

Глава I.

Химический состав клетки

Тема: «Химический состав клетки.
Неорганические вещества клетки»

Задачи:

1. Дать характеристику химическому составу клетки: группам элементов входящих в состав клетки;
2. Раскрыть свойства и значение воды, роль важнейших катионов и анионов в клетке.

Многообразие живых организмов на Земле

Империя Клеточные

Надцарство Прокариоты
Царство Дробянки

Подцарство
Архебактерии

Подцарство
Настоящие бактерии

Подцарство
Цианобактерии

Надцарство Эукариоты

Царство Растения

350 000 видов
фотоавтотрофных
организмов.



Царство Животные

Гетеротрофные
подвижные
организмы. Запасное
вещество - гликоген.



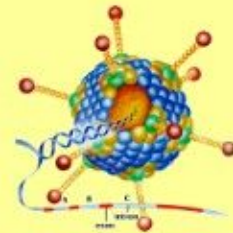
Царство Грибы

100 000 видов
гетеротрофных
организмов.



Империя Неклеточные

Царство Вирусы



Все живые организмы на Земле делятся на две империи — **империя Клеточные** и **империя Неклеточные**. Империя Клеточные объединяет организмы, имеющие клеточное строение. К неклеточным организмам относится вирусы, объединенные в царство Вирусы.

Особенности живых организмов

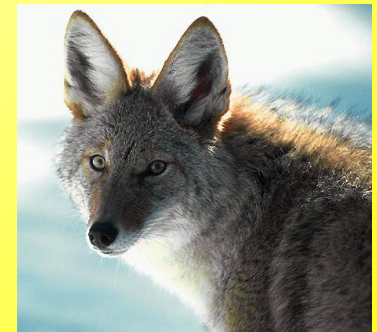
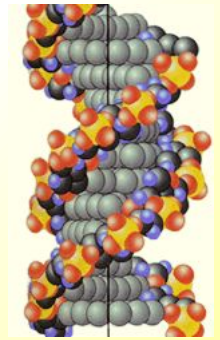
1. Важнейший признак живого организма — способность к размножению, способность к передаче генетической информации следующему поколению. При бесполом размножении следующее поколение получают генетическую информацию от материнского организма, при половом — происходит объединение генетической информации двух организмов.
2. Живой организм является открытой системой, в него поступают питательные вещества, он использует различные виды энергии — энергию света, энергию, выделяющуюся при окислении органических и неорганических веществ, выделяет в окружающую среду продукты обмена веществ и энергию. Другими словами, между организмом и средой обитания происходит постоянный обмен веществ и энергии.
3. Клетки живых организмов образованы различными биополимерами, важнейшими из которых являются нуклеиновые кислоты и белки. Но мертвая лошадь также состоит из биополимеров, поэтому важно подчеркнуть их постоянное самообновление.

Особенности живых организмов

4. Пока организм жив, он воспринимает воздействия окружающей среды, под влиянием раздражителя происходит возбуждение и развивается ответная реакция на возбуждение. **Возбудимость — важнейшее свойство организма.**
5. В результате естественного отбора организмы удивительным образом **адаптировались к конкретным условиям обитания.** Эта адаптация началась с эволюции на уровне молекул, затем на уровне органоидов клетки — на клеточном уровне, затем на уровне многоклеточного организма.
6. Для живых организмов характерна **высокая степень организации,** которая проявляется в сложном строении биологических молекул, органоидов, клеток, органов, их специализации к выполнению определенных функций.
7. Также к признакам живых организмов относятся **рост, старение и смерть.**

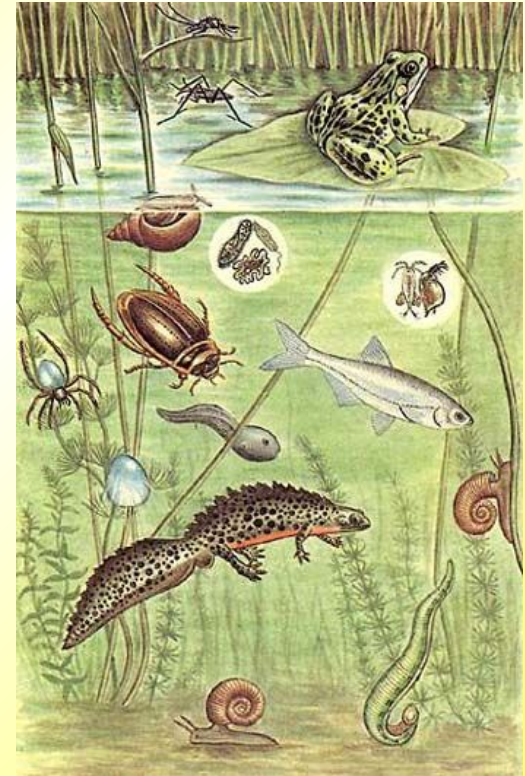
Уровни организации живых организмов

1. *Молекулярный*, на котором изучаются органические и неорганические молекулы, их строение и функции в организме.
2. *Клеточный*, клетка необычайно сложная система взаимодействующих органоидов, каждый из которых приспособлен к выполнению определенных функций и является частью целостной структуры — клетки.
3. У низших многоклеточных организмов происходит специализация клеток, образуются ткани — *тканевой* уровень.
4. На следующем уровне — *органоном* — происходит образование сложно устроенных органов, которые специализируются на определенных функциях и совместно формируют системы органов.
5. На *организменном* уровне мы имеем дело с целостным организмом, у одноклеточных организмов это одна клетка, у многоклеточных — множество клеток, которые подчиняются различным системам регуляции.



Уровни организации живых организмов

6. Организмы объединяются в популяции, популяции — в виды, формируется *популяционно-видовой* уровень, обеспечивающий сложные внутривидовые взаимоотношения.
7. Но любая популяция приспособлена к определенным факторам неживой природы, взаимодействует с популяциями других живых организмов, это уже *биогеоценотический* уровень.
8. Высшим уровнем организации жизни на Земле является *биосферный*, объединяющий все биогеоценозы Земли в единую живую оболочку земли — биосферу.



