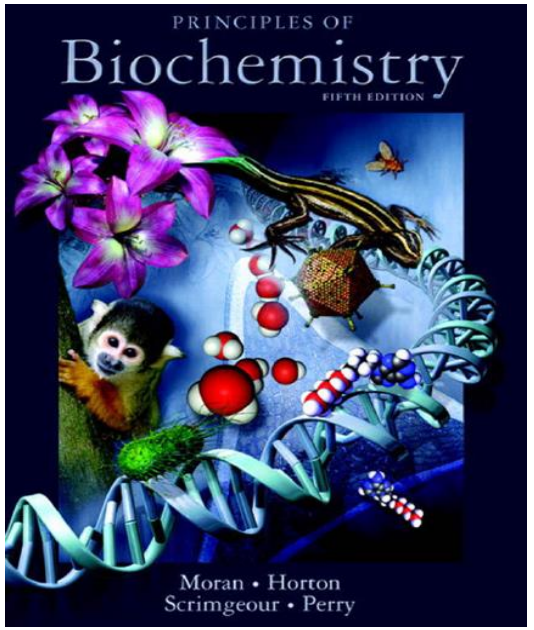
AL-Manara University
Faculty of Pharmacy

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

Introduction to Biochemistry

Lecture I



Dr. Rama IBRAHIM
PhD Paris-11 university
2024-2025

Overview of Biochemistry

- هو العلم الذي يستخدم مبادئ ولغة الكيمياء لتفسير البيولوجيا.
- تعتبر المبادئ الأساسية للكيمياء الحيوية مشتركة لدى جميع الأحياء.

Biochemistry is the study of biomolecules and chemical reactions of life.

الكيمياء الحيوية هي دراسة المركبات الكيميائية الحيوية والتفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل العضوية

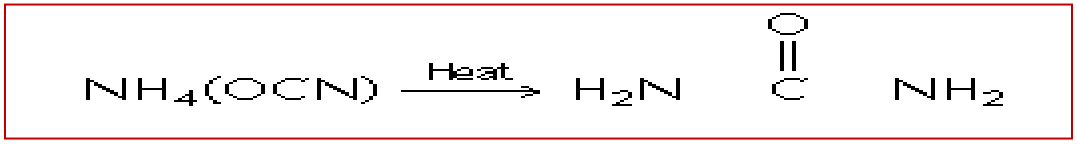
- **A knowledge of biochemistry is essential to all life sciences** (Genetics, physiology, pathology, pharmacology, toxicology, immunity, zoology, botany, microbiology,…).

History of Biochemistry

Biochemistry is a modern science

Friedrich Wöhler

- ✓ يعتبر فريدريك وولر من مؤسسي علم الكيمياء الحيوية.
- ✓ قام بتصنيع اليوريا **urea** انطلاقاً من سيانات الأمونيوم **ammonium cyanate** في عام **1828**, وبالتالي أظهر إمكانية اصطناع مركبات عضوية موجودة في الكائنات الحية انطلاقاً من مواد لاعضوية.



يعتبر العالم لويس **باستور Louis Pasteur** من مؤسسي علم الأحياء الدقيقة Microbiology، إلا أنه ساهم أيضاً في تطوير علم الكيمياء الحيوية حيث أن له العديد من المساهمات أهمها اكتشاف **المماكبات الفراغية Stereoisomers.**

Some of the apparatus used by Louis Pasteur in his Paris laboratory

يوجد محطتين أساسيتين في تاريخ الكيمياء الحيوية:

1) **Identification of enzymes** as the catalysts of biological reactions *(Eduard Buchner/ Emil Fischer)*.
2) **Identification of nucleic acids** as information-carrying molecules *(Oswald Avery, Colin MacLeod, and Maclyn McCarty/ James D.Watson and Francis H. C. Crick)*.

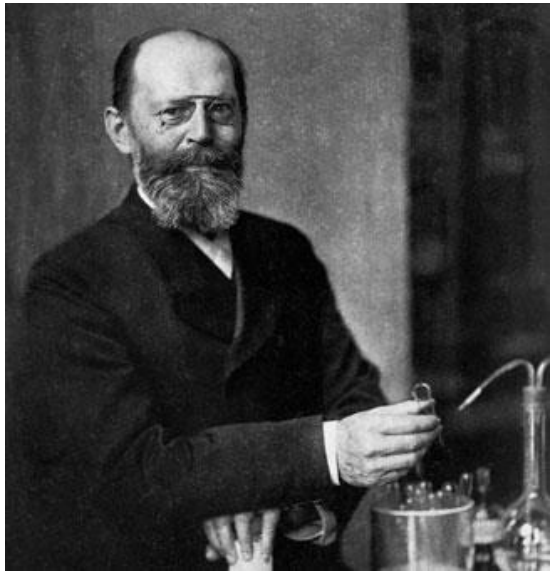
Identification of enzymes

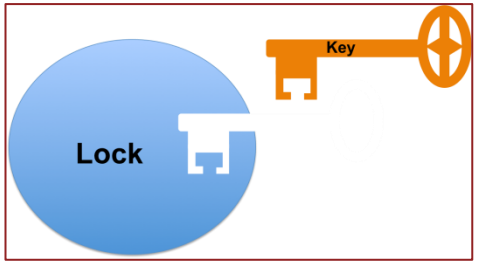
Eduard Buchner:

Buchner was awarded the Nobel Prize in Chemistry in1907 **"for his biochemical researches and his discovery of cell-free fermentation."**

- في عام 1897، استطاع **إدوارد باكنر** إنجاز تفاعل التخمير (تحويل الغلوكوز إلى كحول وCO2) **باستخدام خلاصة خلوية للخمائر Extracts of yeast cells**. سابقاً كان يعتقد العلماء بأن خلايا الخمائر الحية هي وحدها القادرة على إنجاز مثل هذا التفاعل البيولوجي المعقد.

Identification of enzymes





Emil Fischer:

Fischer made many contributions to our understanding of the structures and functions of biological molecules.

اقترح إيميل فيشر نظرية القفل والمفتاح "template (lock) and key theory" لشرح آلية عمل الأنزيمات.

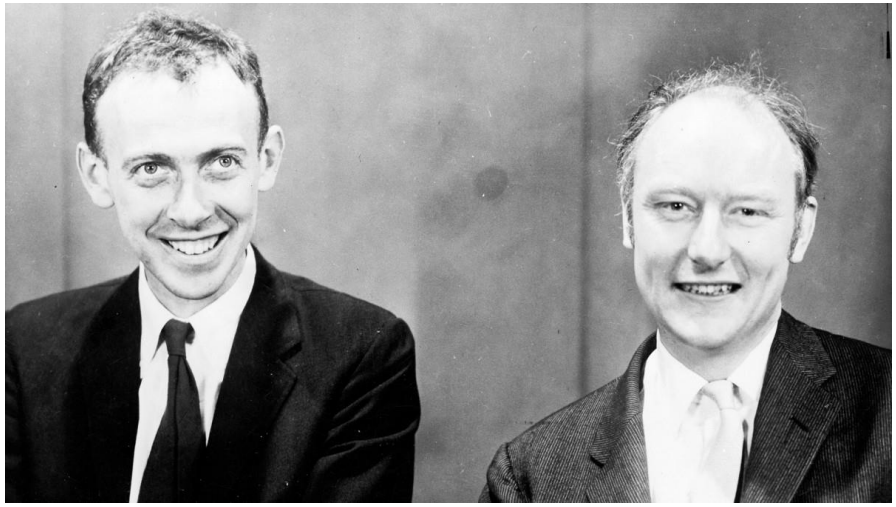
حصل على جائز نوبل في عام 1902 من أجل أبحاثه في مجال اصطناع السكريات والأسس الآزوتية البورينية.

