородные связи

- Свойства воды определяются во многом водородными связями



Когезия

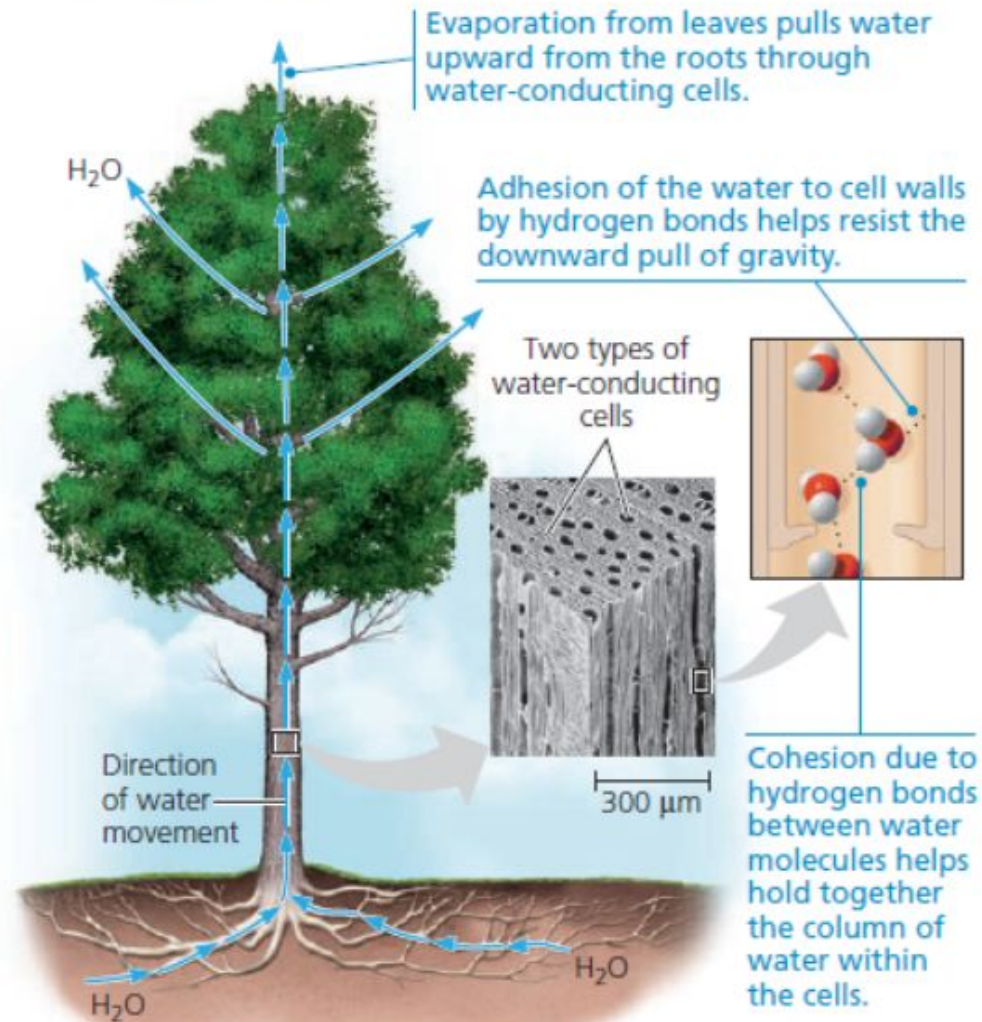
▼ **Figure 3.3 Water transport in plants.** Because of the properties of cohesion and adhesion, the tallest trees can transport water more than 100 m upward—approximately one-quarter the height of the Empire State Building in New York City.



- Водородные связи делают воду более структурированной и сдерживают молекулы вместе

Когезия

▼ **Figure 3.3 Water transport in plants.** Because of the properties of cohesion and adhesion, the tallest trees can transport water more than 100 m upward—approximately one-quarter the height of the Empire State Building in New York City.