Химический состав клетки

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII					
1	ВОДОРОД H 1,00794(7) 2,10 1s ¹													(H)	2 ГЕЛИЙ He 4,002602(2) 1s ²		Название элемента**	Атомный номер		
																	Литий Li 6,941(2) 0,97 1s ² 2s ¹	3 Относительная* атомная масса Электро- отрицательность Электронная конфигурация		
2	ЛИТИЙ Li 6,941(2) 0,97 1s ² 2s ¹	БЕРИЛЛИЙ Be 9,012182(3) 1,47 2,01 1s ² 2s ²	5 БОР B 10,811(5) 2,01 1s ² 2s ² 2p ¹				УГЛЕРОД C 14,00674(7) 3,07 1s ² 2s ² 2p ²		АЗОТ N 15,9994(3) 3,50 1s ² 2s ² 2p ³		КИСЛОРОД O 18,9984032(9) 4,10 1s ² 2s ² 2p ⁴		ФТОР F 20,1797(6) 1s ² 2s ² 2p ⁵	10 НЕОН Ne 39,948(1) 1s ² 2s ² 2p ⁶						
3	НАТРИЙ Na 22,989768(6) 1,01 [Ne]3s ¹	МАГНИЙ Mg 24,3050(6) 1,23 1,47 [Ne]3s ²	12 13 АЛЮМИНИЙ Al 26,981539(5) 1,23 1,47 [Ne]3s ² 3p ¹				14 КРЕМНИЙ Si 28,0855(3) 1,74 [Ne]3s ² 3p ²		15 ФОСФОР P 30,973762(4) 2,10 [Ne]3s ² 3p ³		16 СЕРА S 32,066(6) 2,60 [Ne]3s ² 3p ⁴		17 ХЛОР Cl 35,4527(9) 2,83 [Ne]3s ² 3p ⁵	18 АРГОН Ar 39,948(1) [Ne]3s ² 3p ⁶						
4	КАЛИЙ K 39,0983(1) 0,91 1,75 [Ar]3d ¹⁰ 4s ¹	КАЛЬЦИЙ Ca 40,078(4) 1,04 1,20 [Ar]4s ²	20 30 МЕДЬ Cu 63,546(3) 1,75 [Ar]3d ¹⁰ 4s ¹	20 ЦИНК Zn 65,39(2) 1,66 [Ar]3d ¹⁰ 4s ²	31 ГАЛЛИЙ Ga 69,723(4) 1,82 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	21 ТИТАН Ti 47,88(3) 1,32 [Ar]3d ² 4s ²	22 ВАНАДИЙ V 50,9415(5) 1,45 [Ar]3d ³ 4s ²	23 ХРОМ Cr 51,9961(6) 1,56 [Ar]3d ⁵ 4s ¹	24 МАРГАНЕЦ Mn 54,93805(1) 1,60 [Ar]3d ⁵ 4s ²	25 ЖЕЛЕЗО Fe 55,847(3) 1,64 [Ar]3d ⁶ 4s ²	26 КОБАЛЬТ Co 58,93320(1) 1,70 [Ar]3d ⁷ 4s ²	27 НИКЕЛЬ Ni 58,69(1) 1,75 [Ar]3d ⁸ 4s ²	28							
5	РУБИДИЙ Rb 85,4678(3) 0,89 1,42 [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹	СТРОНЦИЙ Sr 87,62(1) 0,99 1,46 [Kr]4d ¹⁰ 5s ²	37 48 СЕРЕБРО Ag 107,8682(2) 1,42 [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹	38 КАДМИЙ Cd 112,411(8) 1,46 [Kr]4d ¹⁰ 5s ²	49 ИНДИЙ In 114,82(1) 1,49 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	39 ЦИРКОНИЙ Zr 91,224(2) 1,22 [Kr]4d ⁵ 5s ²	40 НИОБИЙ Nb 92,90638(2) 1,23 [Kr]4d ⁵ 5s ¹	41 МОЛИБДЕН Mo 95,94(1) 1,30 [Kr]4d ⁵ 5s ¹	42 ТЕХНЕЦИЙ Tc 97,9072 1,36 [Kr]4d ⁵ 5s ²	43 РУТЕНИЙ Ru 101,07(2) 1,42 [Kr]4d ⁷ 5s ¹	44 РОДИЙ Rh 102,9055(3) 1,45 [Kr]4d ⁸ 5s ¹	45 ПАЛЛАДИЙ Pd 106,42(1) 1,35 [Kr]4d ¹⁰ 5s ⁰	46							
6	ЦЕЗИЙ Cs 132,90543(5) 0,86 1,42 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	БАРИЙ Ba 137,327(7) 0,97 1,44 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	55 79 ЗОЛОТО Au 196,96654(3) 1,42 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	56 РУТУТЬ Hg 200,59(3) 1,44 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	80 ТАЛЛИЙ Tl 204,3833(2) 1,44 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	57 ЛАНТАН La 138,9055(2) 1,08 [Xe]5d ¹ 6s ²	72 ГАФНИЙ Hf 178,49(2) 1,23 [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s ²	73 ТАНТАЛ Ta 180,9479(1) 1,33 [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	74 ВОЛЬФРАМ W 183,85(3) 1,40 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²	75 РЕНИЙ Re 186,207(1) 1,46 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²	76 ОСМИЙ Os 190,21(1) 1,52 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	77 ИРИДИЙ Ir 192,22(3) 1,55 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	78 ПЛАТИНА Pt 195,08(3) 1,44 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹							
7	ФРАНЦИЙ Fr 223,0197 0,86 [Rn]7s ¹	РАДИЙ Ra 226,0254 0,97 [Rn]7s ²	87 88 АКТИНИЙ Ac 227,0278 1,00 0,97 [Rn]6d ¹ 7s ²	89 90 ДУБНИЙ (Db) 261,1 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	104 105 ЖОЛТОТИЙ (Jl) 262,114 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	91 92 ПРОТАКТИНИЙ (Pt) 232,0381(1) 1,11 [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ²	93 94 УРАН U 238,02891(3) 1,22 [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ²	95 96 НЕПУНИЙ Np 237,0482 1,22 [Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	97 98 ПЛУТОНИЙ Pu 244,0642 1,22 [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	99 100 АМЕРИЦИЙ Am 243,0614 1,22 [Rn]5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	101 102 КЮРИЙ Cm 247,0703 1,20 [Rn]5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	103 104 БЕРКЛИЙ Bk 247,0703 1,20 [Rn]5f ⁹ 6d ¹ 7s ²	105 106 КАЛИФОРНИЙ Cf 251,0796 1,20 [Rn]5f ¹⁰ 6d ¹ 7s ²	107 108 ЭЙНШТЕЙНИЙ Es 252,083 1,20 [Rn]5f ¹⁰ 6d ¹ 7s ²	109 110 ФЕРМИЙ Fm 257,0951 1,20 [Rn]5f ¹¹ 6d ¹ 7s ²	111 112 МЕНДЕЛЕВИЙ Md 258,1 1,20 [Rn]5f ¹¹ 6d ¹ 7s ²	113 114 НОБЕЛИЙ (No) 259,1009 1,20 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	115 116 ЛОУРЕНСИЙ (Lr) 260,105 1,20 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²		

* В скобках указана точность последней значащей цифры.
 ** Названия и символы элементов, приведенные в круглых скобках, не являются общепринятыми.