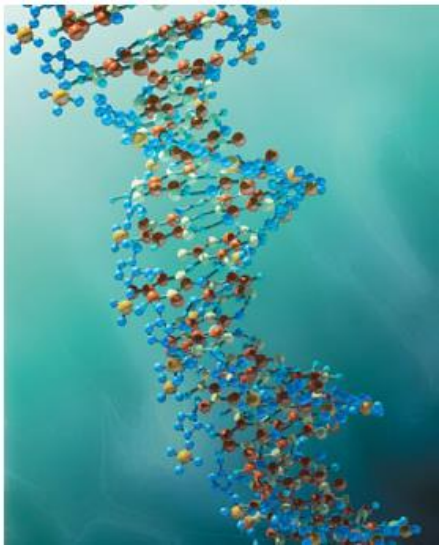
Identification of nucleic acids

In 1944 **Oswald Avery, Colin MacLeod, and Maclyn McCarty** قام هؤلاء العلماء باستخلاص DNA من سلالة ممرضة لبكتريا المكورات الرئوية ومزجه مع سلالة غير ممرضة للمكورات الرئوية، فتحولت السلالات غير الممرضة بشكل دائم إلى سلالات ممرضة.

تم استنتاج أن DNA الخلية هو المادة الكيميائية الحيوية التي تحمل المعلومات الوراثية للخلية (DNA is the genetic material)

Identification of nucleic acids





- In **1953 James D.Watson** and **Francis H. C. Crick** **deduced the three-dimensional structure of DNA.**

قام هؤلاء العلماء بتحديد **البنية ثلاثية الأبعاد ل DNA**. ومنها تم استنتاج آلية تضاعف DNA وقدرته على نقل المعلومات الوراثية إلى الأجيال اللاحقة.

- YOUR BODY

Many systems

Many organs

Tissues

Cells

Organelles

Macromolecules

Polymer of molecules

Carbon containing compound

Called organic compound

Elements

- Joint and linked with each other by specific bonds

Periodic table of the elements

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0
1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 * La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89** Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (264)	108 Hs (265)	109 Mt (268)	110 (269)	111 (272)	112 (277)	113	114 (285)	115	116 (289)	117	118 (293)

58* Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
90** Th 232.0	91 Pa 231	92 U 238.0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

The important elements found in living cells are shown in color. The **brownish pink** elements (CHNOPS) are the **six** abundant elements. The **five essential** ions are purple. The **trace elements** are shown in **dark blue** (more common) and **light blue** (less common).

العناصر الكيميائية التي تتواجد في العضوية

1) **6 elements** account for 97% of the weight of most organisms:

Carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, phosphorus, and sulfur (CHNOPS).

2) Additional **23 elements** account for only 3% of the weight of living organisms. Of these:

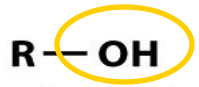
a) 5 essential ions: Na+, Mg++, K+, Ca++, Cl-.

b) Trace elements:

- **More common:** Fe, Co, Zn, Mn,Cu.
- **Less common:** B, F, I, Sn, Ga, As, Al, Si, V, Cr, Mo, Se, Ni.

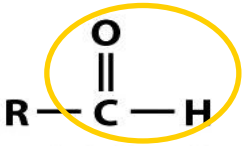
understand, take notes and read

Organic Compounds



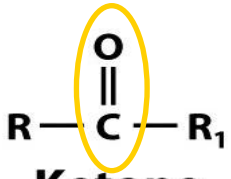
Alcohol

Hydroxyl



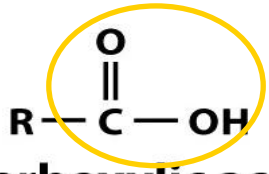
Aldehyde

Aldehyde group



Ketone

Carbonyl



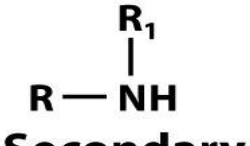
Carboxylic acid[1]

Carboxylate

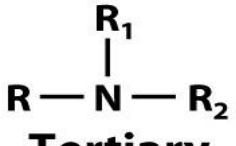
Thiol (Sulfhydryl)

Sulfhydryl

Primary



Secondary

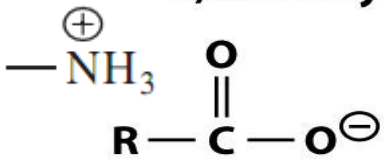


Tertiary

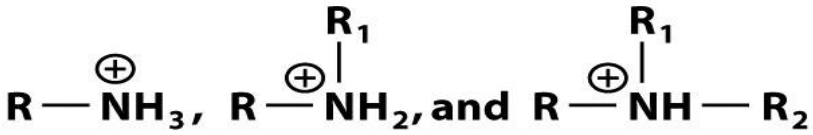
Amino

Amines[2]

[1]Under most biological conditions, carboxylic acids exist as carboxylate anions:

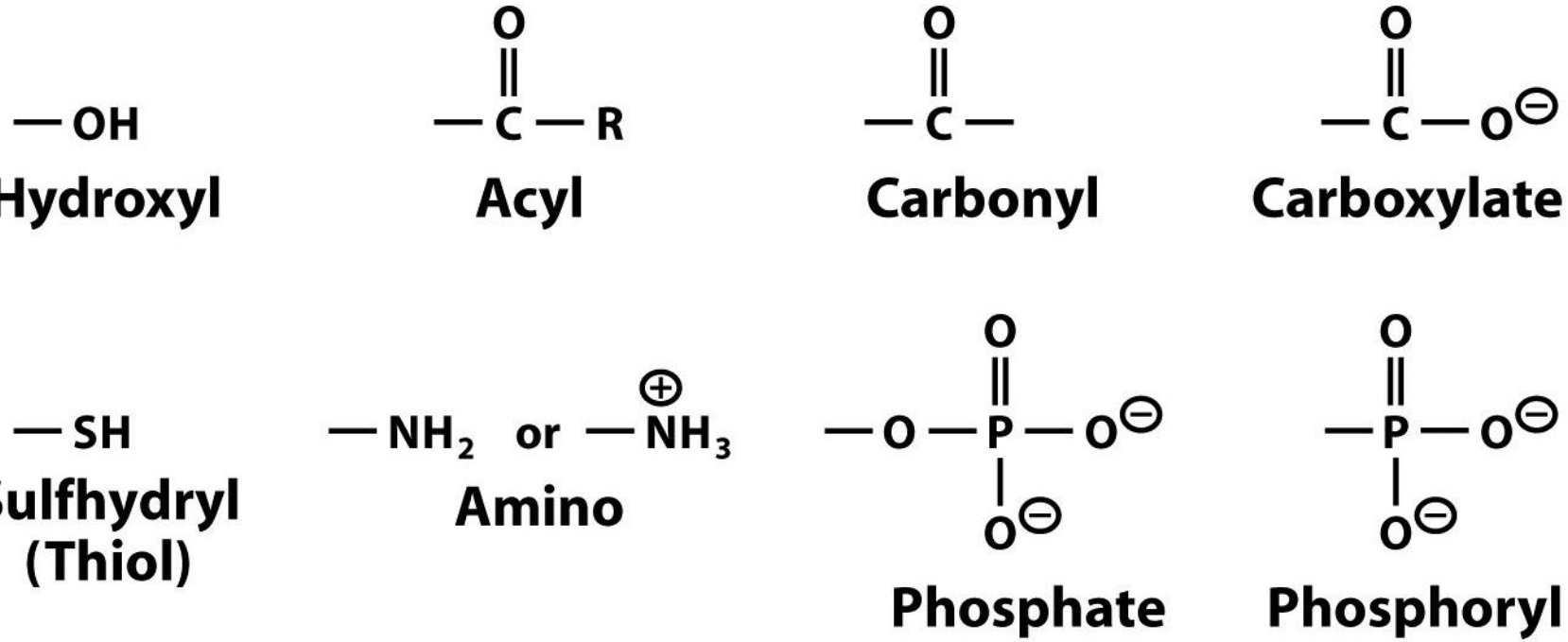


[2]Under most biological conditions, amines exist as ammonium ions:



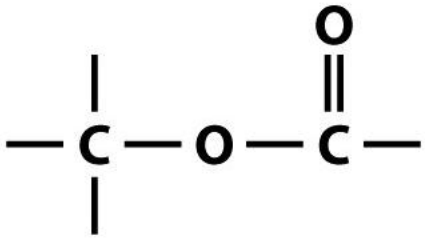
understand, take notes and read

Functional groups

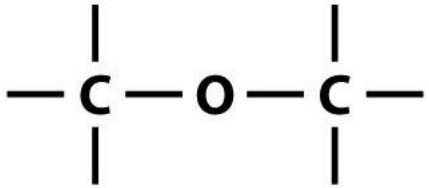


understand, take notes and read

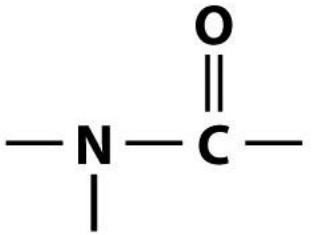
Linkages in Biochemical Compounds



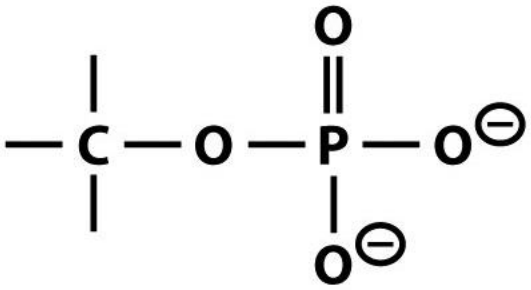
Ester



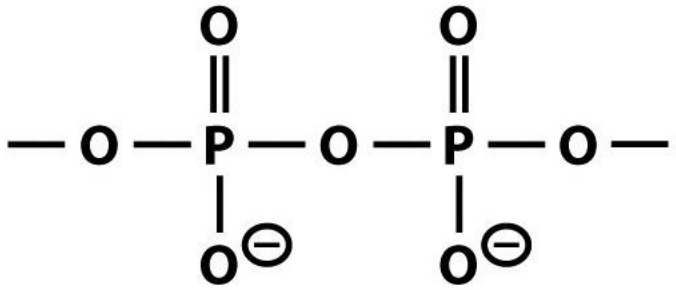
Ether



Amide



Phosphate ester



Phosphoanhydride

المونوميرات Monomers و البوليميرات Polymers

- **المونومير (الموحود): أصغر مركب في الكيمياء الحيوية، وهو الوحدة الأساسية لتكوين البوليمير.**
- **البوليمير (المتماثر): هو تكرار جزيئة من نوع واحد (ارتباط عدة مونوميرات من نوع واحد مع بعضها البعض).**

- ترتبط المونوميرات مع بعضها بنزع جزيئة ماء، ويدعى هذا **التفاعل بتفاعل التكثيف Dehydration** (نزع الماء).
- يتم تحطيم البوليميرات إلى مونوميرات من خلال إضافة جزيئات ماء إلى روابطها، ويدعى هذا التفاعل بتفاعل **الحلمهه Hydrolysis** (أو التحلل بوجود الماء).

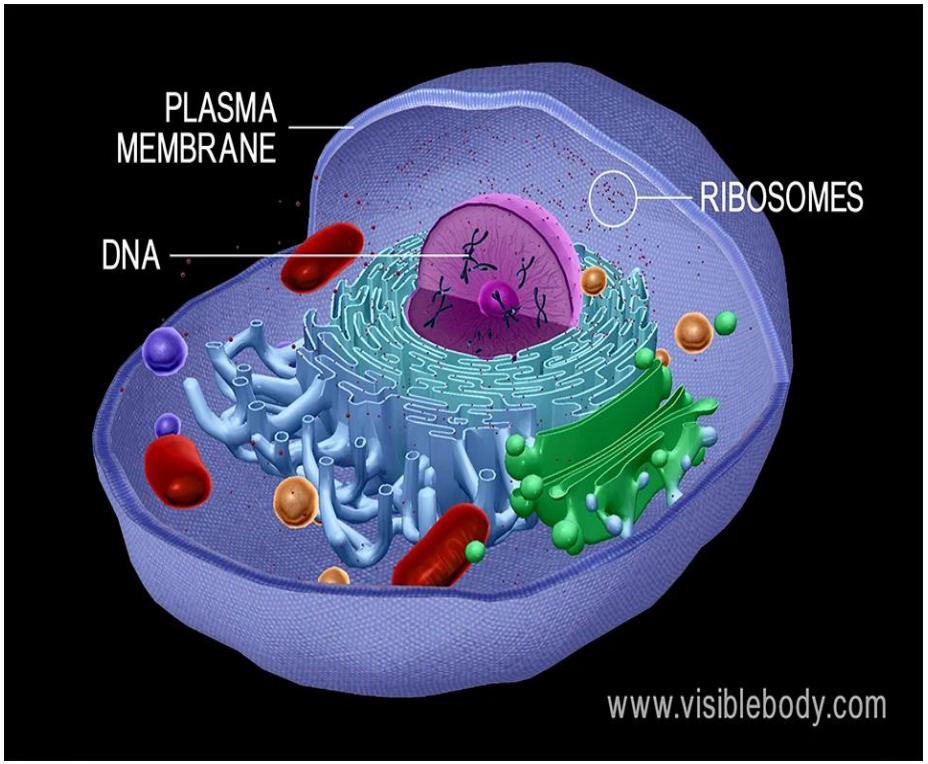
أمثلة على بعض البوليميرات فى الخلية

المونومير	البوليمير
السكريات الأحادية Monosaccharides	السكرات المتعددة Polysaccharides أو قليلة التعدد Oligosaccharides
الحموض الأمينية Aminoacides	الببتيدات Peptides أو البروتينات Proteins
النكليوتيدات Nucleotides (سكر خماسي + أساس آزوتي + مجموعة فوسفات)	الحموض النووية Nucleic acids

ملاحظة: غالبية اللبيدات لاتعتبر بوليميرات لأنها تتكون من مونوميرات غير متجانسة

TOPICS:

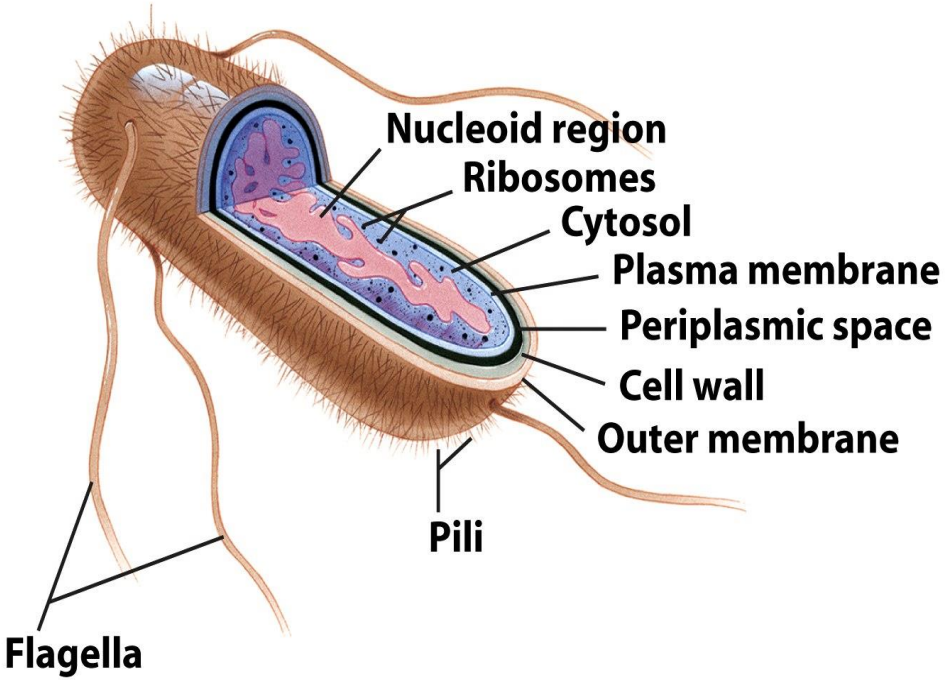
- Water
- Amino acids
- Proteins 3D structure (structure & clinical significance)
- Enzymes (properties & mechanisms)
- Coenzymes & vitamins
- Carbohydrates (structure & clinical significance)
- Lipids (structure & clinical significance)
- Nucleotides



لمحة عن البنى الخلوية

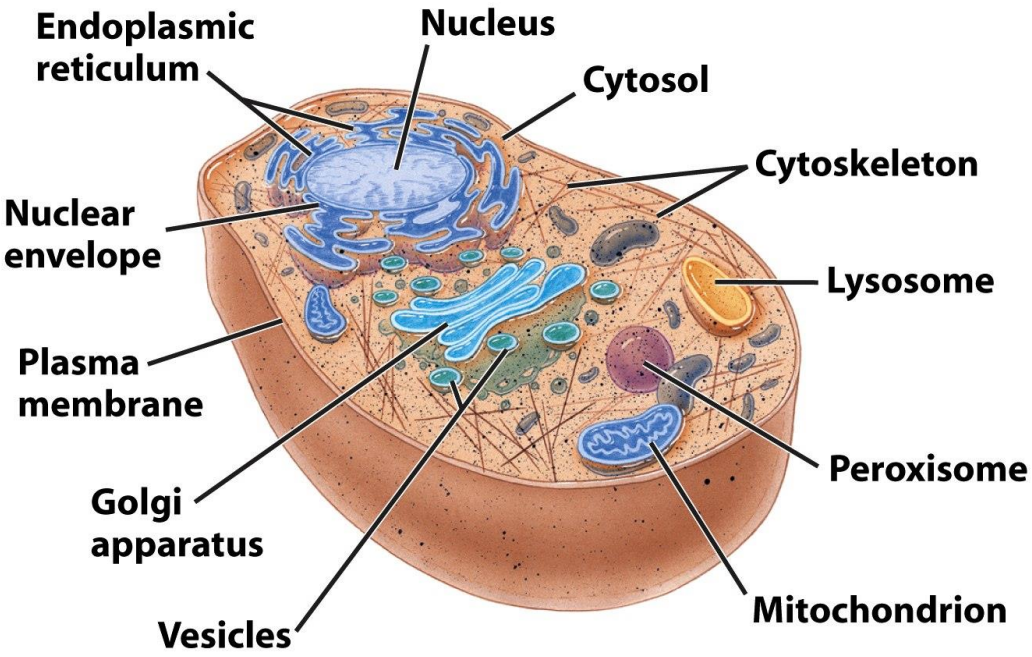
Prokaryotes خلايا بدائيات النوى

- An *E. coli* cell is about 0.5µm in diameter and 1.5µm long.
- Proteinaceous fibers called **flagella** rotate to **propel the cell.**
- The shorter **pili** aid in **sexual conjugation** and may help E. coli cells **adhere to surfaces**.
- The **periplasmic space** is an aqueous compartment separating the plasma membrane and the outer membrane.



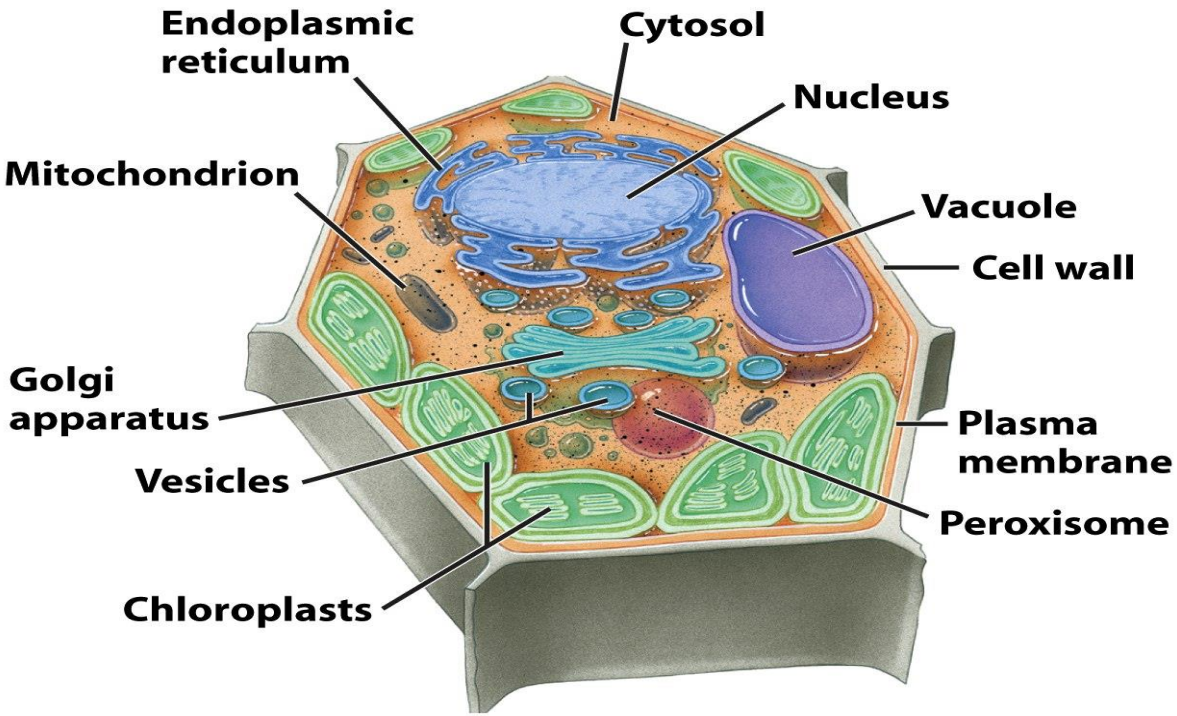
تعتبر البكتيريا مثال نموذجي للدراسة في الكيمياء الحيوية لأنها بالرغم من كونها تملك عدد قليل من المورثات (2000-6000 مورثة مقارنة بحقيقيات النوى التي تملك حتى 50000 مورثة)، إلا أنها تستطيع القيام بالتفاعلات الكيمياء الحيوية الرئيسية التي تشاهد في معظم الخلايا الأخرى.

