

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.

Химический состав клетки

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Название элемента**	Атомный номер
1	ВОДОРОД H 1,00794(7) 2,10 1s ¹						(H)	2 ГЕЛИЙ He 4,002602(2) 1s ²	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 1s ² 2s ²	БОР B 10,811(5) 2,01 1s ² 2s ² 2p ¹	УГЛЕРОД C 12,011(1) 2,50 1s ² 2s ² 2p ²	АЗОТ N 14,00674(7) 3,07 1s ² 2s ² 2p ³	КИСЛОРОД O 15,9994(3) 3,50 1s ² 2s ² 2p ⁴	ФТОР F 18,9984032(9) 4,10 1s ² 2s ² 2p ⁵	НЕОН Ne 20,1797(6) 1s ² 2s ² 2p ⁶	* В скобках указана точность последней значащей цифры. ** Названия и символы элементов, приведенные в круглых скобках, не являются общепринятыми.	
3	НАТРИЙ Na 22,989768(2) 1,01 [Ne]3s ¹	МАГНИЙ Mg 24,3050(6) 1,23 [Ne]3s ²	АЛЮМИНИЙ Al 26,981539(5) 1,47 [Ne]3s ² 3p ¹	КРЕМНИЙ Si 28,0855(3) 1,74 [Ne]3s ² 3p ²	ФОСФОР P 30,973762(4) 2,10 [Ne]3s ² 3p ³	СЕРА S 32,066(6) 2,60 [Ne]3s ² 3p ⁴	ХЛОР Cl 35,4527(9) 2,83 [Ne]3s ² 3p ⁵	АРГОН Ar 39,948(1) [Ne]3s ² 3p ⁶		
4	КАЛИЙ K 39,0983(1) 0,91 [Ar]4s ¹	КАЛЬЦИЙ Ca 40,078(4) 1,04 [Ar]4s ²	СКАНДИЙ Sc 44,955910(9) 1,20 [Ar]3d ¹ 4s ²	ТИТАН Ti 47,88(3) 1,32 [Ar]3d ² 4s ²	ВАНАДИЙ V 50,9415(1) 1,45 [Ar]3d ³ 4s ²	ХРОМ Cr 51,9961(6) 1,56 [Ar]3d ⁵ 4s ¹	МАРГАНЕЦ Mn 54,93805(1) 1,60 [Ar]3d ⁵ 4s ²	ЖЕЛЕЗО Fe 55,847(3) 1,64 [Ar]3d ⁶ 4s ²	КОБАЛЬТ Co 58,93320(1) 1,70 [Ar]3d ⁷ 4s ²	НИКЕЛЬ Ni 58,69(1) 1,75 [Ar]3d ⁸ 4s ²
	МЕДЬ Cu 63,546(3) 1,75 [Ar]3d ¹⁰ 4s ¹	ЦИНК Zn 65,39(2) 1,66 [Ar]3d ¹⁰ 4s ²	ГАЛЛИЙ Ga 69,723(4) 1,82 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	ГЕРМАНИЙ Ge 72,61(2) 2,02 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	МЫШЬЯК As 74,92159(2) 2,20 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	СЕЛЕН Se 78,96(3) 2,48 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	БРОМ Br 79,904(1) 2,74 [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	КРИПТОН Kr 83,80(1) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶		
5	РУБИДИЙ Rb 85,4678(3) 0,89 [Kr]5s ¹	СТРОНЦИЙ Sr 87,62(1) 0,99 [Kr]5s ²	ИТТРИЙ Y 88,90585(2) 1,11 [Kr]4d ¹ 5s ²	ЦИРКОНИЙ Zr 91,224(2) 1,22 [Kr]4d ⁵ 5s ²	НИОБИЙ Nb 92,90638(2) 1,30 [Kr]4d ⁴ 5s ¹	МОЛИБДЕН Mo 95,94(1) 1,36 [Kr]4d ⁵ 5s ¹	ТЕХНЕЦИЙ Tc 97,9072 1,42 [Kr]4d ⁵ 5s ¹	РУТЕНИЙ Ru 101,07(2) 1,42 [Kr]4d ⁷ 5s ¹	РОДИЙ Rh 102,9055(3) 1,45 [Kr]4d ⁸ 5s ¹	ПАЛЛАДИЙ Pd 106,42(1) 1,35 [Kr]4d ¹⁰ 5s ⁰
	СЕРЕБРО Ag 107,8682(2) 1,42 [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹	КАДМИЙ Cd 112,411(8) 1,46 [Kr]4d ¹⁰ 5s ²	ИНДИЙ In 114,82(1) 1,49 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	ОЛОВО Sn 118,710(7) 1,72 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	СВЫНЦ Pb 121,75(3) 1,82 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	ТЕЛЛУР Te 127,60(3) 2,01 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴	ИОД I 126,90447(3) 2,21 [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	КСЕНОН Xe 131,29(2) [Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶		
6	ЦЕЗИЙ Cs 132,90543(5) 0,86 [Xe]6s ¹	БАРИЙ Ba 137,327(7) 0,97 [Xe]6s ²	ЛАНТАН La 138,9055(2) 1,08 [Xe]5d ¹ 6s ²	ГАФНИЙ Hf 178,49(2) 1,23 [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s ²	ТАНТАЛ Ta 180,9479(1) 1,33 [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	ВОЛЬФРАМ W 183,85(3) 1,40 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²	РЕНИЙ Re 186,207(1) 1,46 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²	ОСМИЙ Os 190,2(1) 1,52 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	ИРИДИЙ Ir 192,22(3) 1,55 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	ПЛАТИНА Pt 195,08(3) 1,44 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹
	ЗОЛОТО Au 196,96654(3) 1,42 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	РУТУГ Hg 200,59(3) 1,44 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	ТАЛЛИЙ Tl 204,3833(2) 1,44 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	СВИНЕЦ Pb 207,2(1) 1,55 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	ВИСМУТ Bi 208,98037(3) 1,67 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³	ПОЛОНИЙ Po 208,9824 1,76 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴	АСТАТ At 209,9871 1,90 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵	РАДОН Rn 222,0176 [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶	Периодический закон открыт Д.И.Менделеевым в 1869 году.	
7	ФРАНЦИЙ Fr 223,0197 0,86 [Rn]7s ¹	РАДИЙ Ra 226,0254 0,97 [Rn]7s ²	АКТИНИЙ Ac 227,0278 1,00 [Rn]6d ¹ 7s ²	(Дубний) (Db) 261,1 [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ²	(Юлий) (Jl) 262,114 [Rn]5f ¹⁴ 6d ³ 7s ²	(Резерфордий) (Rf) [263] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ²	(Борий) (Bh) [262] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ²	(Ганий) (Hn) [265] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ²	(Мейтнерий) (Mt) [266] [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ²	