■ — s-элементы
■ — p-элементы
■ — d-элементы
■ — f-элементы

* ЛАНТАНОИДЫ

ЦЕРИЙ Ce 140,115(4) 1,08 [Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ²	ПРАЗЕОДИМ Pr 140,90765(3) 1,07 [Xe]4f ³ 5d ¹ 6s ²	НЕОДИМ Nd 144,24(3) 1,07 [Xe]4f ⁴ 5d ¹ 6s ²	ПРОМЕТИЙ Pm 144,9127 1,07 [Xe]4f ⁵ 5d ¹ 6s ²	САМАРИЙ Sm 150,36(3) 1,07 [Xe]4f ⁶ 5d ¹ 6s ²	ЕВРОПИЙ Eu 151,965(9) 1,01 [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	ГАДОЛИНИЙ Gd 157,25(3) 1,11 [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	ТЕРБИЙ Tb 158,92534 1,10 [Xe]4f ⁹ 5d ¹ 6s ²	ДИСПРОЗИЙ Dy 162,50(3) 1,10 [Xe]4f ¹⁰ 5d ¹ 6s ²	ГОЛЬМИЙ Ho 164,93032(3) 1,10 [Xe]4f ¹¹ 5d ¹ 6s ²	ЭРБИЙ Er 167,26(3) 1,11 [Xe]4f ¹² 5d ¹ 6s ²	ТУЛИЙ Tm 168,93421(3) 1,11 [Xe]4f ¹³ 5d ¹ 6s ²	ИТТЕРБИЙ Yb 173,04(3) 1,06 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	ЛОТЕЦИЙ Lu 174,967(1) 1,04 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²
---	---	---	--	--	---	--	---	---	--	---	--	--	--

** АКТИНОИДЫ

ТОРИЙ Th 232,0381(1) 1,11 [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ²	ПРОТАКТИНИЙ Pa 231,03588(2) 1,14 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	УРАН U 238,02891(3) 1,22 [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ²	НЕПУНИЙ Np 237,0482 1,22 [Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	ПЛУТОНИЙ Pu 244,0642 1,22 [Rn]5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	АМЕРИЦИЙ Am 243,0614 1,22 [Rn]5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	КЮРИЙ Cm 247,0703 1,20 [Rn]5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	БЕРКЛИЙ Bk 247,0703 1,20 [Rn]5f ⁹ 6d ¹ 7s ²	КАЛИФОРНИЙ Cf 251,0796 1,20 [Rn]5f ¹⁰ 6d ¹ 7s ²	ЭЙНШТЕЙНИЙ Es 252,083 1,20 [Rn]5f ¹⁰ 6d ¹ 7s ²	ФЕРМИЙ Fm 257,0951 1,20 [Rn]5f ¹¹ 6d ¹ 7s ²	МЕНДЕЛЕВИЙ Md 258,1 1,20 [Rn]5f ¹¹ 6d ¹ 7s ²	(НОБЕЛИЙ) (No) 259,1009 1,20 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	(ЛОУРЕНСИЙ) (Lr) 260,105 1,20 [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²
---	--	---	---	--	--	---	---	---	--	---	--	--	---

Химический состав клетки

Все клетки, независимо от уровня организации, сходны по химическому составу. В живых организмах обнаружено около 80 химических элементов периодической системы Д.И.Менделеева.

Для 24 элементов известны функции, которые они выполняют в клетке. Эти элементы называются *биогенными*. По количественному содержанию в живом веществе элементы делятся на три категории:

Макроэлементы:

O, C, H, N — около 98% от массы клетки, элементы 1-ой группы;
K, Na, Ca, Mg, S, P, Cl, Fe — 1,9 % от массы клетки, элементы 2-ой группы. К макроэлементам относят элементы, концентрация которых превышает 0,001%. Они составляют основную массу живого вещества клетки.

Микроэлементы:

(*Zn, Mn, Cu, Co, Mo* и многие другие), доля которых составляет от 0,001% до 0,000001% (0,1 % массы клетки). Входят в состав биологически активных веществ — ферментов, витаминов и гормонов.

Ультрамикроэлементы:

(*Au, U, Ra* и др.), концентрация которых не превышает 0,000001%. Роль большинства элементов этой группы до сих пор не выяснена.

Химический состав клетки

Элементы, входящие в состав клеток организмов, %		
макроэлементы (до 0,001%)	микроэлементы (от 0,001 до 0,000001%)	ультрамикроэлементы (менее 0,000001%)
Кислород (65—75) Углерод (15—18) Азот (1,5—3) Водород (8—10) Фосфор (0,2—1,00) Калий (0,15—0,4) Сера (0,15—0,2) Железо (0,01—0,15) Магний (0,02—0,03) Натрий (0,02—0,03) Кальций (0,04—2,00)	Бор Кобальт Медь Молибден Цинк Ванадий Иод Бром	Уран Радий Золото Ртуть Бериллий Цезий Селен

Химические соединения клетки

Неорганические соединения

1. Вода;
2. Соли.

Органические соединения

1. Белки;
2. Липиды;
3. Углеводы;
4. НК;
5. АТФ и другие низкомолекулярные соединения

Химические соединения клетки

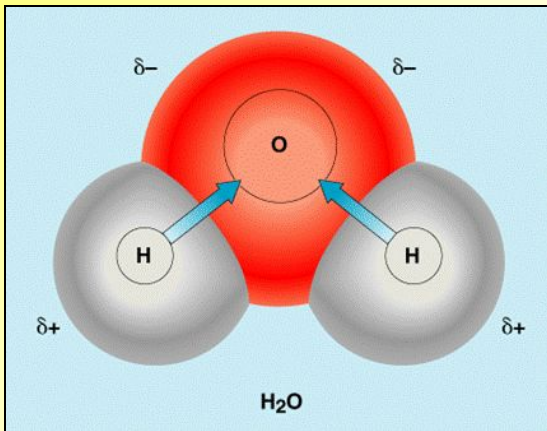
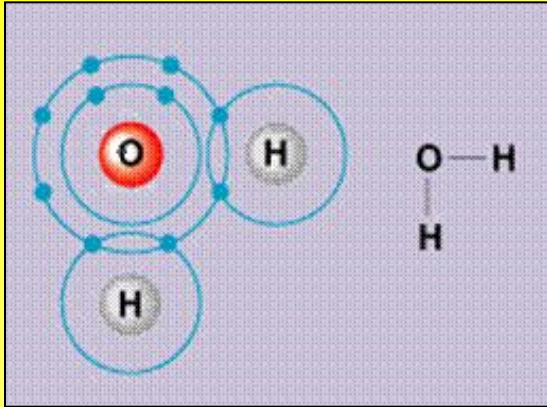


Химические соединения клетки

Неорганические	Содержание, %	Органические	Содержание, %
Вода	40—95	Белки	10—20
Другие неорганические вещества	1,0—1,5	Липиды	1—5
		Углеводы	0,2—2,0
		Нуклеиновые кислоты	1,0—2,0
		АТФ и другие низкомолекулярные органические соединения	0,1—0,5

Вода. Самое распространенное в живых организмах неорганическое соединение. Ее содержание колеблется в широких пределах: в клетках эмали зубов вода составляет по массе около 10%, а в клетках развивающегося зародыша — более 90%.