خلايا حقيقيات النوى الحيوانية -Eukaryotes
Animal cells



تعتبر الخلايا الحيوانية خلايا نموذجية لحقيقيات النوى، تملك **عضيات Organelles** (نواة، شبكة إندوبلاسمية، جعاز غولجي، متقدرات، جسيمات حالة...) **وبنى Structures** (مثل هيكل الخلية Cytoskeleton والحويصلات Vesicles وغيرها) موجودة لدى حقيقات النوى الأخرى كالأوالي Protists، الفطور Fungi والنباتات Plants.

خلايا حقيقيات النوى النباتية -Eukaryotes
Plant cells



تملك معظم الخلايا النباتية **صانعات خضراء Chloroplasts** (وهي بنى تتم فيها عمليا التركيب الضوئي لدى النباتات والطحالب)، **فجوات Vacuoles** (وهي عضيات كبيرة مملوءة بالسوائل تحتوي على مواد منحلة وفضلات الخلية) **وجدار خلوي قاسي Cell wall** ذو طبيعة سللوزية.

Prokaryotes Vs Eukaryotes

	Prokaryotes (Bacteria)	Eukaryotes (Protistes, Fungi, Plants, Animals)
1	Do not have nucleus	Have a nucleus
2	Usually do not have organelles	Have organelles
3	Usually have double membrane	Surrounded by single plasma membrane
4	Small size	Large size as compared to prokaryotes (1000 folds greater)
5	Transport of nutrients by simple diffusion	By internal structures and transport mechanisms (cytoskeleton, vesicles)
6	Cellular shape commes from the cell wall	Cellular shape commes from the cytoskeleton (also cell wall in plants)
7	Single circular plasmides of DNA	Multiple linear chromosomes

Water

(Water in the cell)

Water is essential to life

- يعتبر الماء الجزيء الأكثر انتشارا في معظم الخلايا حيث يشكل مانسبته 60-90% من وزن الخلية حسب نوعها.

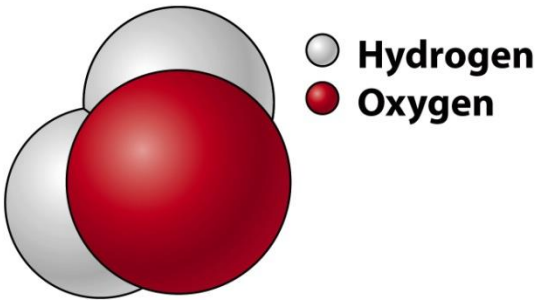
- **من الضروري دراسة الماء وخواصه أثناء دراسة الكيمياء الحيوية:**

- ✓ **الخواص الفيزيائية للماء:** تسمح له بالعمل كمحل أو مذيب للمواد الشاردية والقطبية ضمن الخلية.
- ✓ **الخواص الكيميائية للماء:** تسمح له بتشكيل روابط كيميائية مع مركبات أخرى, كما أن التفاعلات الكيميائية الحيوية للخلية تحدث في وسط مائي.

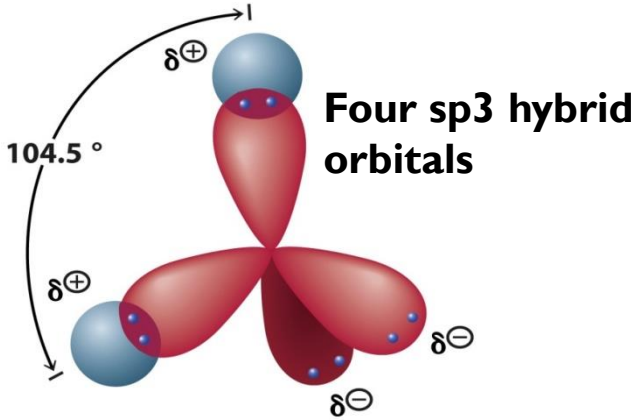
الخواص الفيزيائية

الماء جزيء قطبي

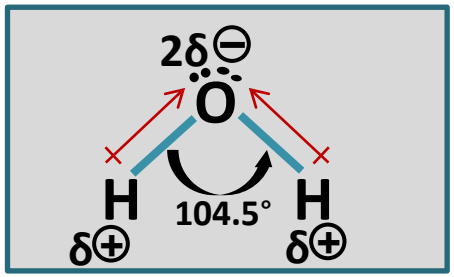
تعتمد قطبية الماء على أمرين: قطبية روابط التشاركية وشكله الفراغي بشكل حرف V (V-shaped).



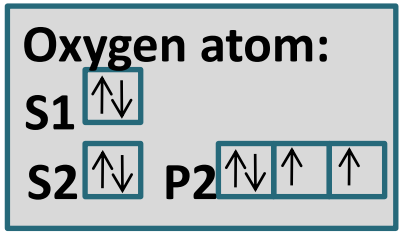
Geometry: V-shape



Water is polar

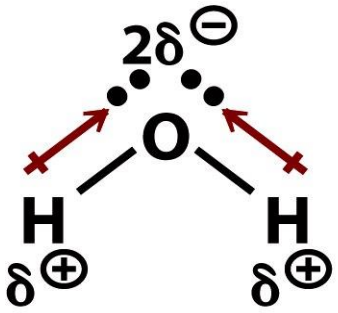


Polar covalent bonds

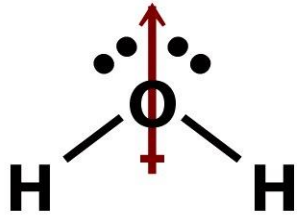


Water is polar

Permanent Polarity = Polar Bonds + Geometry



Bond polarities



Net dipole

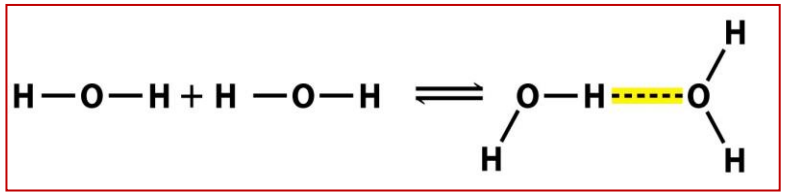
The geometry of the polar covalent bonds of water creates a permanent dipole for the molecule with the oxygen bearing a partial negative charge (symbolized by 2δ–) and each hydrogen bearing a partial positive charge (symbolized by δ+).