* ЛАНТАНОИДЫ

ЦЕРИЙ Ce 140,115(4) 1,08 [Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ²	ПРАЗЕОДИМ Pr 140,90768(2) 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	ЛУТЕЦИЙ Lu 174,967(1) 1,14 [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 ³ 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	ПУТОНИЙ 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 ² 7s ²	БЕРКЛИЙ Bk 247,0703 1,20 [Rn]5f ⁹ 6d ² 7s ²	КАЛИФОРНИЙ Cf 251,0796 1,20 [Rn]5f ¹⁰ 6d ² 7s ²	ЭЙНШТЕЙНИЙ Es 252,083 1,20 [Rn]5f ¹¹ 6d ² 7s ²	ФЕРМИЙ Fm 257,0951 1,20 [Rn]5f ¹² 6d ² 7s ²	МЕНДЕЛЕВИЙ Md 258,1 1,20 [Rn]5f ¹³ 6d ² 7s ²	(НОБЕЛИЙ) (No) 259,1009 1,20 [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ²	(ЛОУРЕНСИЙ) (Lr) 260,105 1,20 [Rn]5f ¹⁴ 6d ³ 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. 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.

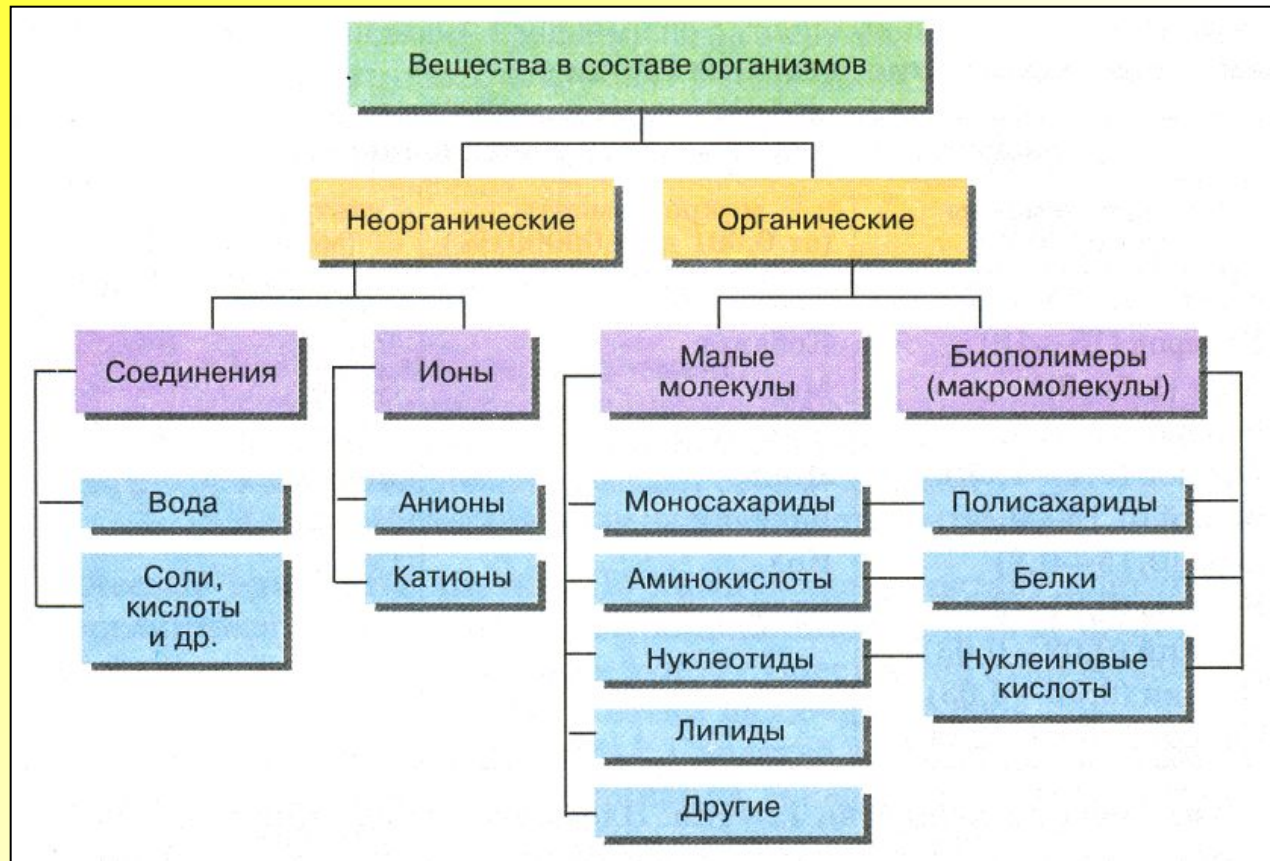
Ультрамикроэлементы:

(*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



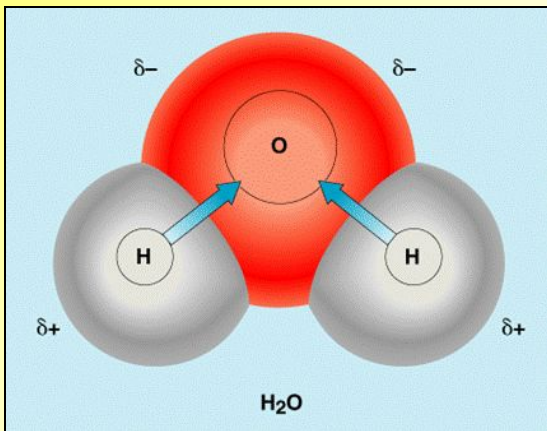
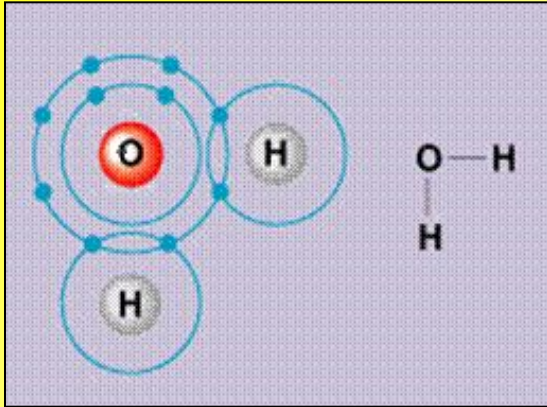
Вода. Самое распространенное в живых организмах неорганическое соединение. Ее содержание колеблется в широких пределах: в клетках эмали зубов вода составляет по массе около 10%, а в клетках развивающегося зародыша — более 90%.

Химические соединения клетки

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



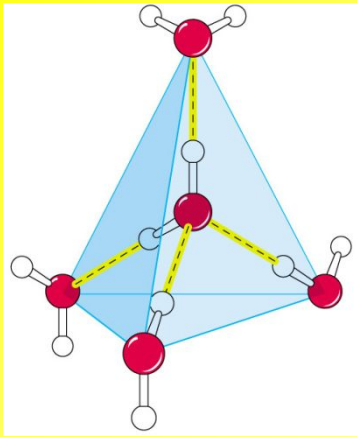
Вода не только обязательный компонент живых клеток, но и среда обитания организмов.