Химические соединения клетки



Вода не только обязательный компонент живых клеток, но и среда обитания организмов.

Биологическое значение воды основано на ее химических и физических свойствах.

Химические и физические свойства воды объясняются, прежде всего, малыми

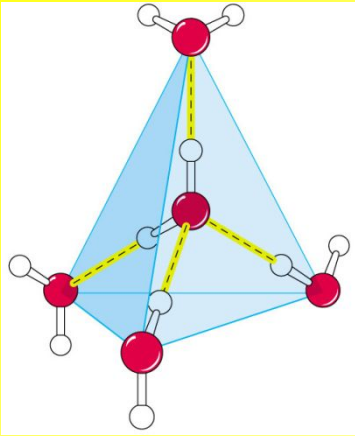
размерами молекул воды, их полярностью и способностью соединяться друг с другом

водородными связями. В молекуле воды один атом кислорода ковалентно связан с двумя атомами водорода.

Молекула полярна: кислородный атом несет небольшой **отрицательный** заряд, а два водородных — **небольшие положительные заряды**. Это делает молекулу воды диполем.

Поэтому при взаимодействии молекул воды друг с другом между ними устанавливаются водородные связи.

Химические соединения клетки

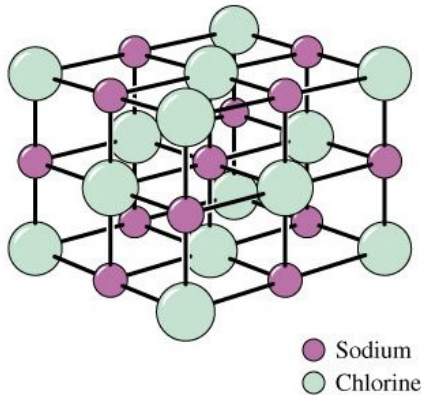


Водородные связи в 15—20 раз слабее ковалентных, но, поскольку **каждая молекула воды способна образовывать 4 водородные связи**, они существенно влияют на физические свойства воды. Большая теплоемкость, теплота плавления и теплота парообразования объясняются тем, что большая часть поглощаемого водой тепла расходуется на разрыв водородных связей между ее молекулами.

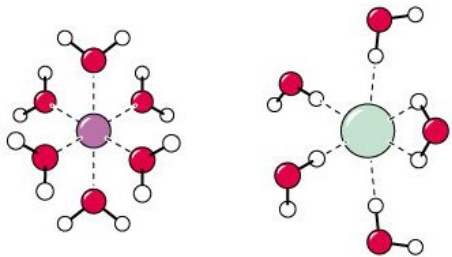
Вода обладает высокой теплопроводностью, практически не сжимается, прозрачна в видимом участке спектра.

Наконец, вода — вещество, плотность которого в жидком состоянии больше, чем в твердом, при 4°C у нее максимальная плотность, у льда плотность меньше, он поднимается на поверхность и защищает водоем от промерзания.

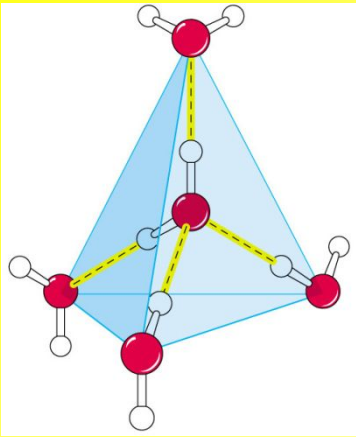
(a) NaCl crystal



(b)



Химические соединения клетки



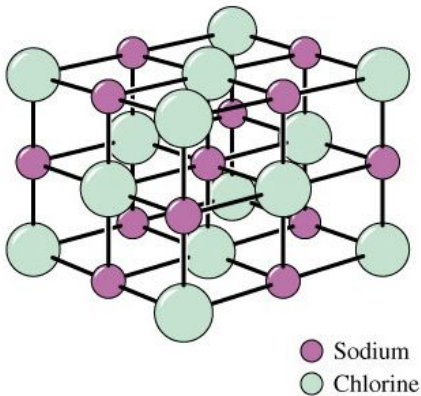
Вода — хороший растворитель ионных (полярных), а также некоторых неионных соединений, в молекуле которых присутствуют заряженные (полярные) группы.

Любые полярные соединения в воде **гидратируются** (огибаются молекулами воды), при этом молекулы воды участвуют в образовании структуры молекул органических веществ. Если энергия притяжения молекул воды к молекулам какого-либо вещества больше, чем энергия притяжения между молекулами вещества, то вещество растворяется.

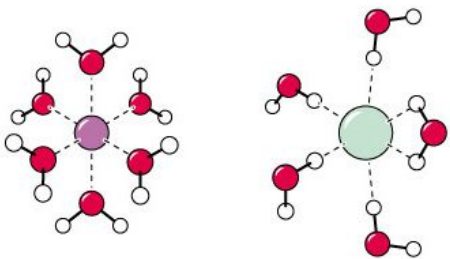
По отношению к воде различают:

гидрофильные вещества — вещества, хорошо растворимые в воде; **гидрофобные вещества** — вещества, практически нерастворимые в воде.