- Водородные связи делают воду более структурированной и сдерживают молекулы вместе
- С когезией связано и высокое поверхностное

Большая теплоемкость

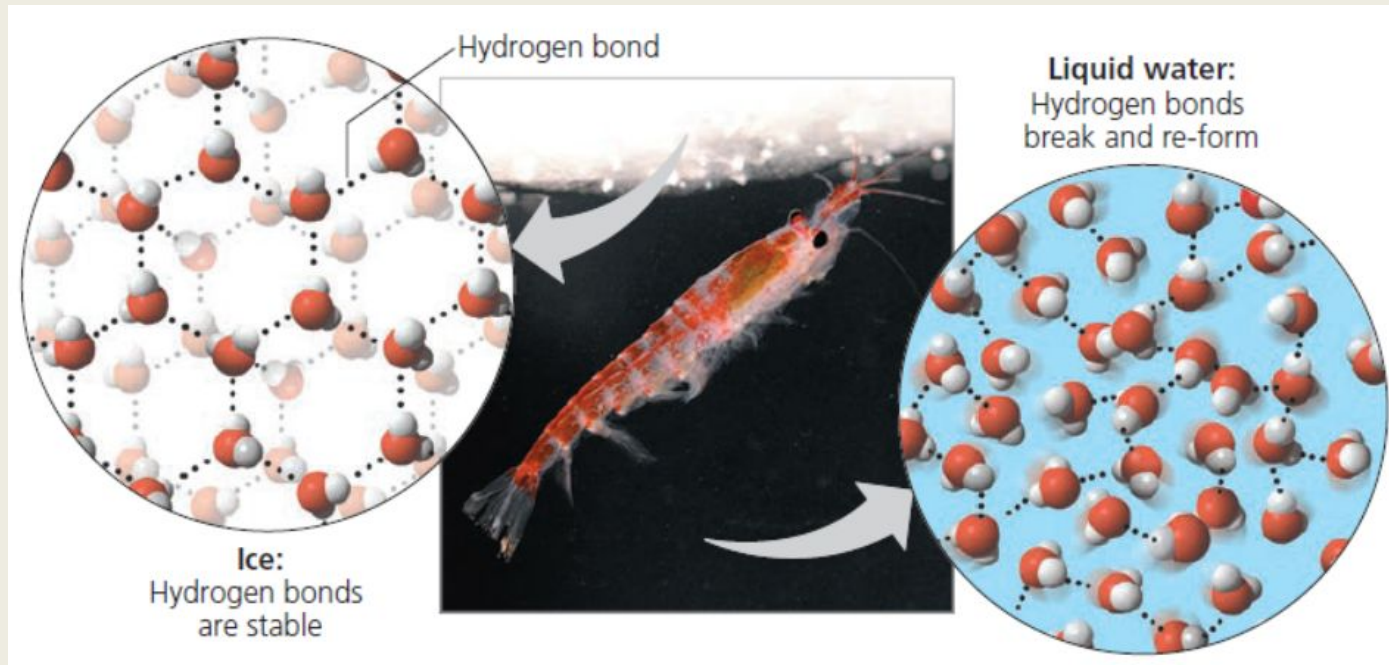
- Существенное увеличение тепловой энергии вызывает лишь сравнительно небольшое повышение температуры воды, так как значительная часть энергии расходуется на разрыв водородных связей
- Таким образом, вода может обеспечивать постоянство условий

Большая теплота испарения

- Количество тепловой энергии, необходимой для перехода воды в пар, очень высоко
- Энергия для испарения черпается из окружения, то есть испарение сопровождается охлаждением
- Таким образом, отдача организмом даже больших количеств тепла сопровождается минимальными потерями воды