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

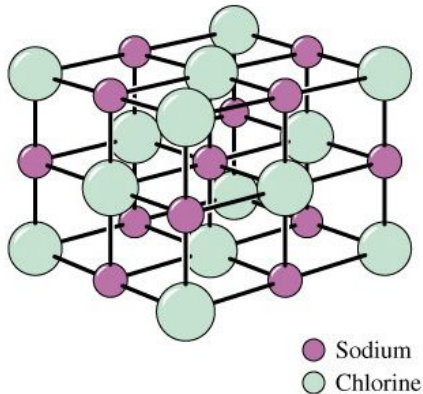


Водородные связи в 15—20 раз слабее ковалентных, но, поскольку **каждая молекула воды способна образовывать 4 водородные связи**, они существенно влияют на физические свойства воды. Большая теплоемкость, теплота плавления и теплота парообразования объясняются тем, что большая часть поглощаемого водой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

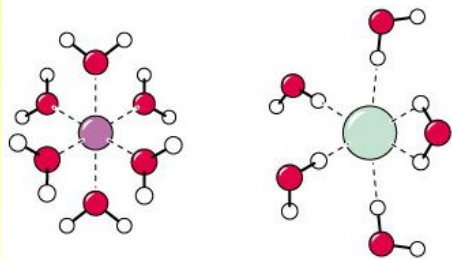
Вода обладает высокой теплопроводностью, практически не сжимается, прозрачна в видимом участке спектра.

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.

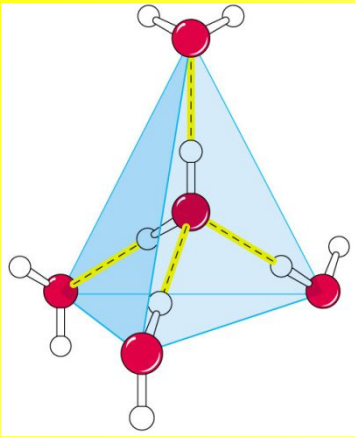
(a) NaCl crystal



(b)



Химические соединения клетки

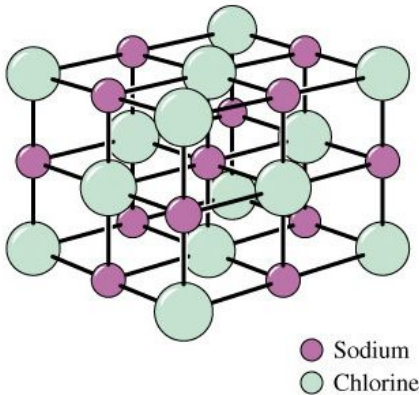


Вода — хороший растворитель ионных (полярных), а также некоторых не ионных соединений, в молекуле которых присутствуют заряженные (полярные) группы.

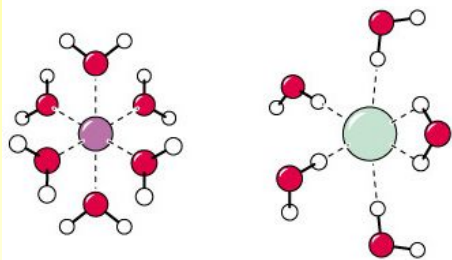
Любые полярные соединения в воде **гидратируются** (огибаются молекулами воды), при этом молекулы воды участвуют в образовании структуры молекул органических веществ. Если энергия притяжения молекул воды к молекулам какого-либо вещества больше, чем энергия притяжения между молекулами вещества, то вещество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

По отношению к воде различают: **гидрофильные вещества** — вещества, хорошо растворимые в воде; **гидрофобные вещества** — вещества, практически нерастворимые в воде.