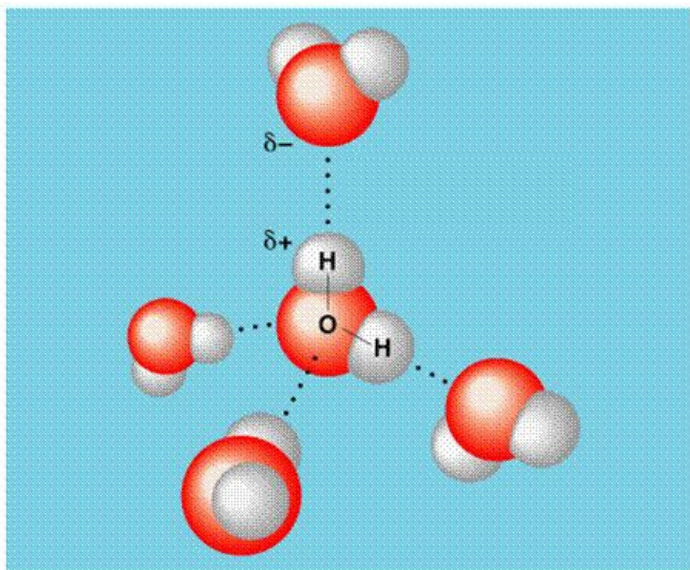
(a) NaCl crystal



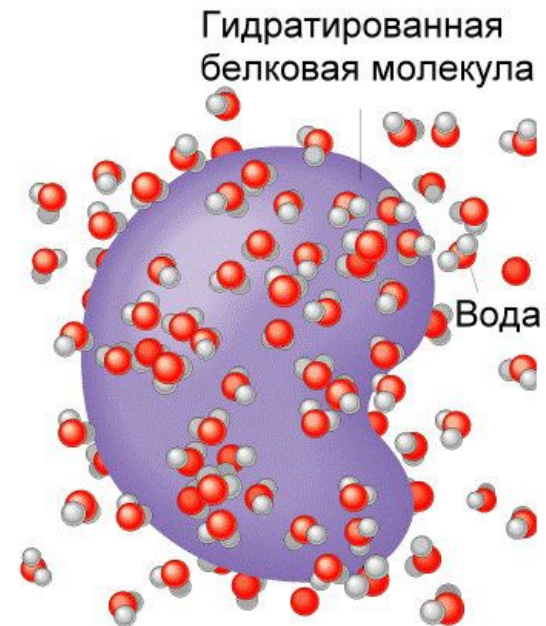
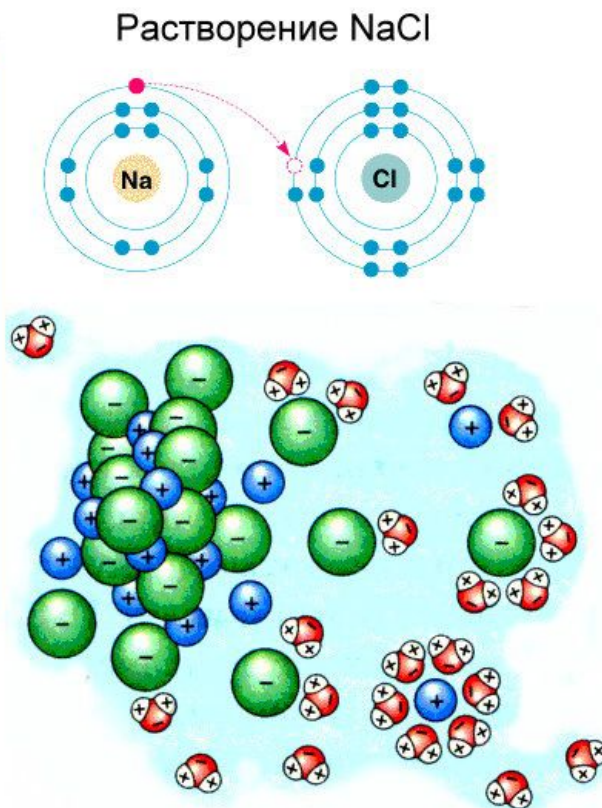
(b)

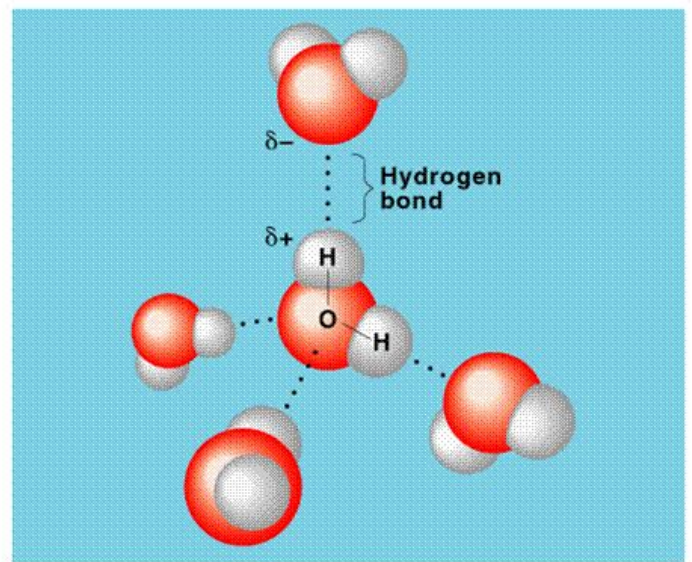
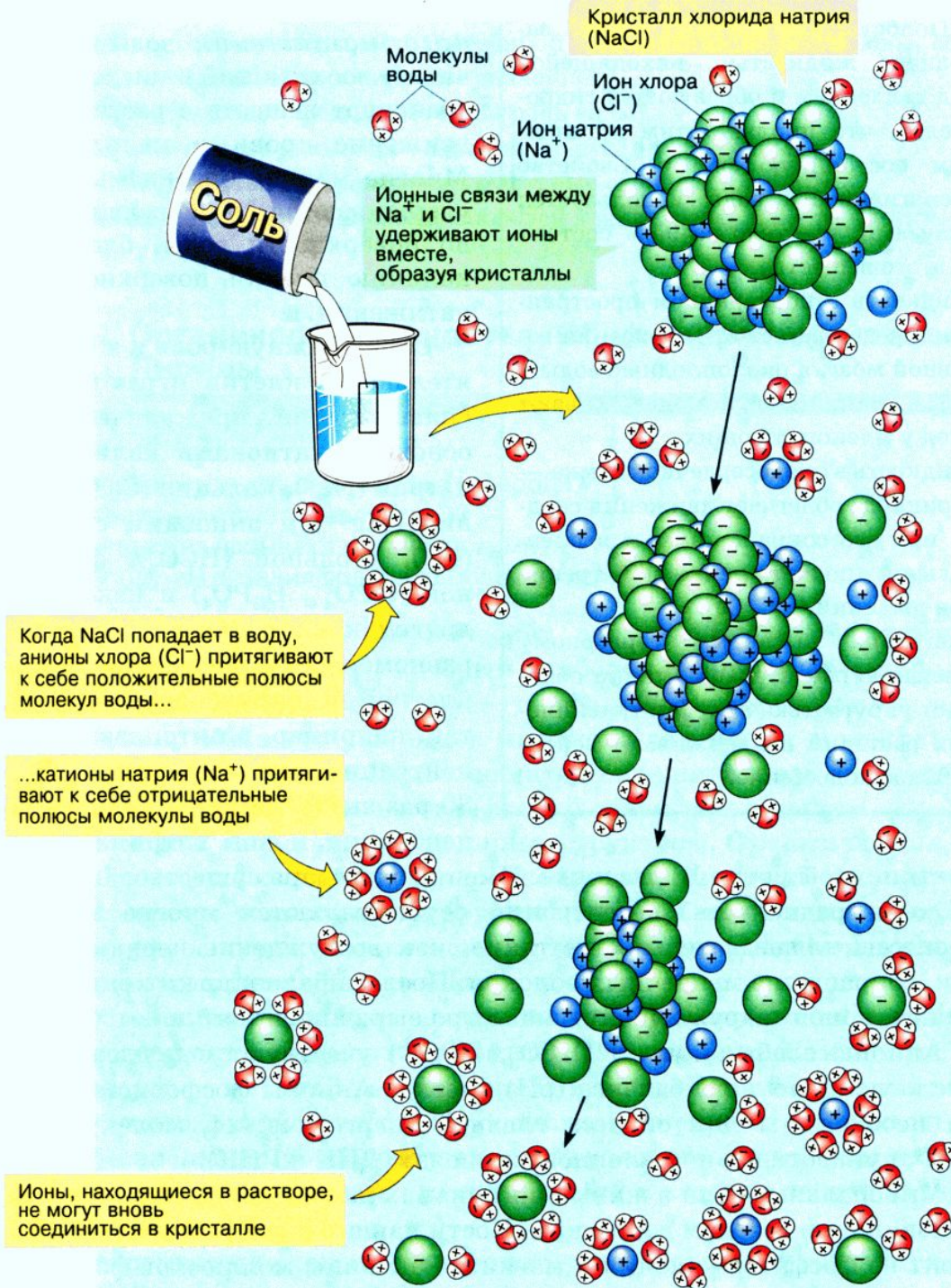