Плотность и замерзание

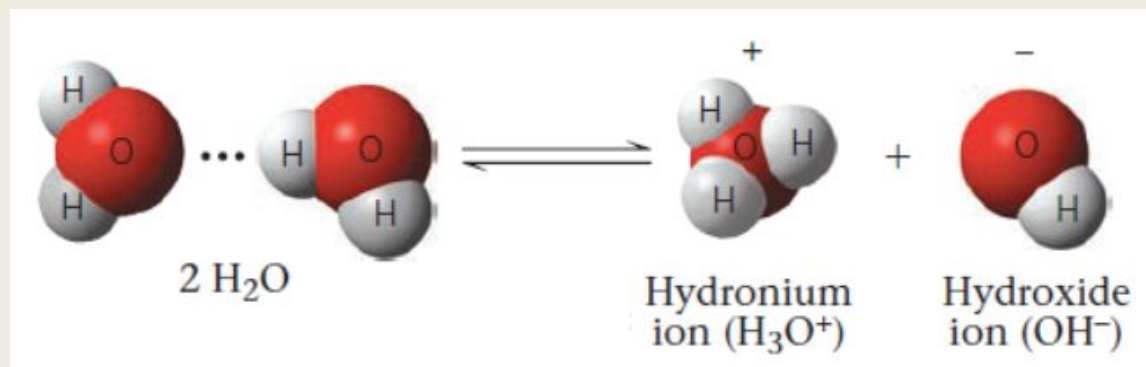
- Вода – одно из немногих веществ, обладающих в жидком состоянии большей плотностью, чем в твердом
- Благодаря этому, лед сначала формируется на поверхности



Вода как растворитель

- Вода – превосходный растворитель для полярных (гидрофильных) веществ
- Молекулы воды окружают ионы, отделяя их друг от друга и предоставляя возможность двигаться более свободно
- Неполярные вещества в воде притягиваются друг к другу (гидрофобны), что важно для формирования мембран и определения структуры многих молекул