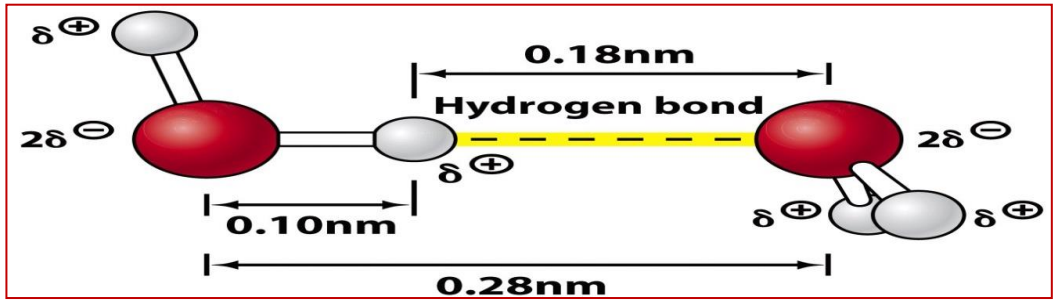
Hydrogen bonding in water

✓من النتائج الهامة لقطبية جزيئات الماء هي قدرتها على تشكيل روابط هيدروجينية مع بعضها البعض أو مع جزيئات أخرى.

الرابطة الهيدروجينية: هي رابطة بين ذرة عالية الكهرسلبية تملك زوج الكتروني حر (مثل O،N ، S...) وذرة هيدروجين مرتبطة تساهمياً مع ذرة أخرى عالية الكهرسلبية.

Hydrogen bond: Interaction between an electronegative atom with an unshared electron pair (such as O, N, S) and a hydrogen atom attached to another electronegative atom.





Hydrogen bonding between two water molecules

Consequences of hydrogen bonding in water

1) Fluidity of liquid water:

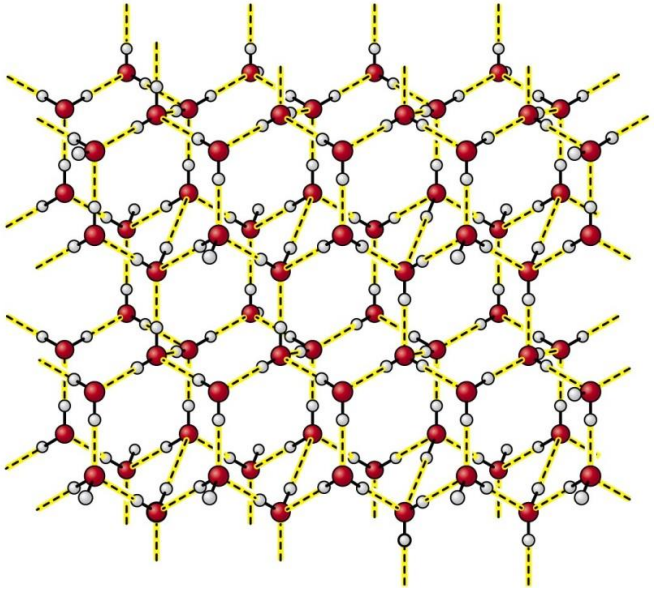
متوسط عمر الرابطة الهيدروجينية حوالي 10 بيكوثانية (10-11 ثا). وبالتالي في لحظة ما سيكون جزيء الماء مرتبط برابطة هيدروجينة واحدة أو اثنتين أو 3 أو 4 روابط أو دون أي رابطة.

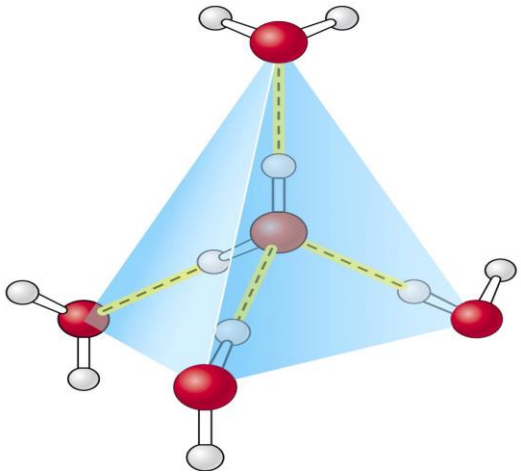
تنتج سيولة الماء السائل عن خاصية تذبذب الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء, نظراً لكون هذه الروابط في حالة تشكل وتحطم مستمرة

Ice water structure is highly ordered

❖يستطيع جزيء الماء الواحد تشكيل 4 روابط هيدروجينية مع 4 جزيئات ماء أخرى.

❖تعتبر الروابط الهيدروجينية المتواجدة بين جزيئات الماء المتجمد شديدة الانتظام, حيث يكون جزيء الماء مرتبطاً حكماً ب 4 روابط هيدروجينية مع 4 جزيئات ماء أخرى, مما سيشكل شبكة أشكال سداسية منتظمة **hexagonal lattice** ضمن بنيته.



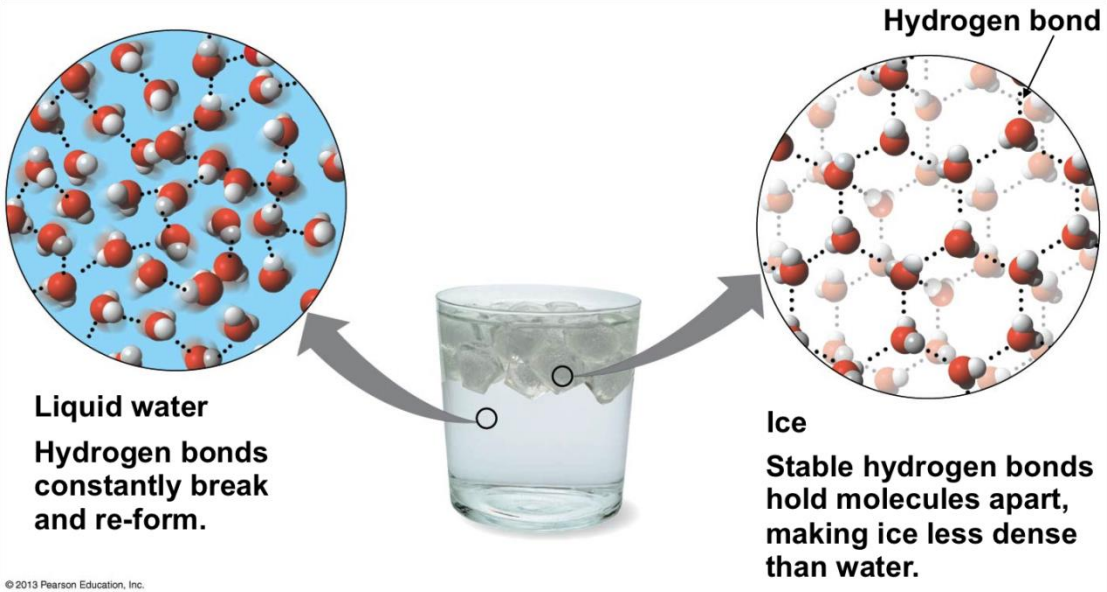


Structure of ice

2) Ice is less dense than liquid water:

- **يتمدد الماء وتقل كثافته عند التجمد.**

- تكون جزيئات الماء في الحالة السائلة في حالة حركة مستمرة مما يقربها من بعضها البعض, بينما تصبح هذه الجزيئات مقيدة الحركة ومتباعدة عن بعضها في الماء المتجمد نتيجة لتشكيلها روابط هيدروجينية فيما بينها.



As a result:

- **Ice floats.**
- **Water freezes from the top down.**

3) Specific heat of water is high:

- **الحرارة النوعية Specific heat (السعة الحرارية heat capacity):** كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة 1 غ من المادة بمقدار 1° C.

- **تعتبر الحرارة النوعية للماء عالية** بسبب قدرة جزيئات الماء على تشكيل روابط هيدروجينية، حيث يلزمنا حرارة كبيرة لتحطيم الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء لكي ترتفع حرارته.

Temperature fluctuations within cells are minimized, because of the abundance of water molecules within cells.

4) Heat of vaporization of water is high:

- **تعتبر حرارة التبخر للماء عالية** بسبب قدرة جزيئات الماء على تشكيل روابط هيدروجينية فيما بينها، حيث يلزمنا حرارة عالية من أجل تحطيم الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء لكي ينفصل أحدها عن الآخر ويتحول إلى الحالة البخارية.

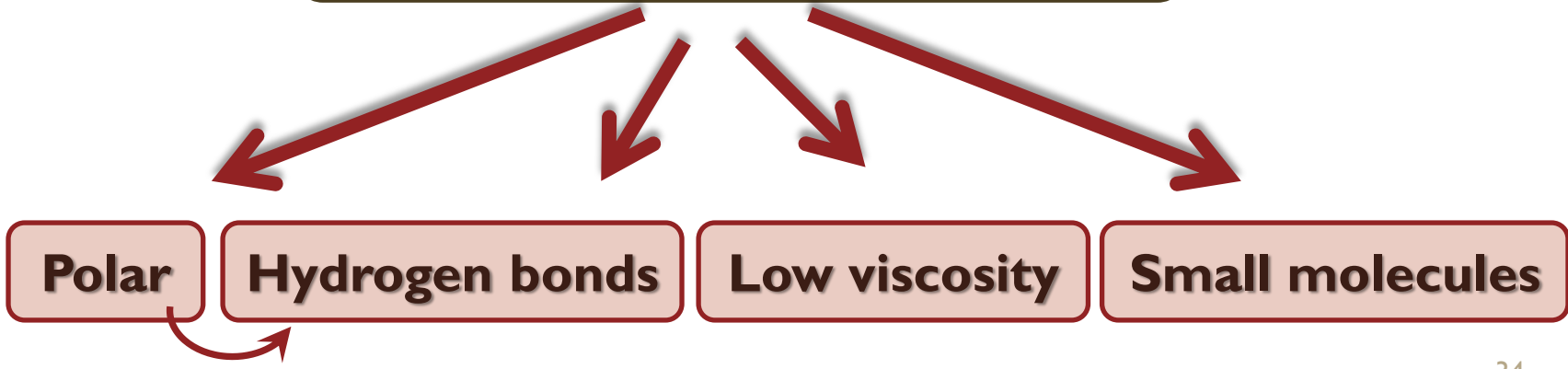
Because the evaporation of water absorbs so much heat, perspiration is an effective mechanism for decreasing body temperature.

Water is an excellent solvent

Like dissolves like

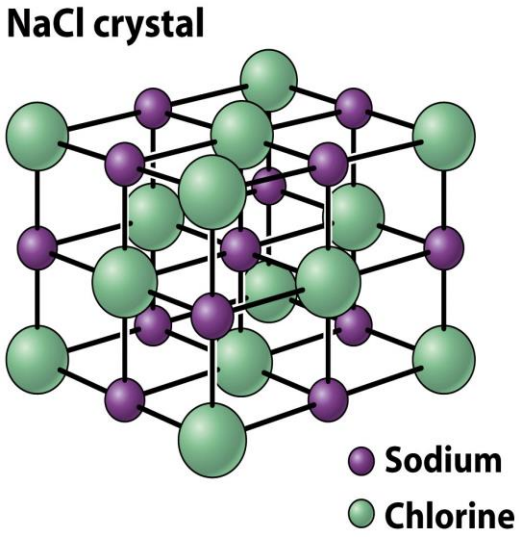
- نظراً لكون الماء **جزيء قطبي**، فهو يستطيع **حل المواد القطبية والشاردية**.
- تدعى المواد التي تنحل بسهولة في الماء **بالمواد المحبة للماء Hydrophilic**، بينما تدعى المواد التي لاتنحل بالماء **بالمواد الكارهه للماء Hydrophobic**.

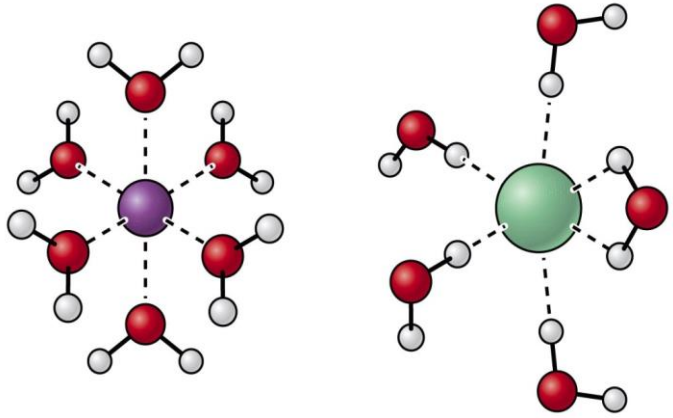
Physical properties that make water an excellent solvent



Water is an excellent solvent

- **Polar molecules** dissolve in water because water molecules can form **hydrogen bonds** with them.
- **Ions (electrolytes)** dissovle in water because **water molecules surround them** so that the negative oxygen atoms of water are oriented toward the **cations**, and the positive hydrogen atoms are oriented toward the **anions.**





Solvation sphere: The shell of water molecules that surround each ion.

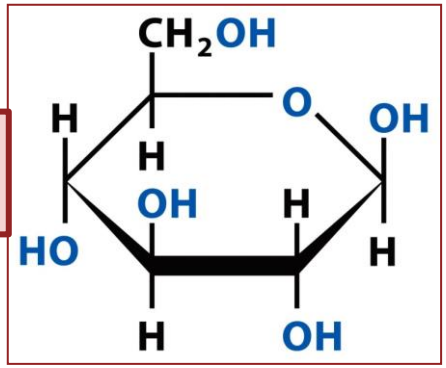
Water is an excellent solvent

- تعزى قدرة المركبات العضوية القطبية والمتشردة على الانحلال بالماء لزمرها القطبية، مثل: الكربوكسيلات, الأمينات, الكحولات, الألدهيدات, والكيتونات.

- **تعتمد انحلالية المركبات العضوية في الماء على:**

1) عدد الزمر القطبية للجزيء.
2) نسبة الجزء القطبي إلى الجزء اللاقطبي للجزيء.