Химические соединения клетки

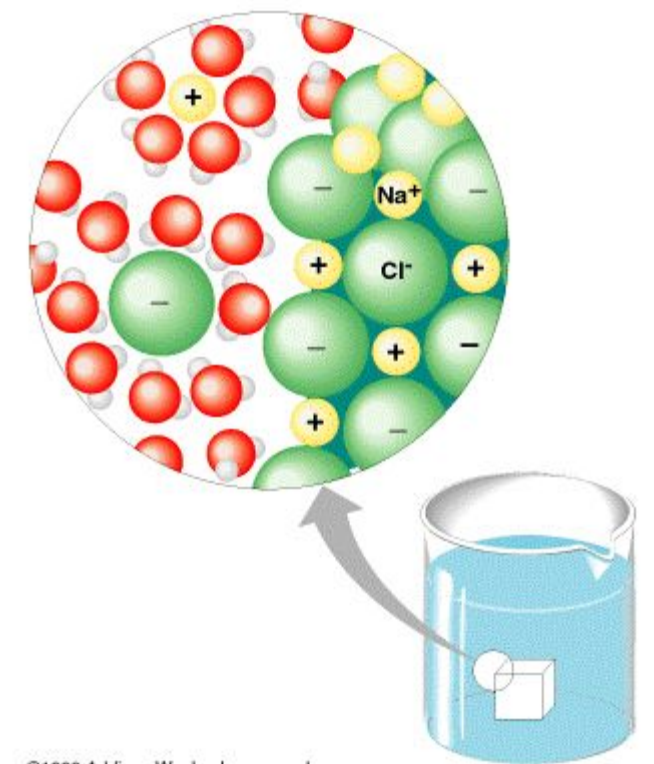


Водородные связи
между молекулами воды



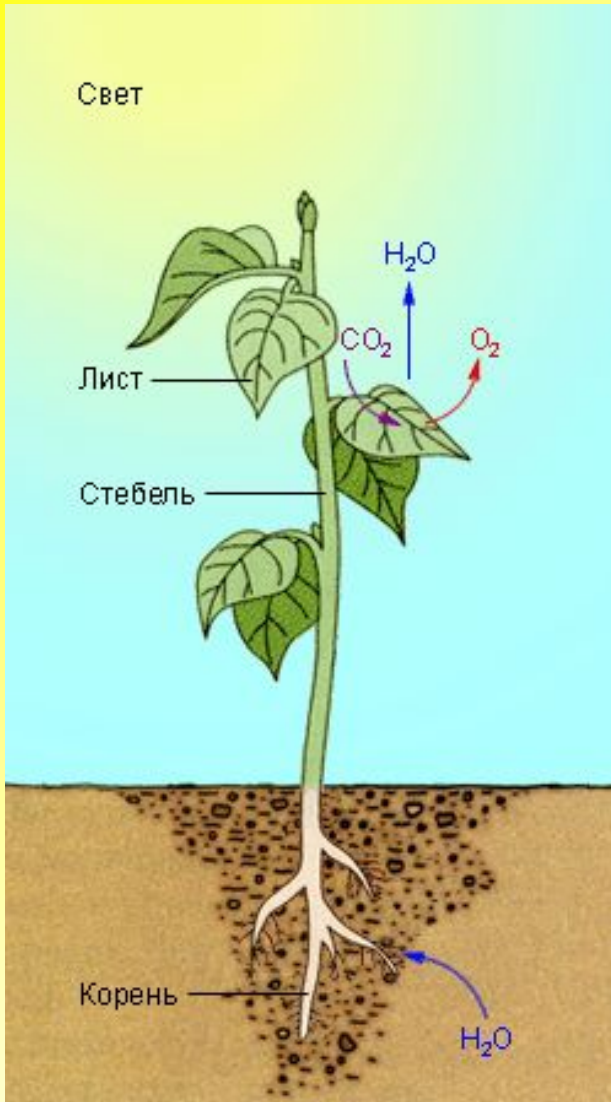


©1999 Addison Wesley Longman, Inc.