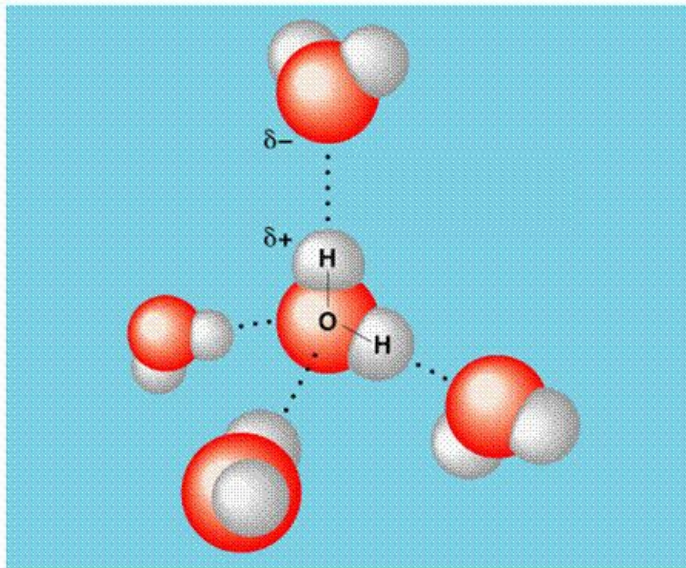
(a) NaCl crystal



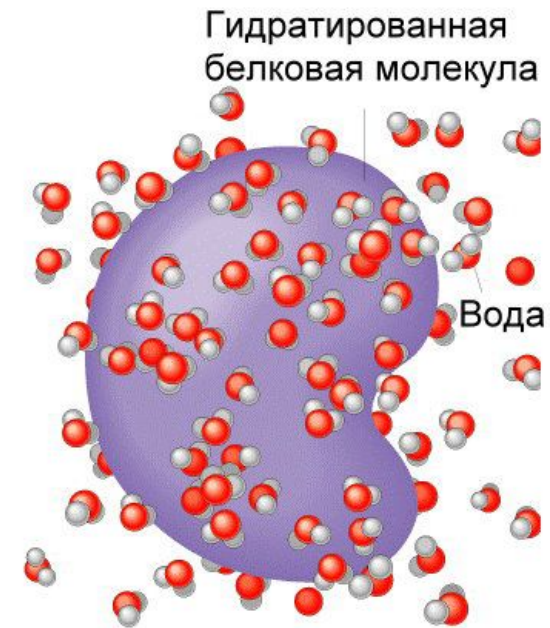
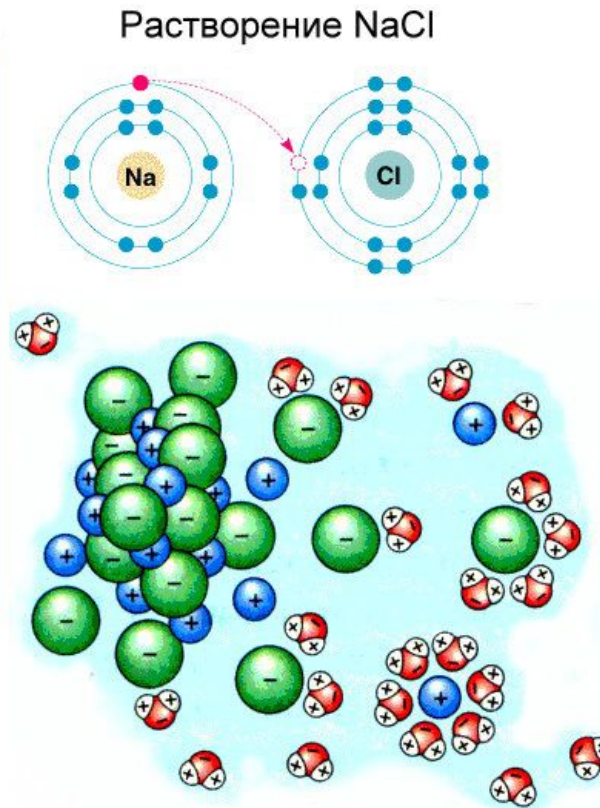
(b)

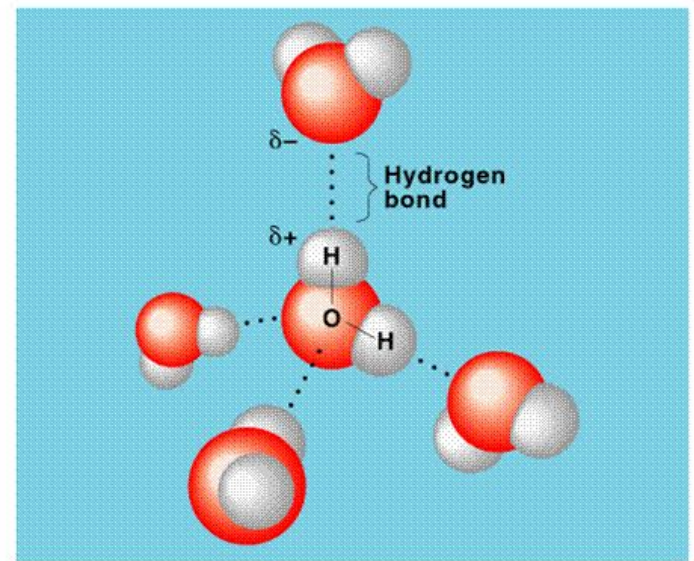
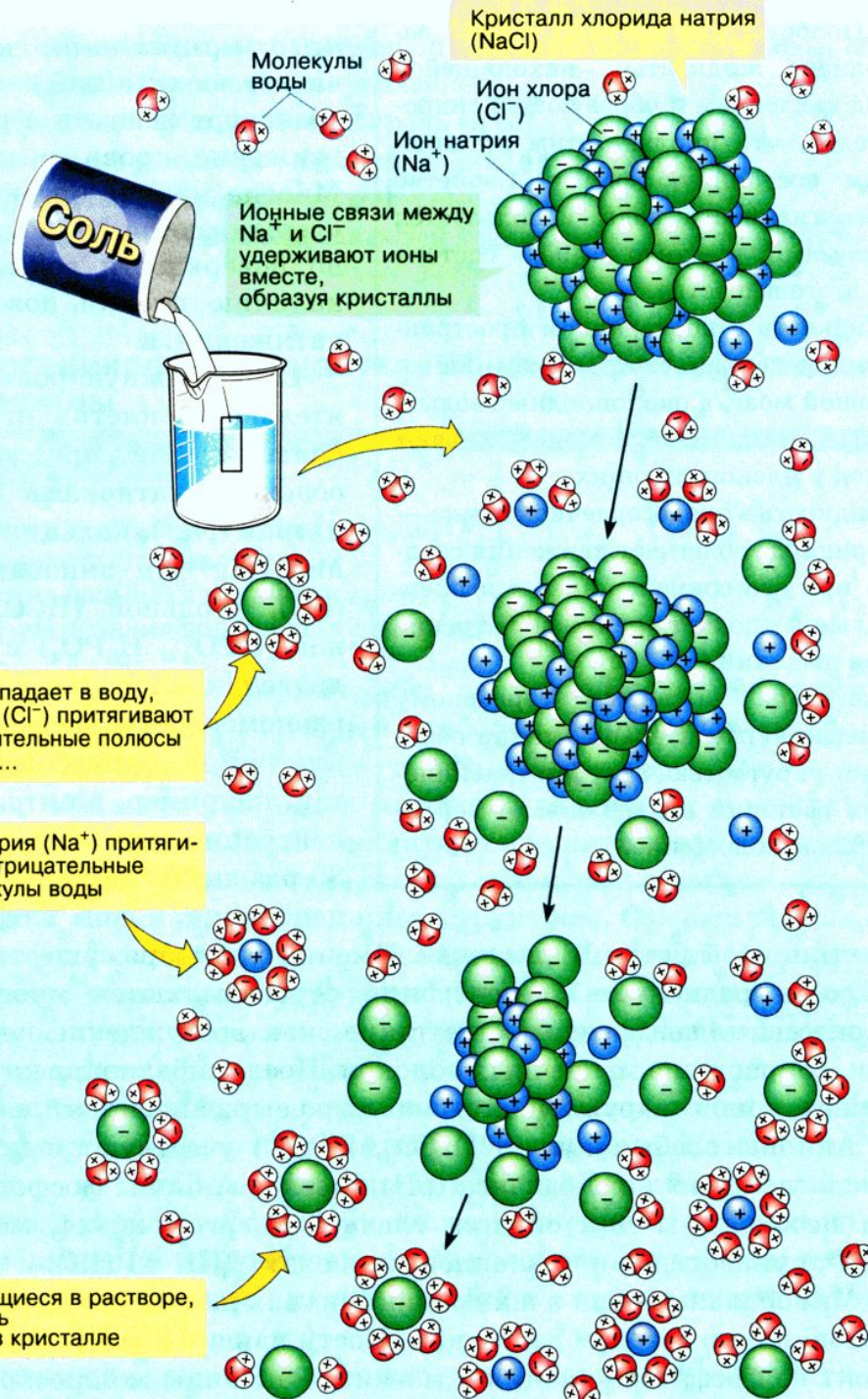


Химические соединения клетки

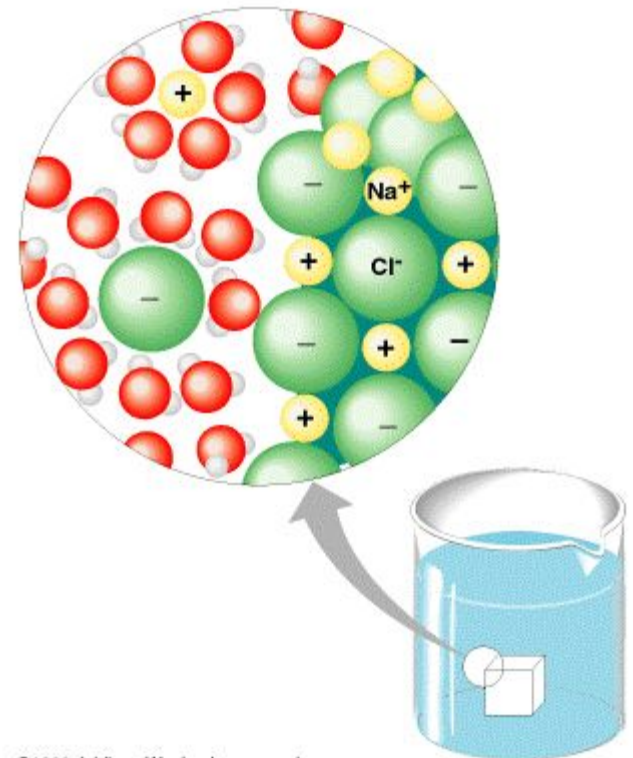


Водородные связи
между молекулами воды



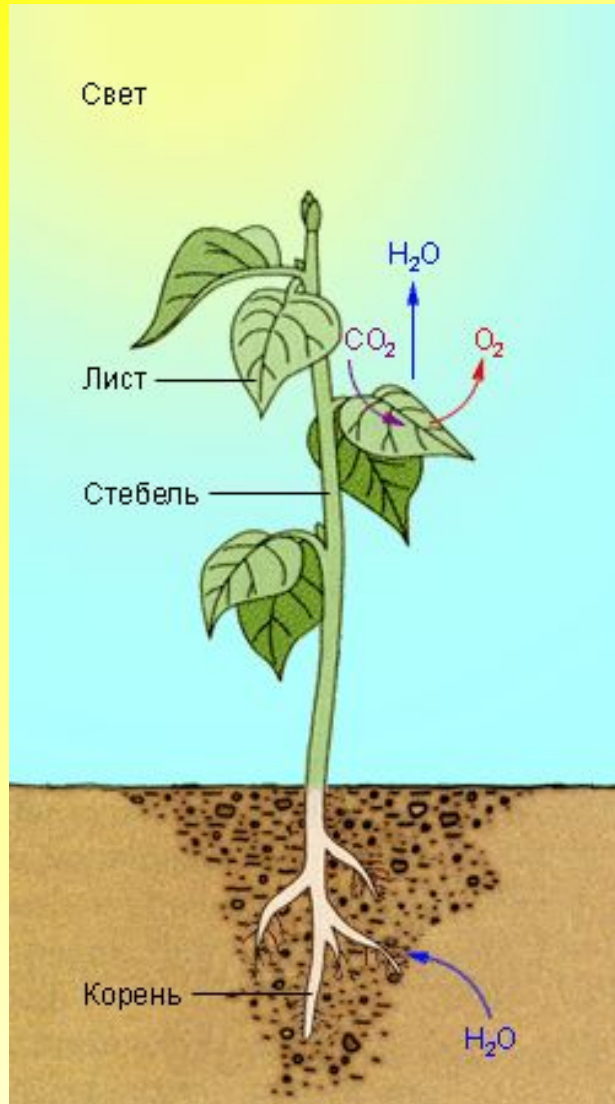


©1999 Addison Wesley Longman, Inc.



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Химические соединения клетки



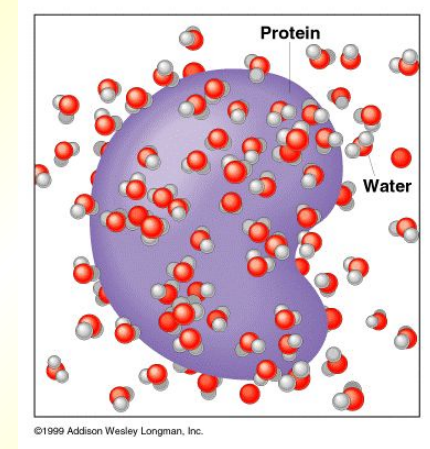
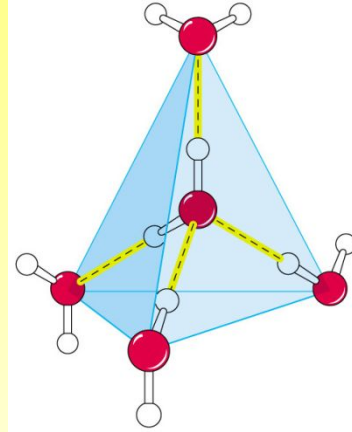
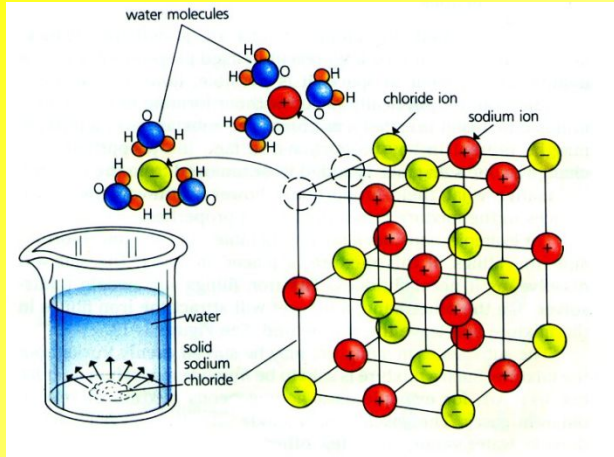
Большинство биохимических реакций может идти только в водном растворе; многие вещества поступают в клетку и выводятся из нее в водном растворе.

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.

Биологически важные химические элементы клетки

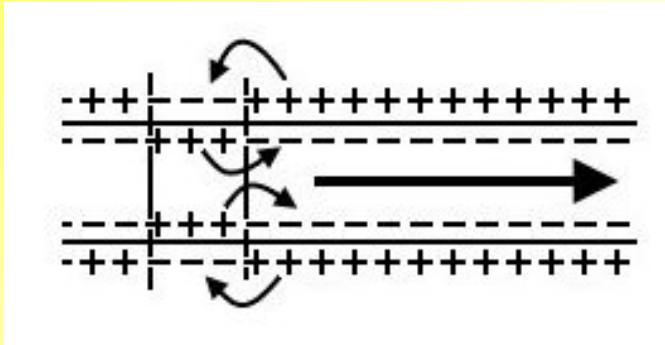
Элемент и его символ		Значение для клетки и организма
Водород	H	Входит в состав воды и всех биологических соединений.
Бор	B	Воздействует на проницаемость клеточных мембран растений и транспорт углеводов.
Углерод	C	Входит в состав всех биологических соединений.
Азот	N	Структурный компонент белков и нуклеиновых кислот.
Кислород	O	Входит в состав воды и всех биологических соединений.
Фтор	F	Входит в состав эмали зубов.
Натрий	Na	Главный внеклеточный положительный ион.
Магний	Mg	Активирует работу многих ферментов; структурный компонент хлорофилла.
Фосфор	P	Входит в состав костной ткани, нуклеиновых кислот.
Сера	S	Входит в состав белков и многих других биологических веществ.
Хлор	Cl	Преобладающий отрицательный ион в организме животных.
Калий	K	Преобладающий положительный ион внутри клеток.
Кальций	Ca	Основной компонент костей и зубов; активирует сокращение мышечных волокон и работу ряда ферментов.
Марганец	Mn	Участвует в регуляции механизмов ферментного катализа.
Железо	Fe	Входит в состав многих органических веществ, в том числе гемоглобина.
Кобальт	Co	Входит в состав витамина B ₁₂ .
Медь	Cu	Необходима для нормального кроветворения, служит катализатором многих биохимических реакций, участвует в синтезе меланина.
Цинк	Zn	Нейтрализует свободные радикалы, снижает воспалительные реакции, способствует заживлению ран, стабилизирует работу иммунной системы кожи, входит в состав более ста ферментов.
Иод	I	Входит в состав гормона щитовидной железы.

Значение солей

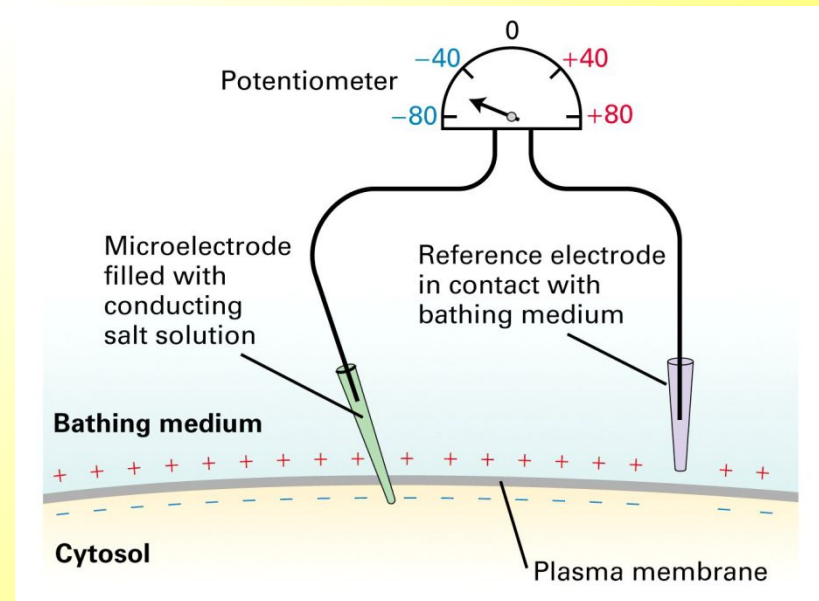
Важнейшие катионы

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 pH на определенном уровне.

Величина pH, равная 7,0 соответствует нейтральному, ниже 7,0 – кислому, выше 7,0 – щелочному раствору.

Дигидрофосфат-ион; гидрофосфат-ион



Гидрокарбонат-ион; угольная кислота



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