6 polar groups of glucose

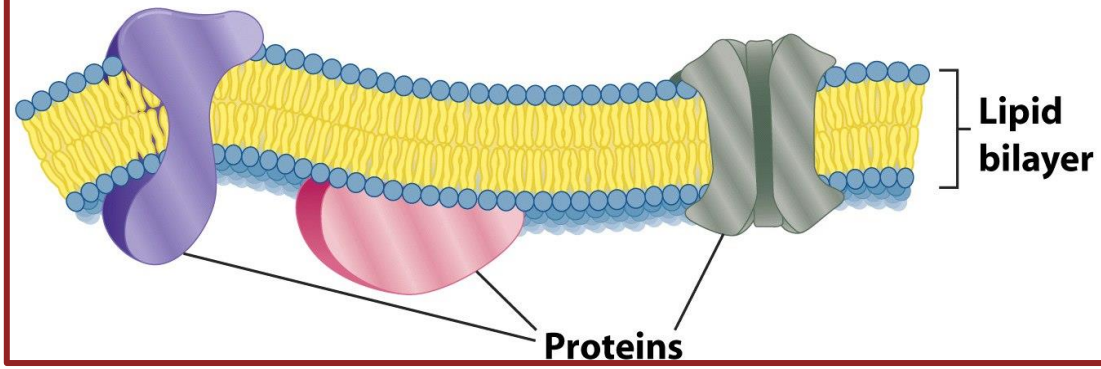


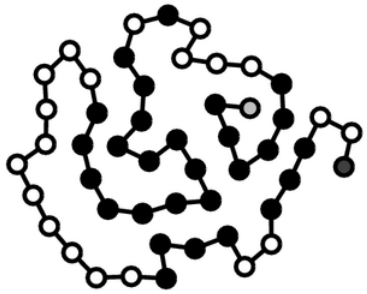
Solubilities of short-chain alcohols in water

Alcohol	Structure	Solubility in water (mol/100 g H_2O at 20°C)[a]
Methanol	CH_3OH	∞
Ethanol	CH_3CH_2OH	∞
Propanol	$CH_3(CH_2)_2OH$	∞
Butanol	$CH_3(CH_2)_3OH$	0.11
Pentanol	$CH_3(CH_2)_4OH$	0.030
Hexanol	$CH_3(CH_2)_5OH$	0.0058
Heptanol	$CH_3(CH_2)_6OH$	0.0008

المواد اللاقطبية Nonpolar غير حلولة في الماء (كارهه للماء)

- تعتبر المركبات الهيدروكربونية وغيرها من المواد اللاقطبية ضعيفة الانحلال جداً في الماء.
- يعود ذلك لميل جزيئات الماء إلى الارتباط ببعضها البعض بدلاً من الارتباط بجزيئات المواد اللاقطبية.
- **تدعى ظاهرة إقصاء المواد اللاقطبية من قبل الماء بالفعل الكاره للماء hydrophobic effect.**
- **من أمثلة الفعل الكاره للماء: عملية انطواء البروتينات folding of proteins، وعملية تجمع الفوسفوليبيدات في الأغشية الخلوية.**





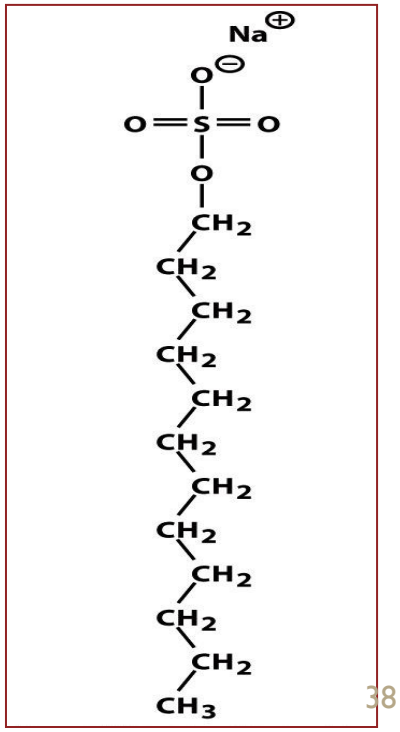
Protein folding

Amphipathic substances

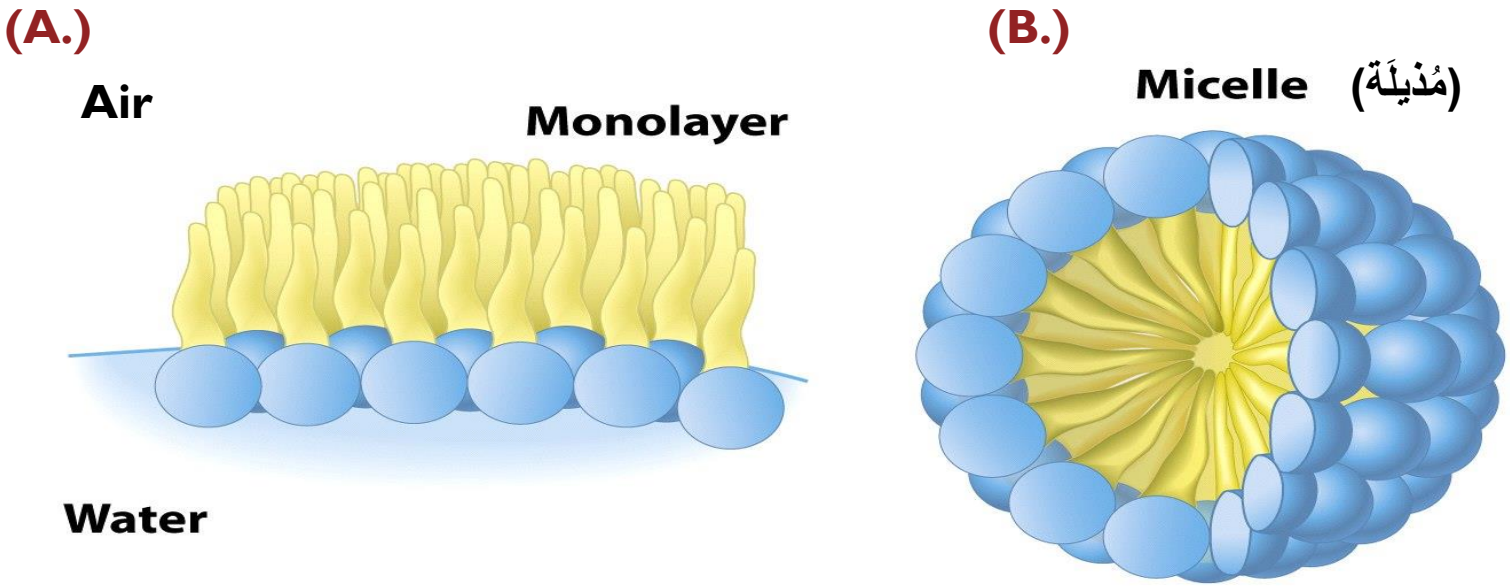
- **المركبات الأمفيياتية (تدعى أيضاً المنظفات detergents أو المواد الفعالة على السطح surfactants):** هي جزيئات تملك جزء محب للماء وجزء كاره للماء (polar and nonpolar).
- تملك هذه الجزيئات عادةً رأس قطبي أو شاردي وذيل هيدروكربوني طويل كاره للماء.

- **أمثلة:**

1. الفوسفوليبيدات الموجودة في أغشية الخلايا.
2. الأملاح الصفراوية المفرزة من الكبد والتي تلعب دورا هاماً في امتصاص المواد الدسمة في الأمعاء.
3. الصوابين مثل بالميتات الصوديوم.



Structures formed by detergents in water



A. Detergents can form **mono-layers** at the air–water interface.

B. Detergents also form **micelles**: Aggregates of detergent molecules in which the hydrocarbon tails associate in the water-free interior and the polar head groups are hydrated.