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Химические соединения клетки



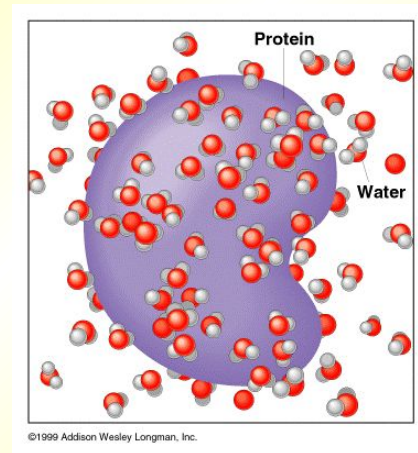
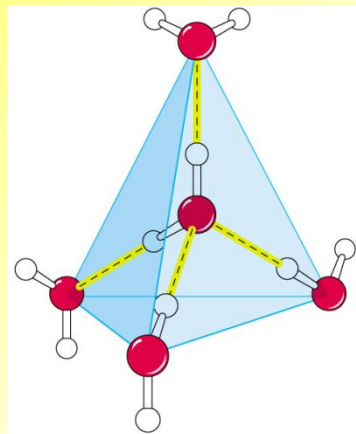
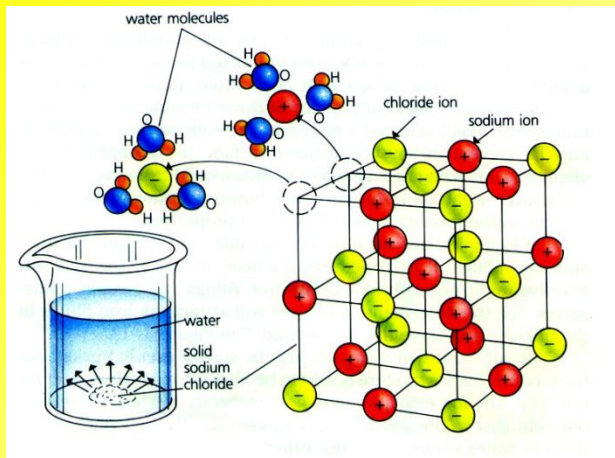
Большинство биохимических реакций может идти только в водном растворе; многие вещества поступают в клетку и выводятся из нее в водном растворе.

Большая теплоемкость и теплопроводность воды способствуют равномерному распределению тепла в клетке.

Благодаря большой потери тепла при испарении воды, происходит охлаждение организма.

Благодаря силам адгезии и когезии, вода способна подниматься по капиллярам (один из факторов, обеспечивающих движение воды в сосудах растений).

Итоги: роль воды для живых организмов



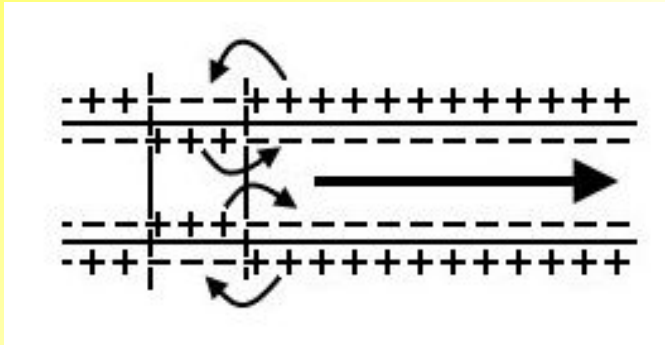
1. Является основой внутренней и внутриклеточной среды;
2. Обеспечивает транспорт веществ;
3. Обеспечивает поддержание пространственной структуры (гидратирует полярные молекулы, окружает неполярные молекулы, способствуя их слипанию);
4. Служит растворителем и средой для диффузии;
5. Участвует в реакциях фотосинтеза и гидролиза;
6. Способствует охлаждению организма;
7. Является средой обитания для многих организмов;
8. Обеспечивает равномерное распределение тепла в организме;
9. Максимальная плотность при $+4^{\circ}\text{C}$, лед образуется на поверхности воды.

Значение солей

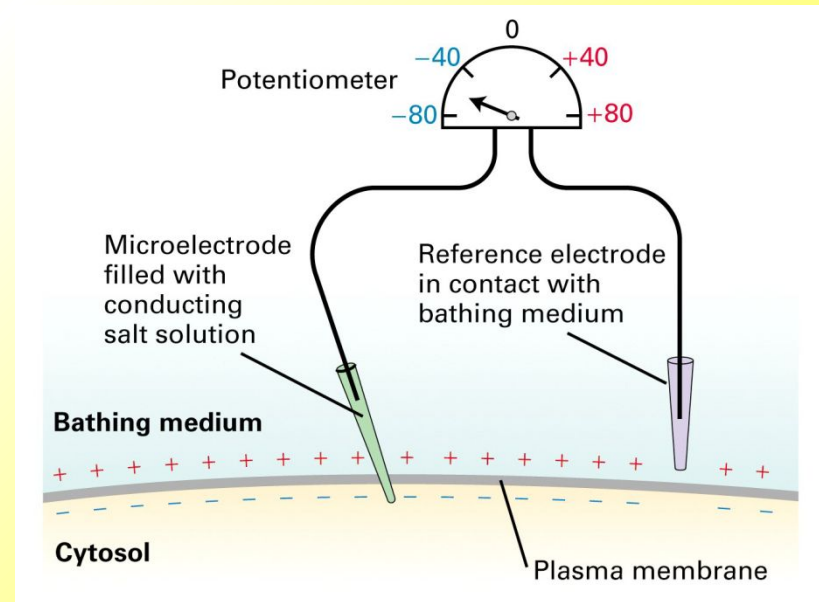
Важнейшие катионы

K^+ , Na^+ , Ca^{2+} и др.

На внешней поверхности мембраны всегда больше Na^+ чем на внутренней, и меньше K^+ , чем на внутренней



Данные катионы обеспечивают возбудимость клетки и проведение нервного импульса.



Значение солей

Важнейшие анионы: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^-

Буферность – способность поддерживать рН на определенном уровне.

Величина рН, равная 7,0 соответствует нейтральному, ниже 7,0 – кислотоу, выше 7,0 – щелочному раствору.