Диссоциация воды

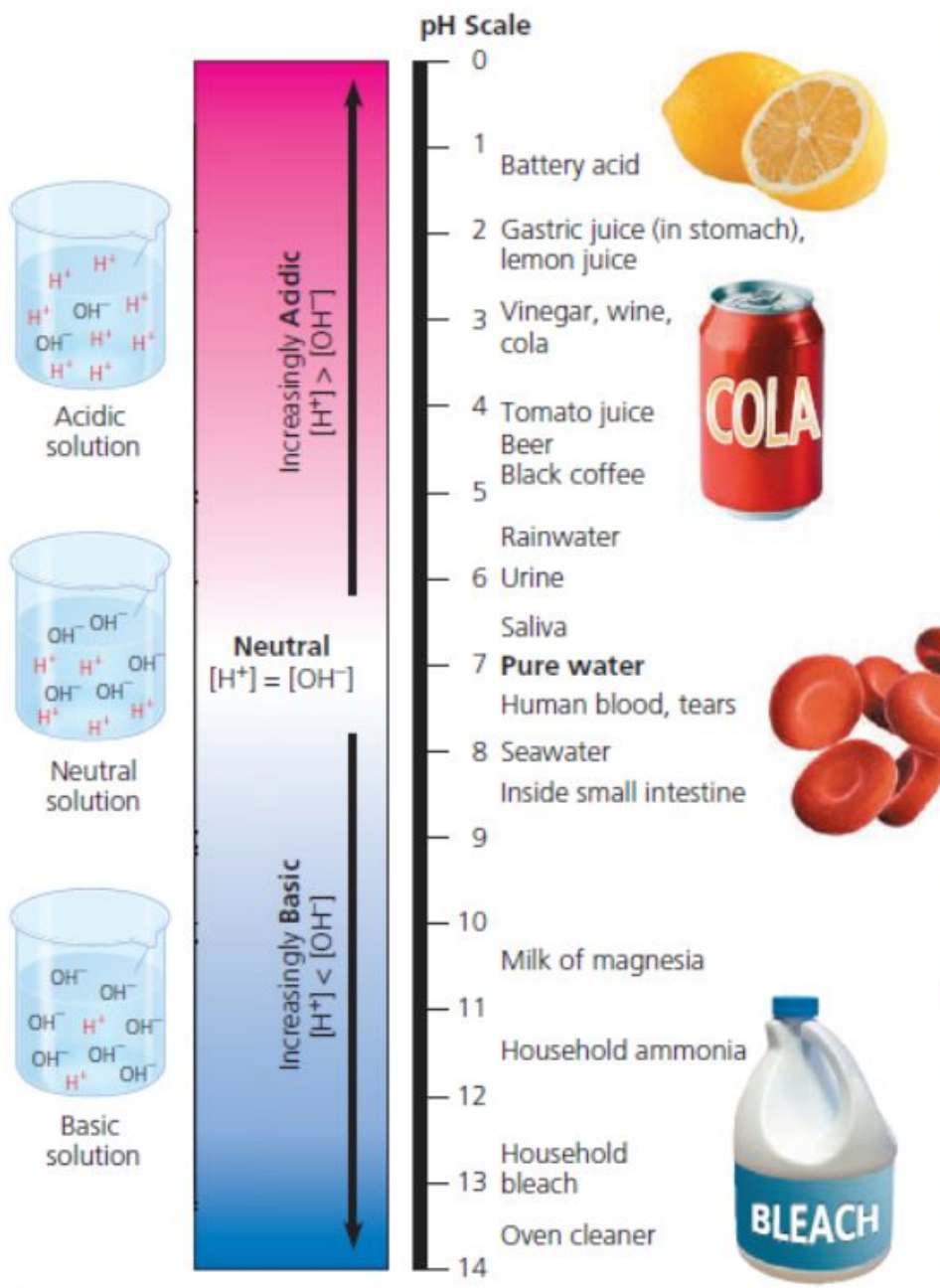


- В чистой воде концентрации H^+ и OH^- равны, но добавление некоторых веществ нарушает этот баланс

Водородный показатель

- Кислоты увеличивают концентрацию H^+ , основания – концентрацию OH^-
- В любом водном растворе при $25^\circ C$ произведение концентраций H^+ и OH^- равно 10^{-14}
- В нейтральном растворе они обе равны 10^{-7}
- $pH = -\log[H^+]$ (степень, в которую нужно возвести 10, чтобы получить концентрацию H^+)

▼ **Figure 3.11** The pH scale and pH values of some aqueous solutions.



- Чем меньше pH, тем больше кислотность раствора

Углерод

- Валентность – 4
- Возможность образовывать огромное количество разных «скелетов»

Hydrogen
(valence = 1)



H·

Oxygen
(valence = 2)



·Ö:

Nitrogen
(valence = 3)



·N·

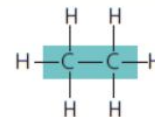
Carbon
(valence = 4)



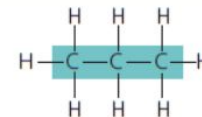
·C·

Figure 4.5 Four ways that carbon skeletons can vary.

(a) Length



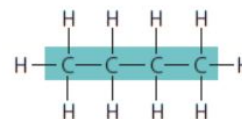
Ethane



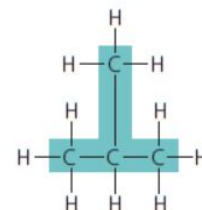
Propane

Carbon skeletons vary in length.

(b) Branching



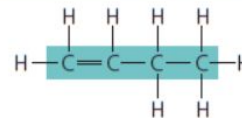
Butane



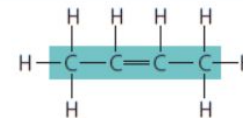
2-Methylpropane
(commonly called isobutane)

Skeletons may be unbranched or branched.

(c) Double bond position



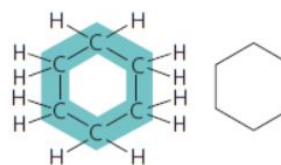
1-Butene



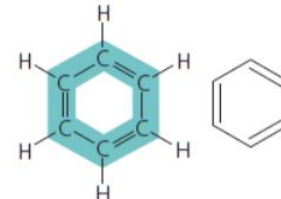
2-Butene

The skeleton may have double bonds, which can vary in location.

(d) Presence of rings



Cyclohexane

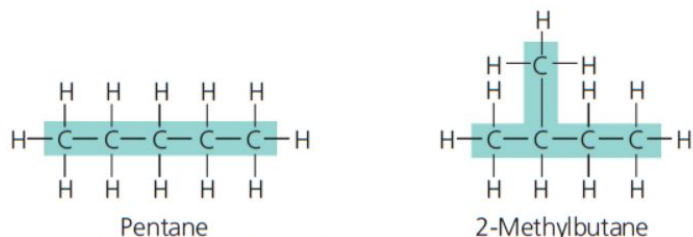


Benzene

Some carbon skeletons are arranged in rings. In the abbreviated structural formula for each compound (to its right), each corner represents a carbon and its attached hydrogens.

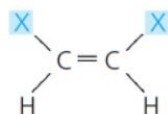
▼ **Figure 4.7 Three types of isomers.** Isomers are compounds that have the same molecular formula but different structures.

(a) Structural isomers

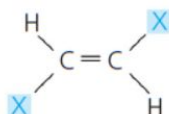


Structural isomers differ in covalent partners, as shown in this example of two isomers of C₅H₁₂.

(b) *Cis-trans* isomers



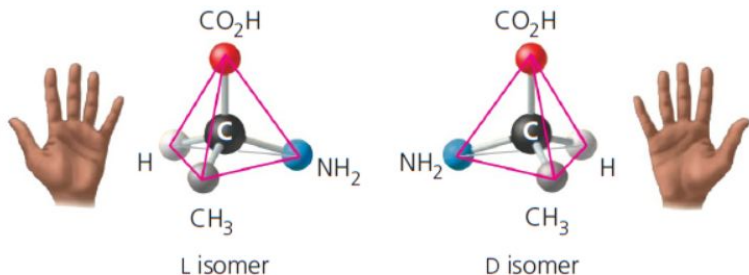
cis isomer: The two Xs are on the same side.



trans isomer: The two Xs are on opposite sides.

Cis-trans isomers differ in arrangement about a double bond. In these diagrams, X represents an atom or group of atoms attached to a double-bonded carbon.

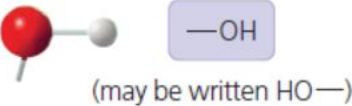
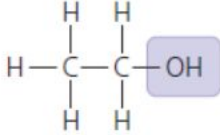
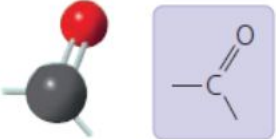
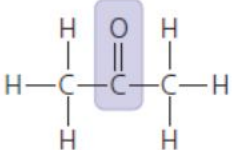
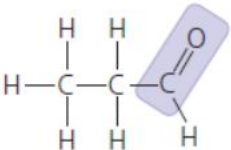
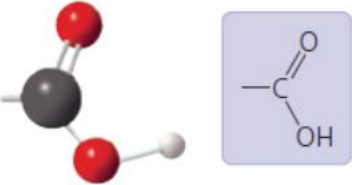
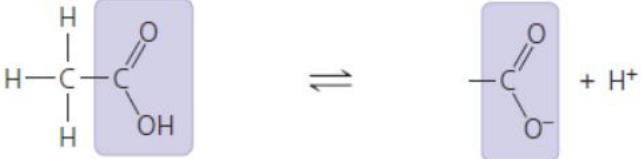
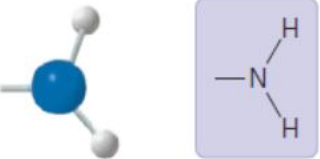
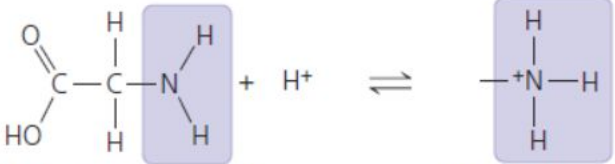
(c) Enantiomers

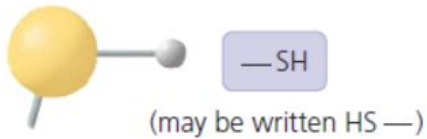


Enantiomers differ in spatial arrangement around an asymmetric carbon, resulting in molecules that are mirror images, like left and right hands. The two isomers here are designated the L and D isomers from the Latin for "left" and "right" (*levo* and *dextro*). Enantiomers cannot be superimposed on each other.

Изомеры

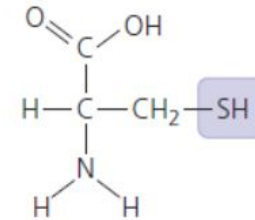
- Вещества с одинаковой молекулярной формулой, но разной структурой
- Структурные, цис-транс изомеры и оптические изомеры (энантиомеры)

Chemical Group	Group Properties and Compound Name	Examples
<p>Hydroxyl group (—OH)</p>  <p>(may be written HO—)</p>	<p>Is polar due to electronegative oxygen. Forms hydrogen bonds with water, helping dissolve compounds such as sugars.</p> <p>Compound name: Alcohol (specific name usually ends in <i>-ol</i>)</p>	 <p>Ethanol, the alcohol present in alcoholic beverages</p>
<p>Carbonyl group (>C=O)</p> 	<p>Sugars with ketone groups are called ketoses; those with aldehydes are called aldoses.</p> <p>Compound name: Ketone (carbonyl group is within a carbon skeleton) or aldehyde (carbonyl group is at the end of a carbon skeleton)</p>	 <p>Acetone, the simplest ketone</p>  <p>Propanal, an aldehyde</p>
<p>Carboxyl group (—COOH)</p> 	<p>Acts as an acid (can donate H^+) because the covalent bond between oxygen and hydrogen is so polar.</p> <p>Compound name: Carboxylic acid, or organic acid</p>	 <p>Acetic acid, which gives vinegar its sour taste</p> <p>Ionized form of —COOH (carboxylate ion), found in cells</p>
<p>Amino group (—NH_2)</p> 	<p>Acts as a base; can pick up an H^+ from the surrounding solution (water, in living organisms).</p> <p>Compound name: Amine</p>	 <p>Glycine, an amino acid (note its carboxyl group)</p> <p>Ionized form of —NH_2, found in cells</p>

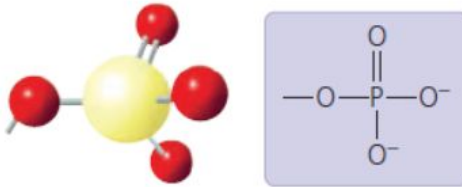
Sulfhydryl group (—SH)

Two —SH groups can react, forming a “cross-link” that helps stabilize protein structure. Hair protein cross-links maintain the straightness or curliness of hair; in hair salons, permanent treatments break cross-links, then re-form them while the hair is in the desired shape.

Compound name: **Thiol**

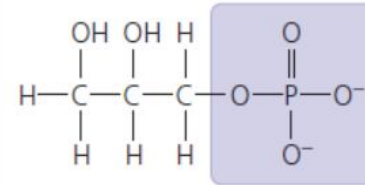


Cysteine, a sulfur-containing amino acid

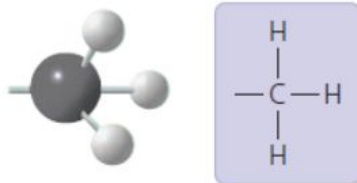
Phosphate group (—OPO₃²⁻)

Contributes negative charge (1- when positioned inside a chain of phosphates; 2- when at the end). When attached, confers on a molecule the ability to react with water, releasing energy.

Compound name: **Organic phosphate**

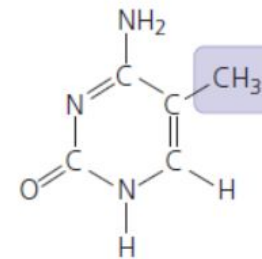


Glycerol phosphate, which takes part in many important chemical reactions in cells

Methyl group (—CH₃)

Affects the expression of genes when on DNA or on proteins bound to DNA. Affects the shape and function of male and female sex hormones.

Compound name: **Methylated compound**



5-Methylcytosine, a component of DNA that has been modified by addition of a methyl group