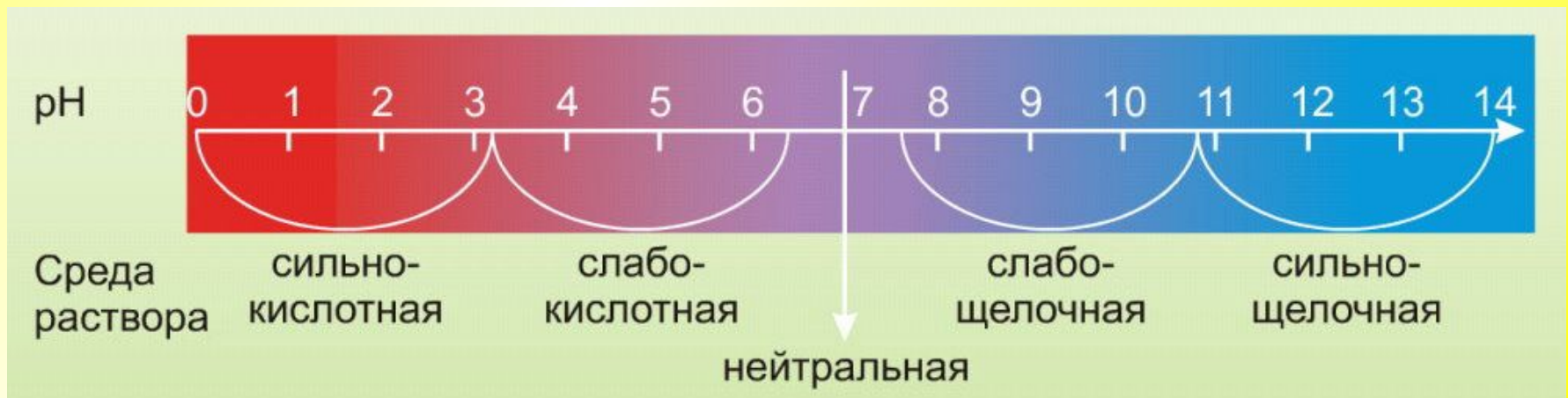
Дигидрофосфат-ион; гидрофосфат-ион



Гидрокарбонат-ион; угольная кислота



Являются буферными системами, поддерживающими определенный рН – 7,4 в клетке.



Значение солей

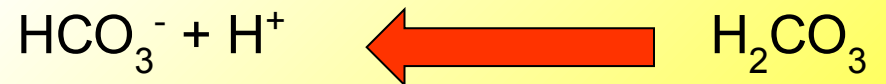
Как отреагирует фосфатная буферная система на понижение рН?

Дигидрофосфат-ион; гидрофосфат-ион



Как отреагирует карбонатная буферная система на повышение рН?

Гидрокарбонат-ион; угольная кислота

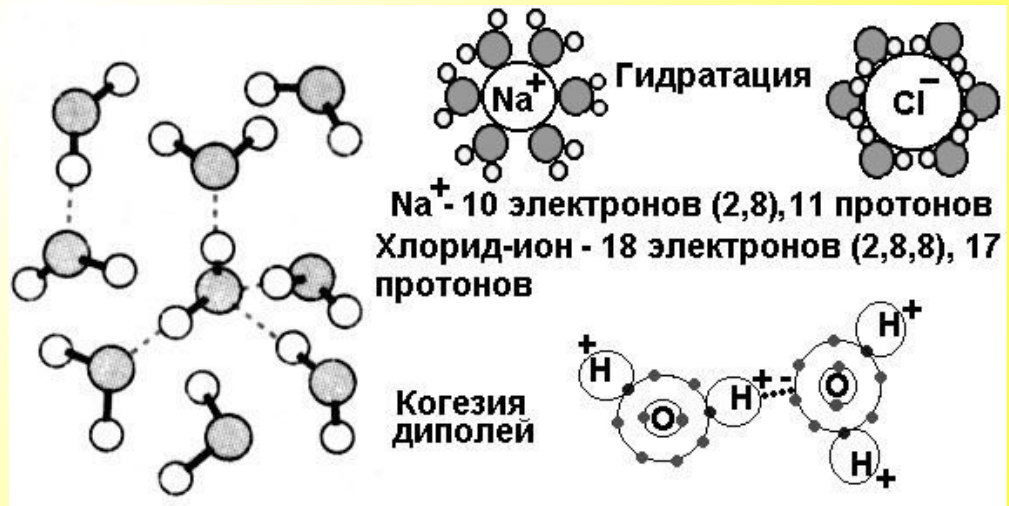
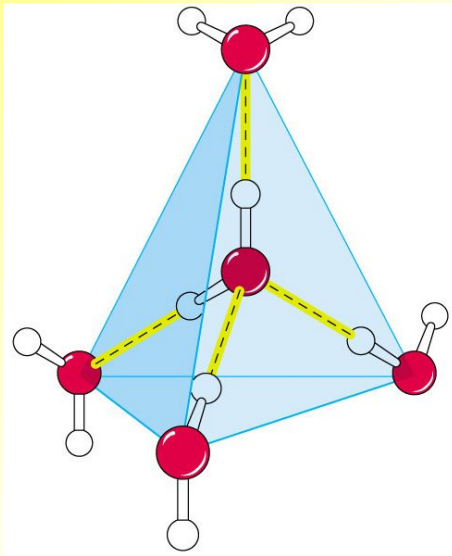
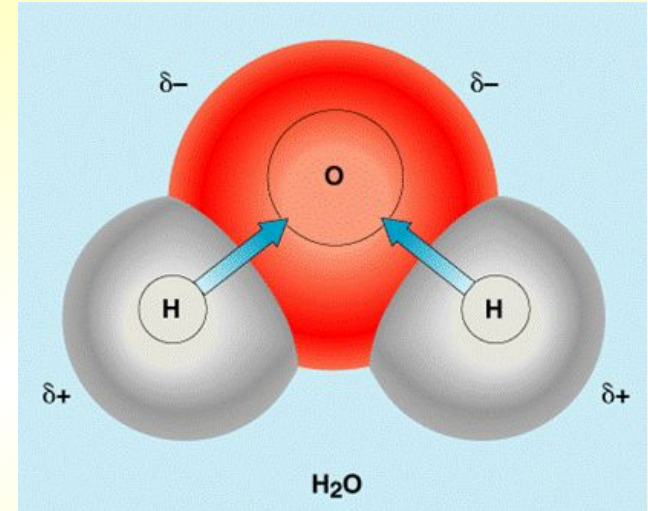


Повторение

1. Перечислите уровни организации живой материи.
2. Какие четыре царства различают в империи Клеточные?
3. Какие элементы называются биогенными? Сколько их?
4. На какие группы делятся макроэлементы?
5. Чем ковалентные связи отличаются от водородных?
6. Почему лед образуется на поверхности воды?
7. Какие вещества называются гидрофобными? Гидрофильными?
8. Что такое гидратация?
9. Как с помощью карбонатной буферной системы регулируется рН?

Повторение

1. Какой заряд на атоме кислорода и на атомах водорода в молекуле воды? Почему?
2. Сколько водородных связей может образовывать одна молекула воды?
3. Почему ион натрия имеет положительный заряд?
4. Почему ион хлора имеет отрицательный заряд?



Поясните рисунки:

