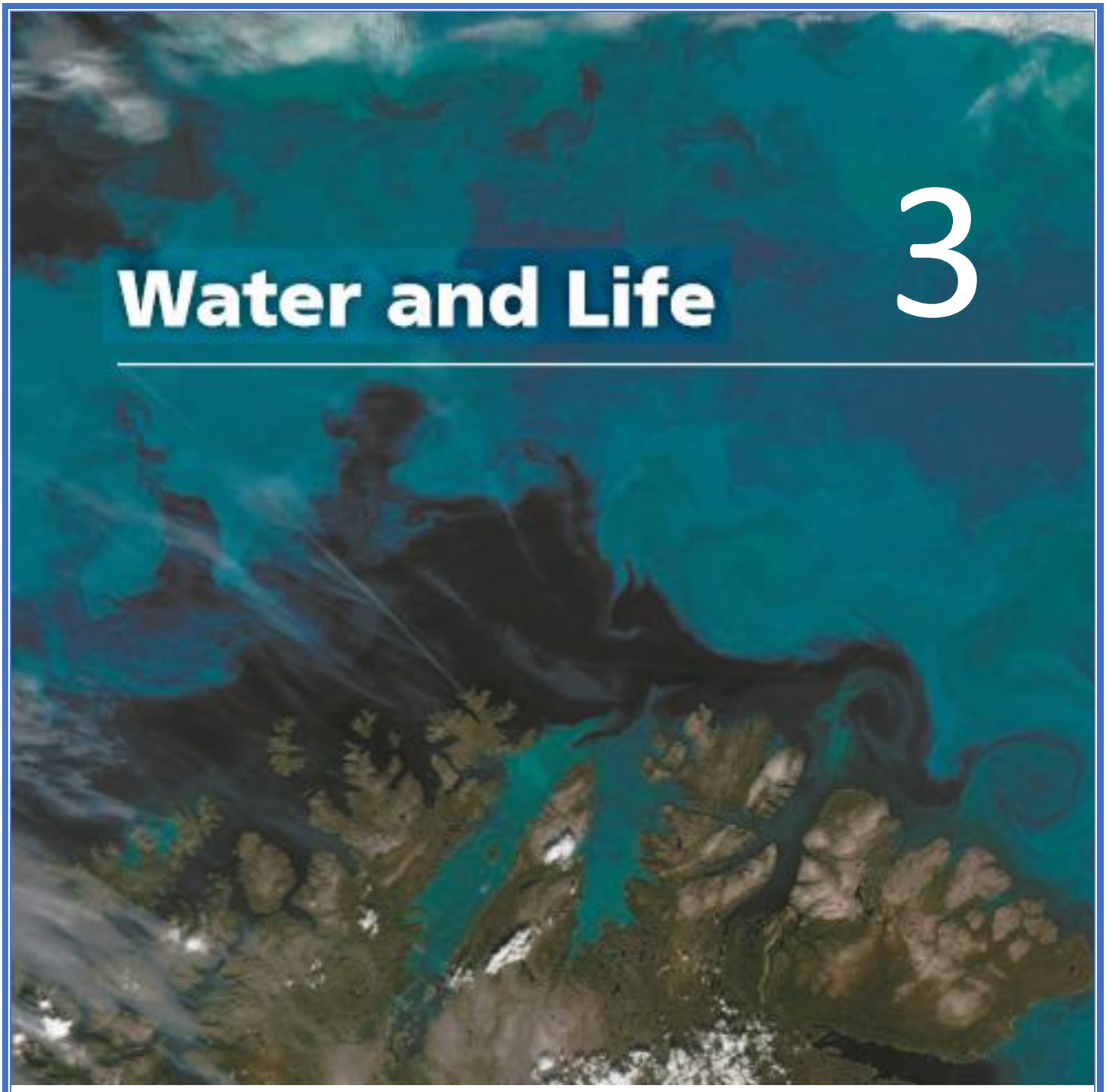


3 Water and Life

KEY CONCEPTS

3.1 Polar covalent bonds in water molecules result in hydrogen bonding

3.2 Four emergent properties of water contribute to Earth's suitability for life

➢ *Concept 3.1: Polar covalent bonds in water molecules result in hydrogen bonding*

- The water molecule is shaped like a wide V, it is composed of two hydrogen atoms and one oxygen atom. Each hydrogen atom is bonded to the oxygen via a **single covalent bond**.

- يتواجد جزيء الماء على شكل حرف V، يتكون من ذرتي هيدروجين وذرة اوكسجين. ترتبط كل من ذرتي الهيدروجين بذرة الأوكسجين **برابطة تساهمية أحادية.**

- Covalent bonds form when electrons are **shared** between atoms. Oxygen is **more electronegative** than hydrogen, so the electrons of the covalent bonds spend more time **closer** to oxygen than to hydrogen.

- تنشأ الرابطة التساهمية نتيجة **لمشاركة** الإلكترونات بين الذرات. الأكسجين **أكثر كهرسلبية** من الهيدروجين ، لذلك تقضي إلكترونات الرابطة التساهمية وقتًا بالقرب من ذرة الأكسجين أكثر من ذرة الهيدروجين.

- Because of the **unequal sharing** of electrons; **polar** covalent bonds form within the water molecule between the oxygen atom and the hydrogen atom.

- نتيجة **للتوزيع غير المتكافئ** للإلكترونات ؛ تتشكل روابط تساهمية **قطبية** في جزيء الماء بين ذرة الأكسجين وذرة الهيدروجين.

- What makes the water molecule **polar**?
1. **Unequal sharing** of electrons.
2. It's V shape.

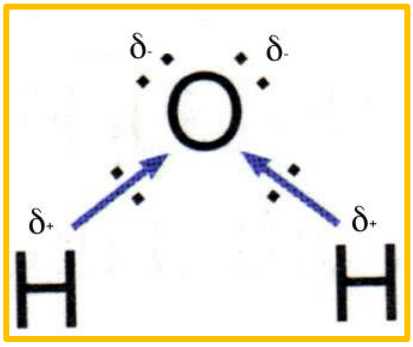
- ما الذي يجعل جزيء الماء **قطبياً** ؟
1. **التوزيع غير المتكافئ** للإلكترونات.
2. شكل جزي الماء "V".

- In water, the oxygen region of the molecule has a **partial negative charge** (δ-), and each hydrogen has a **partial positive charge** (δ+).

- في جزيء الماء، تمتلك ذرة الأكسجين **شحنة جزئية سالبة** (δ-)، وتمتلك كل من ذرتي الهيدروجين **شحنة جزئية موجبة**(δ+) .

- Notice that the oxygen atom has **two** regions of **partial negative** charges. Each region can form a bond with **a partial positive region** in **another** water molecule.

- لاحظ أن ذرة الأكسجين تمتلك **منطقتين** ذوات **شحنة جزئية سالبة**. كل منطقة يمكنها الإرتباط بمنطقة **ذو شحنة جزئية موجبة** لجزيء ماء **آخر**.



- Notice that each hydrogen atom has **one** region of **partial positive charge**. Each region can form a bond with **a partial negative** region in **another** water molecule.

- لاحظ أن كل ذرة هيدروجين تمتلك منطقة واحدة ذات شحنة جزئية موجبة. كل منطقة يمكنها تكوين رابطة مع منطقة ذات شحنة جزئية سالبة في جزيء ماء آخر.

- The bond that's formed between **two** water molecules is a **hydrogen bond.**

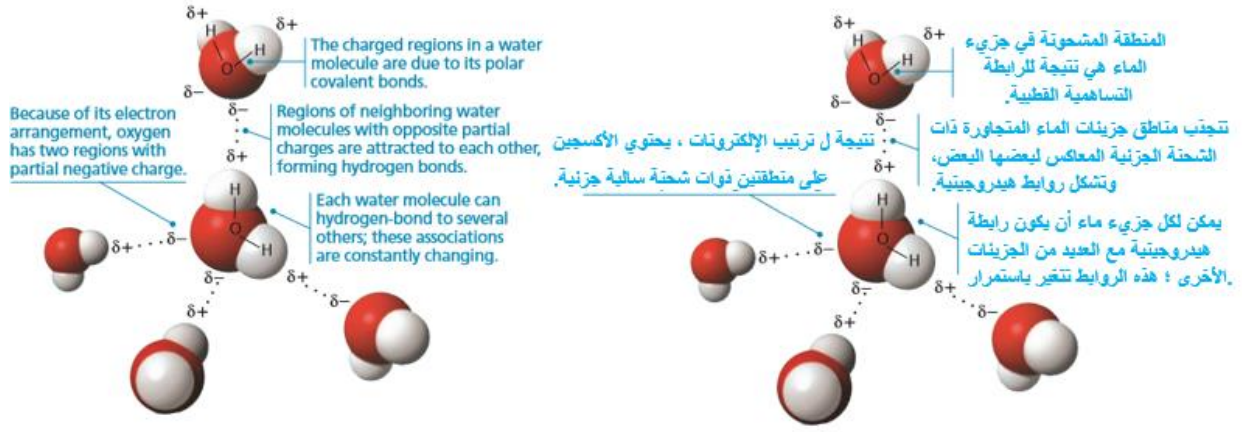
- نوع الرابطة المتكونة بين جزيئي ماء رابطة هيدروجينية.
- Since the oxygen atom in water can form **two** hydrogen bonds, and **each** hydrogen atom can form **one** hydrogen bond → each water molecule can form **hydrogen** bonds with **4** water molecules.

- بما أن ذرة أكسجين في الماء يمكنها تكوين **رابطتين** هيدروجينية، وكل ذرة هيدروجين يمكنها تكوين رابطة هيدروجينية **واحدة** ← كل جزيء ماء يمكنه تكوين **روابط هيدروجينية** مع **4** جزيئات ماء.

- **Remember!** The bond between oxygen and hydrogen within the **same** water molecule is a **single covalent bond**.

- **تذكر!** نوع الرابطة بين الأكسجين والهيدروجين في نفس جزيء الماء هي رابطة تساهمية أحادية.
- The bond between the oxygen atom of one water molecule and the hydrogen atom of another water molecule is a **hydrogen bond**. In order for water to **evaporate**, hydrogen bonds must **break**.

- نوع الرابطة بين ذرة الأكسجين لجزي ماء وذرة الهيدروجين لجزيء ماء آخر **رابطة هيدروجينية.** لكي **يتبخر** الماء، يلزم **تكسير** الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته.



- When water is in its liquid form, its hydrogen bonds are very fragile, each only about $\frac{1}{20}$ as strong as a covalent bond.
- عندما يكون الماء في الحالة السائلة، تكون الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته ضعيفة بحيث تبلغ قوة كل منها $\frac{1}{20}$ من قوة الرابطة التساهمية.

- The hydrogen bonds form, break, and re-form with great frequancy.
- تتشكل الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء وتتكسر بمعدلات عالية.

- The extraordinary properties of water emerge from this hydrogen bonding, which organizes water molecules into a higher level of structural order.

- تبرز الخصائص الاستثنائية للماء من الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته ، التي تجعل جزيئات الماء في مستوى عالي من النظام الهيكلي.

➢ *Concept 3.2: Four emergent properties of water contribute to Earth's suitability for life*

- There are four emergent properties of water that contribute to Earth's suitability for life:
- هنالك أربع خصائص ناشئة للماء تساهم في جعل سطح الأرض ملائم للحياة:

1. Cohesive behavior.
2. Ability to moderate temperature.
3. Expansion upon freezing.
4. Versatility as a solvent.

1. السلوك المتماسك.
2. القدرة على تعديل درجات الحرارة.
3. التمدد عن التجمد.
4. مذيب متنوع للكثير من المواد.

I. Cohesion of Water Molecules تماسك جزيئات الماء

- Water molecules stay close to each other as a result of **hydrogen bonding**.
- تبقى جزيئات الماء قريبة من بعضها البعض نتيجة **للروابط الهيدروجية** بينها.

- **Hydrogen bonds** make water **more** structured than most other liquids.
- تجعل **الروابط الهيدروجينية** الماء **أكثر تنظيماً** من معظم السوائل الأخرى.

- **Cohesion** phenomenon: the **hydrogen** bonds **hold** the substance together.
- ظاهرة **التماسك** : تماسك جزيئات المادة بعضها ببعض نتيجة **للروابط الهيدروجينية.**

- Cohesion due to hydrogen bonding contributes to the **transport** of water and dissolved nutrients **against gravity** in **plants.** ↑
- يساهم التماسك الناتج عن الروابط الهيدروجينية في نقل الماء والمواد المغذية الذائبة فيه في النباتات بعكس اتجاه الجاذبية الأرضية. ↑

- Water from the roots reaches the leaves through a network of **water-conducting cells.**
- يصل الماء من الجذور إلى السيقان من خلال **شبكة من الخلايا** الموصلة للمياه يطلق عليها اسم **conducting cells.**

- When water **evaporates** from leaves, these conducting cells pull water from the roots to the leaves to **compensate** lost water.
- عندما **يتبخر** الماء من الأوراق، هذه الخلايا تقوم بسحب المياه من الجذور إلى الأوراق **لتعويض** الماء المفقود نتيجة التبخر.
- **Adhesion**: the clinging of one substance to **another** substance.
- **التلاصق**: التصاق جزيئات مادتين **مختلفتين** ببعضهما البعض.

- **Adhesion** also plays a role in the transport of water in plants **against** gravity.
- يلعب **التلاصق** أيضاً دوراً في نقل الماء في النباتات **بعكس اتجاه الجاذبية الأرضية**.

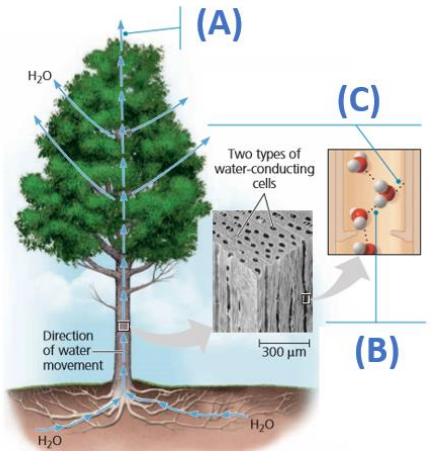
How?

- **Adhesion** of **water** by **hydrogen bonds** to the molecules of **cell walls** helps **counter** the downward pull of gravity.
- يساعد **تلاصق** جزيئات **الماء مع الجدار الخلوي** للنبات بواسطة **روابط هيدروجينية** في **مقاومة** قوة سحب الجاذبية نحو الأسفل.

كيف؟

➢ **In summary:**

- Evaporation from leaves pulls water upward from the roots through water-conducting cells. **(A)**
- تبخر الماء من الأوراق يسحب الماء لأعلى من الجذور عبر الخلايا الموصلة للماء.
- Cohesion and Adhesion are due to hydrogen bonds.
- سبب ظاهرة التماسك والتلاصق الروابط الهيدروجينية.
- Cohesion occurs between water molecules. It helps hold together the column of water within the cells. **(B)**
- تحدث خاصية التماسك بين جزيئات الماء نفسها، مما يساعد على جمع عمود الماء وبقاءه متصلاً داخل الخلايا المسؤولة عن نقل الماء من الجذور إلى الأوراق.
- Adhesion occurs between water molecules and cell walls. It helps resist the downward pull of gravity. **(C)**
- تحدث خاصية التلاصق بين جزيئات الماء والجدار الخلوي للخلايا النباتية مما يساعد على مقاومة قوة سحب الجاذبية للماء إلى الأسفل وبالتالي نقله عكس اتجاهها (للأعلى).



- Related to **cohesion** is **surface tension**, a measure of how **difficult** it is to **stretch** or break the **surface** of a liquid.
- من الظواهر التي تتعلق بخاصية **التماسك** هي ظاهرة **التوتر السطحي** وهي مقياس لمعرفة مدى **صعوبة اختراق** سطح سائل ما.

- At the **interface** between water and air is an ordered arrangement of water molecules, hydrogen-bonded to one another and to the water below, but not to the air above. That's the reason behind surface tension.
- على السطح الفاصل بين الماء و الهواء ترتبط جزيئات الماء ببعضها البعض بروابط هيدروجينية كما ترتبط بجزيئات الماء التي أسفلها ولكنها لا ترتبط بجزيئات الهواء الأعلى منها. هذا هو السبب وراء ظاهرة التوتر السطحي.

- **Examples** related to surface tensions:

- When you overfill a cup of water, the water will stand above the rim.
- عند ملء كوب من الماء حتى يفيض، سوف يقف الماء فوق الحافة.
- Spiders can walk across a pond without breaking the surface.
- يستطيع العنكبوت عبور سطح بحيرة دون أن يخترق سطح الماء.

II. Moderation of Temperature by Water تعديل درجة الحرارة بواسطة الماء

- Water moderates air temperature by absorbing heat from air that is warmer and releasing the stored heat to air that is cooler.
- يستطيع الماء تعديل درجة حرارة الهواء من خلال امتصاص الحرارة الساخنة من الهواء الأكثر دفئاً من الماء وإطلاق الحرارة المخزنة في الماء إلى الهواء الأكثر برودة منه.

- Water is effective as a heat bank because it can absorb or release a relatively large amount of heat with only a slight change in its own temperature.
- يعتبر الماء بنكاً حرارياً فعالاً وذلك بسبب قدرته على امتصاص أو إطلاق كميات كبيرة من الحرارة مع حدوث تغيير طفيف في درجة حرارته.

Temperature and Heat

- Kinetic energy: the energy of motion. Anything that moves has kinetic energy.
- الطاقة الحركية : الطاقة التي تمتلكها الأجسام المتحركة. أي جسم متحرك يمتلك طاقة حركية.

- The faster a molecule moves, the greater its kinetic energy.
- كلما تحرك الجسم بشكل أسرع، زادت طاقته الحركية.

- Thermal energy: the kinetic energy associated with the random movement of atoms or molecules.
- الطاقة الحرارية: الطاقة الحركية المرتبطة بالحركة العشوائية للذرات أو الجزيئات.

- Thermal energy is related to temperature, but they are not the same thing.
- ترتبط الطاقة الحرارية بدرجة الحرارة ولكنهما ليسا نفس الشيء.

? What's the **difference** between thermal energy and temperature? (الفرق)

- Temperature represents the **average** kinetic energy of the molecules in a body of matter, **regardless** of volume, whereas the thermal energy of a body of matter reflects the **total** kinetic energy, and thus **depends** on the matter's **volume**.
- تمثل درجة الحرارة **متوسط** الطاقة الحركية للجزيئات في جسم المادة ، **بغض النظر عن الحجم** ، في حين أن الطاقة الحرارية لجسم المادة تعكس **إجمالي** الطاقة الحركية ، وبالتالي **تعتمد على حجم المادة.**

- Whenever two objects of different temperature are brought together, thermal energy passes from the warmer to the cooler object until the two are the same temperature.
- عندما يتم جمع جسمين لهم درجات حرارة مختلفة معًا ، تنتقل الطاقة الحرارية من الجسم الأكثر دفئًا إلى الجسم الأكثر برودة حتى يصبح لكلاهما نفس درجة الحرارة.

- Molecules in the cooler object speed up at the expense of the thermal energy of the warmer object.
- تتحرك الجزيئات في الجسم الأكثر برودة بشكل أسرع على حساب الطاقة الحرارية للأجسام الأكثر دفئاً.

- An ice cube cools a drink not by adding coldness to the liquid, but by absorbing thermal energy from the liquid as the ice itself melts.
- يقوم مكعب الثلج تبريد المشروبات ليس من خلال إضافة برودة لها بل من خلال امتصاص الطاقة الحرارية منها مما يتسبب في ذوبان مكعب الثلج نفسه. (درجة حرارة المكعب تزاداد بينما درجة حرارة المشروب تقل).

- Heat: thermal energy in the transfer from one body of matter to another. It has the unit of **Cal.**
- الحرارة (Heat) : الطاقة الحرارية المنتقلة من جسم مادة إلى جسم مادة أخرى. تقاس بوحدة الكالوري **Cal**.

- Calorie **(Cal)**: the amount of heat it takes to **raise** the temperature of **1 g** of water by **1°C OR** the amount of heat that **1 g** of water **releases** when it **cools** by **1°C**.
- الكالوري : هي كمية الحرارة التي يجب أن يمتصها غرام واحد من الماء لرفع درجة حرارته بمقدار درجة سلسيوس واحدة ، أو تعبر عن كمية الحرارة التي يجب أن يفقدها غرام واحد من الماء لخفض درجة حرارته بمقدار درجة سلسيوس واحدة.

- A kilocalorie (kcal = 1,000 cal): is the quantity of heat required to raise the temperature of 1 kilogram (kg) of water by 1°C.
- الكيلو كالوري (= ١٠٠٠ كالوري) :تمثل كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة كيلوغرام واحد من الماء بمقدار درجة سليوسية واحدة.

- Another energy unit used for heat is the joule (J).
- من وحدات الحرارة المستخدة أيضاً الجول.

1 joule = 0.239 cal.

1calorie = 4.184 J.

- **Water's High Specific Heat**

- The ability of water to stabilize temperature stems from its relatively high specific heat.
- تنبع قدرة الماء على تثبيت درجة الحرارة من الحرارة النوعية العالية نسبياً للماء.

- The **specific heat** of a substance: the amount of heat that must be absorbed or lost for 1 g of that substance to change its temperature by 1°C.

- **الحرارة النوعية** للمادة: كمية الحرارة التي يجب أن تمتصها المادة أو تفقدها لتغير درجة حرارتها بمقدار درجة سليوسية واحدة.

- The specific heat of water = 1 calorie per gram and per degree Celsius $\frac{\text{Cal}}{\text{g.°C}}$.

- Because of the high specific heat of water relative to other materials, water will change its temperature less than other liquids when it absorbs or loses a given amount of heat.

- بسبب امتلاك الماء حرارة نوعية مرتفعة بالنسبة لباقي المواد، فإن درجة حرارته سترتفع أو تنخفض بمعدل أقل من المواد الأخرى عند امتصاصه أو إطلاقه لنفس كمية الحرارة.

- The specific heat of water is ten times greater than that of iron. In other words, the same amount of heat will raise the temperature of 1 g of the iron much **faster** than it will raise the temperature of 1 g of the water.

- الحرارة النوعية للماء تعادل عشر أضعاف الحرارة النوعية للحديد ، أي أن نفس كمية الحرارة ستعمل على رفع درجة حرارة غرام واحد من الحديد بمعدل **أسرع** من رفع درجة حرارة غرام واحد من الماء.

- Specific heat is a measure of how well a substance resists changing its temperature when it absorbs or releases heat.

- الحرارة النوعية هي مقياس لقدرة المادة على مقاومة التغير في درجة حرارتها عند امتصاصها أو فقدانها للحرارة.

- Water resists changing its temperature; when it does change its temperature, it absorbs or loses a relatively large quantity of heat for each degree of change.

- يقاوم الماء التغير في درجة الحرارة، لكي يحدث تغيير في درجة حرارته يجب أن يمتص أو يفقد كمية كبيرة نسبياً من الحرارة لتغيير درجة واحدة (سواء ارتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة).

- The reason that water has high specific heat is hydrogen bonds.
- سبب امتلاك الماء حرارة نوعية عالية هو الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته.

- Heat must be absorbed in order to break hydrogen bonds and must be released when hydrogen bonds form.
- يجب أن تمتص الحرارة لكسر الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات ، في حين عند تكوين الروابط الهيدروجينية فإن الحرارة تطلق.

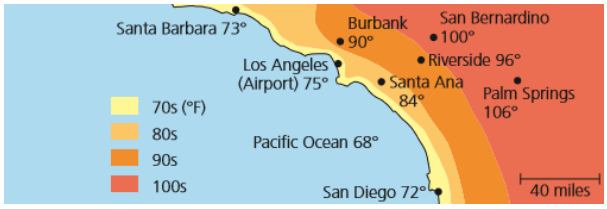
- A calorie of heat causes a relatively small change in the temperature of water because much of the heat is used to disrupt hydrogen bonds before the water molecules can begin moving faster.
- يُسبب كالوري واحد من الحرارة تغير صغير نسبي في درجات الحرارة للماء وذلك لأن معظم هذه الحرارة ستستخدم في تكسير الروابط الهيدروجينية قبل أن تبدأ جزيئات الماء الحركة بسرعة، هكذا يقاوم الماء الارتفاع في درجة الحرارة.

- When the temperature of water drops slightly, many additional hydrogen bonds form, releasing a considerable amount of energy in the form of heat.
- عند انخفاض درجة الماء تدريجياً، ستتشكل العديد من الروابط الهيدروجينية الإضافية مما يؤدي إلى إطلاق كميات كبيرة من الطاقة على شكل حرارة، هكذا يقاوم الماء الانخفاض في درجة الحرارة.

- What is the relevance of water's high specific heat to life on Earth?
- ما أهمية الحرارة النوعية العالية للماء للحياة على سطح الأرض؟ (فهم)

1. A large body of water can absorb and store a huge amount of heat from the sun in the daytime and during summer while warming up only a few degrees. At night and during winter, the gradually cooling water can warm the air. This capability of water serves to moderate air temperatures in coastal areas.

- تستطيع الأجسام المائية الكبيرة امتصاص وتخزين كميات كبيرة من الحرارة من الشمس أثناء الصيف والنهار مما يؤدي إلى تسخنيها بمقدار بضع درجات ، في الليل و الشتاء يبرد الماء تدريجية فيسخن الهواء، وبالتالي فإن قدرة الماء هذه تساعد في تعديل درجات حرارة الماء في المناطق الساحلية.



2. The high specific heat of water also tends to **stabilize** ocean temperatures, creating a **favorable** environment for marine life.
- تساهم الحرارة النوعية المرتفعة للماء في **استقرار** درجة حرارة المحيطات مما يوفر بيئة **مناسبة** للحياة البحرية.

3. Because organisms are made primarily of water, they are better able to resist changes in their own temperature than if they were made of a liquid with a lower specific heat.
- بما أن تركيب أجسام الكائنات الحية عبارة عن ماء ، بالتالي فإنها تستطيع مقاومة التغير في درجات حرارتها بشكل أكبر فيما لو كانت مكونة من سائل آخر ذو حرارة نوعية أقل.

- **Evaporate Cooling**

- Molecules of any liquid stay close together because they are attracted to one another.
- تبقى جزيئات أي سائل قريبة من بعضها البعض بسبب قوة التجاذب بينها.

- Molecules moving **fast** enough to **overcome** these attractions can **depart** the liquid and enter the air as a gas (vapor).
- عندما تتحرك جزيئات الماء **بسرعة كبيرة** بحيث تصبح قادرة على **التغلب** على الروابط بينها ، تغادر هذه الجزيئات السائل إلى الهواءعلى شكل غاز (بخار).

- This transformation from a **liquid** to **gas** is called **vaporization**, or **evaporation**.
- تسمى عملية التحول من الحالة **السائلة** إلى الحالة **الغازية** ب "التبخر".

- High temperature isn't necessary for the liquid to evaporate. Even at **low** temperatures, the speediest molecules can escape into the air. High
- درجة الحرارة المرتفعة ليست شرطاً لحدوث عملية التبخر. حتى عند درجات الحرارة المنخفضة، تستطيع جزيئات السائل الأسرع مغادرة سطح السائل إلى الهواء .

- If a liquid is heated, the average kinetic energy of molecules increases and the liquid evaporates more rapidly.
- لكن عند تسخين السائل ، يزداد معدل الطاقة الحركية للجزيئات فيتبخر بشكل أسرع.

- Recall that the speed of molecular movement varies and that temperature is the **average** kinetic energy of molecules.
- Heat of vaporization: the quantity of heat a liquid must absorb for 1 g of it to be converted from the liquid to the gaseous state.
- حرارة التبخر : كمية الحرارة التي يجب على 1 غرام من السائل امتصاصها لكي يتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.

- Due to hydrogen bonds, water also has a relatively high heat of vaporization.
- بسبب الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته، يمتلك الماء أيضاً حرارة تبخر عالة نسبياً.

- Hydrogen bonds must be broken before the molecules can exit from the liquid in the form of water vapor.
- يجب كسر هذه الروابط حتى تستطيع جزيئات الماء المغادرة على شكل بخار ماء.

- To evaporate 1 g of water at 25°C, about 580 cal of heat is needed which is double the amount needed to vaporize a gram of alcohol or ammonia.
- لتبخير غرام واحد فقط من الماء عند درجة حرارة 25س، فإننا بحاجة 580 كالوري من الحرارة، أي ضعف الكمية التي نحتاجها لتبخير نفس الكمية من الكحول أو الأمونيا.

- The effects of water's high heat of vaporization: أثر حرارة التبخر العالية للماء (فهم)

1. On a global scale, for example, it helps moderate Earth's climate. A considerable amount of solar heat absorbed by tropical seas is consumed during the evaporation of surface water. Then, as moist tropical air circulates pole ward, it releases heat as it condenses and forms rain.
- على المستوى العالمي، تساعد حرارة التبخير العالية للماء في تعديل مناخ الأرض.
2. On an organismal level, water's high heat of vaporization accounts for the severity of steam burns. These burns are caused by the heat energy released when steam condenses into liquid on the skin.
- على مستوى الكائنات الحية، تساهم حرارة التبخير العالية في شدة حروق البخار وهي الحروق التي تنتج من الطاقة الحرارية التي تنتج عندما يتكاثف البخار إلى ماء على سطح الجلد.
3. Evaporative cooling of water contributes to the stability of temperature in lakes and ponds and also provides a mechanism that prevents terrestrial organisms from overheating.
- تساهم أيضا في استقرار درجات الحرارة في كل من البحيرات والبرك، كما توفر آلية لحماية الكائنات الأرضية من الحرارة الزائدة.

- For example, evaporation of water from the leaves of a plant helps keeps the tissues in the leaves from becoming too warm in the sunlight.
- على سبيل المثال، يؤدي تبخر الماء من الأوراق إلى حماية الأنسجة فيها من الحرارة الزائدة بفعل الشمس.

- Evaporation of sweat from human skin dissipates body heat and helps prevent over heating on a hot day or when excess heat is generated by strenuous activity.
- يؤدي تبخر العرق من جلد الإنسان إلى تبدد الحرارة وبالتالي منع الحرارة الزائدة أثناء الأيام الحارة أو حتى عندما تتولد الحرارة بفعل الأنشطة المرهقة (ممارسة الرياضة).

III. Floating of Ice on Liquid Water (Expansion upon freezing)

- Water is one of the few substances that are less dense as a solid than as a liquid. In other words, ice floats on liquid water.
- الماء هو واحد من المواد القليلة التي تكون كثافتها كمادة صلبة أقل منها كسائل. بمعنى آخر ، الثلج يطفو على الماء السائل.

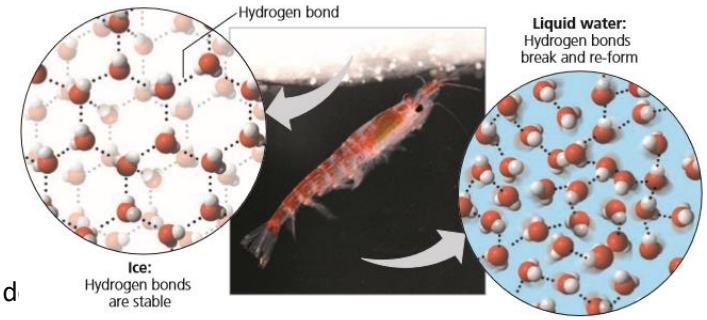
- While other materials contract and become denser when they solidify, water expands and becomes less dense.
- بينما تتقلص المواد الأخرى وتصبح أكثر كثافة عندما تتجمد يتمدد الماء ويصبح أقل كثافة.

- Water expands and becomes less dense when it solidifies due to hydrogen bonds.
- يتمدد الماء ويصبح أقل كثافة عندما يتجمد بسبب الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته.

- At temperatures above 4°C, water behaves like other liquids, expanding as it warms and contracting as it cools.
- عند درجات حرارة أعلى من 4 سليسوس، يتصرف الماء كغيره من السوائل حيث يتمدد بالحرارة ويتقلص بالبرودة.

- As the temperature falls from 4°C to 0°C, water begins to freeze because more and more of its molecules are moving too slowly to break hydrogen bonds.
- عندما تنخفض درجة الحرارة من أربعة إلى صفر درجة ، يبدأ الماء بالتجمد وذلك لأن الجزيئات تبدأ بالحركة بشكل أبطأ وبالتالي لا تنكسر الروابط الهيدروجينية.

- ✓ At 0°C, the molecules become locked into a crystalline lattice, each water molecule can hydrogen bonded to four partners.
- عند درجة حرارة صفر ، تتجمع جزيئات الماء على شكل شبكة بلورية بحيث يرتبط كل جزيء مع 4 جزيئات أخرى.



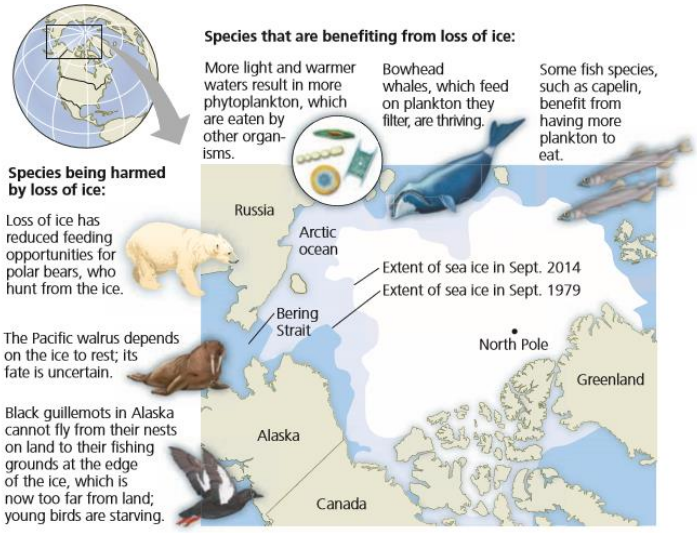
- Ice is about 10 % less d
- كثافة الثلج أقل ب 10 ٪ س [illegible] درجات سويه.

- When ice absorbs enough heat for its temperature to rise above 0°C, hydrogen bonds between molecules are disrupted. As the crystal collapses, the ice melts and molecules have fewer hydrogen bonds, allowing them to slip closer together.
- عندما يمتص الثلج كمية كافية من الحرارة لرفع درجة حرارته عن الصفر المئوي تنكسر الروابط الهيدروجينية ، وبمجرد انهيار التركيب البلوري يذوب الثلج ويصبح عدد الروابط الهيدروجينية بين الجزيئات أقل مما يؤدي إلى انزلاق جزيئات الماء بجانب بعضها البعض.

- Water reaches its greatest density at 4°C and then begins to expand as the molecules move faster.
- يصل الماء إلى أعلى كثافة له عند درجة حرارة 4 درجات سليوسية ثم يبدأ بالتمدد مع استمرار ارتفاع درجة الحرارة عندما تصبح الجزيئات تتحرك بسرعة أكبر.

- The ability of ice to float due to its lower density is an important factor in the suitability of the environment for life. If ice sank, then eventually all ponds, lakes, and even oceans would freeze solid, making life as we know it impossible on Earth.
- إن قدرة الثلج على الطفو بسبب كثافته المنخفضة من العوامل المهمة الملائمة البيئات للحياة ، لو كان الثلج يغرق في الماء سيؤدي ذلك في النهاية إلى تجمد جميع البرك و البحيرات وحتى المحيطات وبالتالي تصبح الحياة مستحيلة على الأرض.

- During summer, only the upper few inches of the ocean would thaw. Instead, when a deep body of water cools, the floating ice insulates the liquid water below, preventing it from freezing and allowing life to exist under the frozen surface.
- خلال فصل الصيف ، سيتم ذوبان البوصات العلوية القليلة فقط من المحيط (مساحة قليلة)، فعندما يبرد جسم عميق من الماء ، يعزل الجليد العائم الماء السائل أدناه ، ويمنعه من التجمد ويسمح للحياة بالعيش تحت السطح المتجمد.



IV. Water: The Solvent of Life (Versatility as a solvent)

- Solution: liquid that is a completely homogeneous mixture of two or more substances.
- المحلول: سائل يتكون من مزيج متجانس من مادتين أو أكثر.

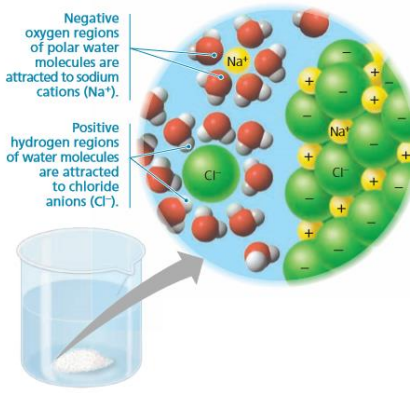
- Solution (المحلول)= Solvent (المذيب) + Solute (المذاب).

- The **dissolving agent** of a solution is the **solvent**, and the substance that is **dissolved** is the **solute**.
- عامل الإذابة في المحلول هو المذيب ، والمادة المذابة هي المذاب.

- An aqueous solution is one in which the solute is dissolved in water; water is the solvent.
- المحلول المائي: هو المحلول الذي يكون فيه المذيب هو الماء.

- Due to the polarity of water, it is a very versatile solvent.
- بسبب قطبية الماء، يعتبر الماء مذيب متنوع للعديد من المواد.

- Suppose, for example, that a spoonful of table salt, the ionic compound sodium chloride (NaCl), is placed in water (Figure below). At the surface of each crystal of salt, the sodium and chloride ions are exposed to the solvent. These ions and regions of the water molecules are attracted to each other due to their opposite charges. The oxygens of the water molecules have regions of partial negative charge that are attracted to sodium cations. The hydrogen regions are partially positively charged and are attracted to chloride anions. As a result, water molecules surround the individual sodium and chloride ions, separating and shielding them from one another.

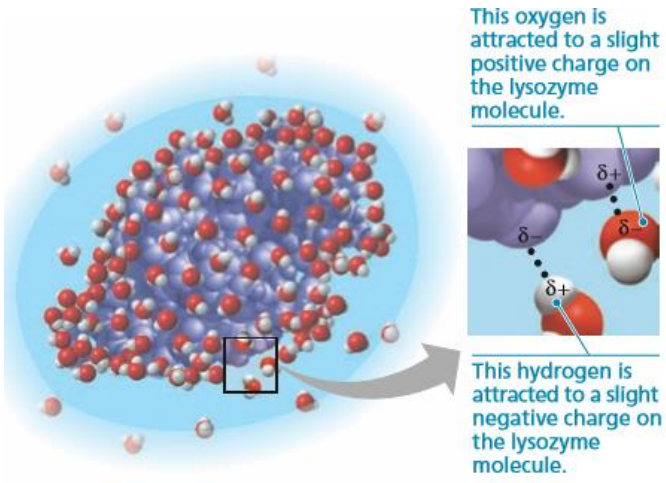


- عند إذابة ملعقة من ملح الطعام NaCl في كأس من الماء ، يتفكك الملح إلى أيون الصوديوم الموجب Na^+ وأيون الكلور السالب (Cl-) ، بحيث تنجذب جزيئات الأكسجين السالبة للصوديوم الموجب ، في حين أن أيونات الهيدروجين الموجبة تنجذب نحوالكلور .نتيجة ذلك: نلاحظ أن جزيئات الماء تحيط بكل جزيء NaCl بشكل تام وتفصلها عن بعضها البعض.

- The sphere of water molecules around each dissolved ion is called a hydration shell.
- تسمى ظاهرة إحاطة الماء بكل أيون مذاب ب hydration shell.

- Hydration shell: water molecules surround the individual dissolved ions, separating and shielding them from one another OR it is the sphere of water molecules around each dissolved ion.
- Hydration shell: جزيئات الماء تحيط بكل أيون مذاب، فاصلةً الأيونات الذائبة عن بعضها البعض، هي ظاهرة احاطة الماء بكل أيون مذاب.

- Human lysozyme is a protein found in tears and saliva that has antibacterial action (see Figure below). This model shows the lysozyme molecule (purple) in an aqueous environment. Ionic and polar regions on the protein's surface attract the partially charged regions on water molecules.



- Many different kinds of polar compounds are dissolved (along with ions) in water.
  - Water is the solvent of life.

A compound does not need to be ionic to dissolve in water; many compounds are made up of non-ionic polar molecules, such as sugar.
ليس بالضرورة أن يكون الجزيء أيونياً حتى يذوب في الماء، حيث أن هناك العديد من المركبات المكونة مثل جزيئات قطبية غير أيونية يمكنها الذوبان في الماء مثل السكر.

- يوضح الشكل الآتي ذوبان أحد البروتينات والذي يسمى lysozyme في الماء ، حيث تنجذب المناطق الموجبة منه نحو الأكسجين السالب في الماء كما تنجذب المناطق السالبة نحو الهيدروجين الموجب.

Even molecules as large as proteins can dissolve in water if they have ionic and polar regions on their surface.
تستطيع حتى الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات الذوبان في الماء إذا كان تمتلك مناطق قطبية وأيونية على سطحها.

Hydrophilic and Hydrophobic Substances

- Hydrophilic substance: any substance that has affinity for water.
- المواد المحبة للماء: هي المواد التي تمتلك ألفة تجاه الماء.

- Hydrophilic substances include ionic and polar substances.
- المواد المحبة للماء تشمل المواد الأيونية والقطبية.

- Not all hydrophilic substances dissolve in water.
- لا يمكن لجميع المواد المحبة للماء الذوبان فيه. في بعض الحالات تكون المادة محبة للماء لكنها لا تستطيع الذوبان فيه فعلياً.

- Examples of hydrophilic substances that don't dissolve in water: (أمثلة)

✓ Some molecules in cells are so large that they do not dissolve.
بعض الجزيئات في الخلايا كبيرة لدرجة أنها لا تذوب في الماء

✓ Cotton, which is a plant product.

القطن وهو منتج نباتي.

- Cotton consists of giant molecules of cellulose, a compound with numerous regions of partial positive and partial negative charges that can form hydrogen bonds with water.
- يتكون القطن من جزيئات ضخمة من السليلوز وهو مركب يمتلك مناطق مشحونة جزئياً بشحنة موجبة وأخرى مشحونة جزئياً بشحنة سالبة والتي تستطيع تكوين روابط هيدروجينية مع الماء.

- Cellulose is also present in the walls of water-conducting cells in a plant
- يتواجد السليلوز أيضا في الجدران الخلوية للخلايا المسؤولة عن إيصال الماء في النبات.

- Hydrophobic substance: substance that do not have an affinity for water.
- المواد الكارهة للماء : هي المواد التي ليس لها ألفة لجزيئات الماء .

- Hydrophobic substances include non-ionic and nonpolar substances and substances that cannot form hydrogen bonds.

- المواد الكارهة للماء تشمل المواد غير الأيونية وغير القطبية والمواد التي لا تستطيع تكوين روابط هيدروجينية.

- The hydrophobic behavior of the oil molecules results from a prevalence of relatively nonpolar covalent bond in this case bonds between carbon and hydrogen, which share electrons almost equally.
- السلوك الكاره للماء لجزيئات الزيت تنتج من وجود الروابط التساهمية غير القطبية بين الكربون والهيدروجين والتي تتشارك الكترونات الرابطة بصورة متساوية.

- Hydrophobic molecules related to oils are major ingredients of cell membranes.
- تعد الجزيئات الكارهة للماء المرتبطة بالزيوت المكون الرئيسي لأغشية الخلايا.

Solute Concentration in Aqueous Solution

- The concentration of solutes in an aqueous solution: the number of solute molecules in a volume of solution.
- يمكن التعبير عن تركيز المادة المذابة في المحاليل المائية من خلال قسمة عدد جزيئات المذاب على حجم المحلول باللتر.

- Molecular mass: is the sum of the masses of all the atoms in a molecule.
- الكتلة المولية : مجموع كتل جميع الذرات المكونة للجزيء.

- For example, calculate the molecular mass of Sucrose (C12H22O11) given that the atomic mass of C=12, H=1, O=16.

Molecular mass = (moles of C * atomic mass) + (moles of O * atomic mass) + (moles of H * atomic mass).
Molecular mass = (12*12+11*16+22*1) = 342 daltons.

- نقوم بحساب الكتلة المولية لسكر السكروز ذو الصيغة الجزيئية C12H22O11 عن طريق ضرب الكتلة الذرية atomic mass لكل ذرة بعدد المولات number of moles.

- Because we can't weigh out small numbers of molecules, we usually measure substances in units called moles.
- لأننا لا نستطيع توزين أعداد صغيرة من الجزيئات فإننا نقيس المواد بوحدة تسمى (المولات).

- mole (mol) represents an exact number of objects: 6.02 * 1023, which is called Avogadro's number.
- يمثل المول عدد محدد من الجزيئات والتي تساوي 6.02 * 1023 حيث يسمى هذا العدد بعدد آفوغادرو.

- There are 6.02 * 1023 daltons in 1 g.
- Once we determine the molecular mass of a molecule such as sucrose, we can use the same number (342), but with the unit gram, to represent the mass of 6.02 * 1023 molecules of sucrose, or 1 mol of sucrose (this is sometimes called the molar mass).

- عندما نحدد الكتلة الجزيئية لمادة معينة مثل السكروز، والتي تساوي 342 دالتون ، فإنه يمكننا استخدام نفس الرقم لكن مع وحدة الغرام (34غرام) للدلالة على كتلة 6.02 * 10^32 جزيء من السكروز ، أو مول واحد منه (والتي يطلق عليها اسم الكتلة المولية).

- To obtain 1 mol of sucrose in the lab, therefore, we weigh out 342 g.
- لكي نحصل على 1 مول من ال sucrose يجب أن نوزن 342 غرام.

- If the molecular mass of substance A is 342 daltons and that of substance B is 10 daltons, then 342 g of A will have the same number of molecules as 10 g of B.
- إذا كانت الكتلة الجزيئية للمادة أ = 342 دالتون ، والكتلة الجزيئية للمادة ب = 10 دالتون ، بالتالي فإن 342 غرام من المادة أ يحتوي على نفس العدد من الجزيئات في 10 غرامات من المادة ب.

- How would we make a liter (L) of solution consisting of 1 mol of sucrose dissolved in water?
كيف يمكننا تحضير محلول حجمه لتر واحد مكون من 1 مول من السكروز المذاب في الماء؟

1. We would measure out 342 g of sucrose and then gradually add water, while stirring, until the sugar was completely dissolved.
نقوم بتوزين 342 غرام من السكروز ثم نضيف الماء تدريجيا مع التحريك وذلك حتى يذوب السكر تماما في الماء.

2. We would then add enough water to bring the total volume of the solution up to 1 L.
نقوم بإضافة الماء حتى يصل الحجم الكلي للمحلول لتر واحد.

At that point, we would have a 1-molar (1 M) solution of sucrose.

وبهذا نكون حصلنا على محلول تركيزه 1 مولار من السكروز.

- Molarity: the number of moles of solute per liter of solution. It is the unit of concentration most often used for aqueous solutions.
- المولارية: عدد مولات المذاب لكل لتر واحد من المحلول وهي وحدة التركيز الأكثر استخدام للمحاليل المائية.

➢ Assignment: Acidification: A Threat to Our Oceans

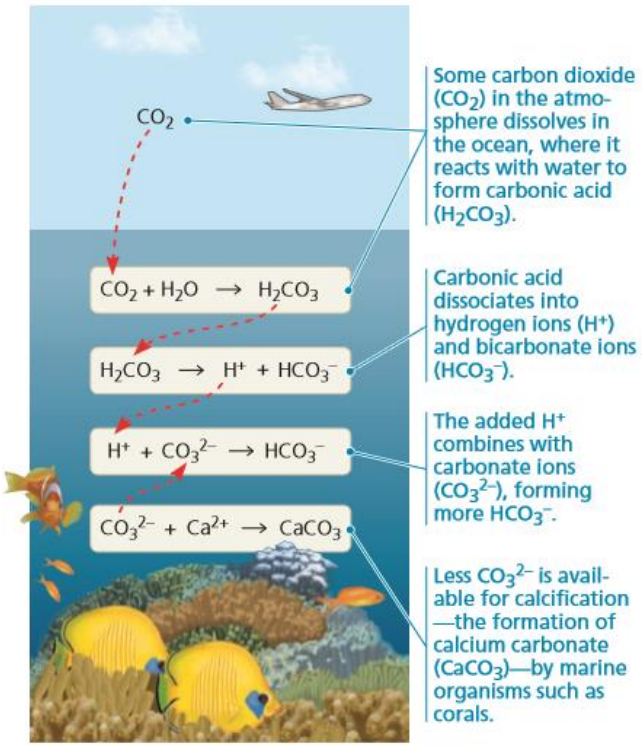
- Among the many threats to water quality posed by human activities is the burning of fossil fuels, which releases CO2 into the atmosphere.
- من التحديات التي تواجه جودة الماء بسبب أنشطة الإنسان هو حرق الوقود الأحفوري الذي يؤدي إلى إطلاق ثاني أكسيد الكربون في الجو.

- The resulting increase in atmospheric CO2 levels has caused global warming and other aspects of climate change. In addition, about 25% of human-generated CO2 is absorbed by the oceans.
- تؤدي زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن ذلك إلى حدوث الاحترار العالمي وجوانب أخرى للتغيرات المناخية بالإضافة إلى ذلك ، يتم امتصاص ٢٥٪ من ثاني أكسيد الكربون في الجو بواسطة المحيطات.

- When CO2 dissolves in seawater, it reacts with water to form carbonic acid, which lowers ocean pH. This process, known as ocean acidification, alters the delicate balance of conditions for life in the oceans.
- عندما يذوب ثاني أكسيد الكربون في مياه البحار ، فإنه يتفاعل مع الماء لإنتاج حمض الكربونيك والذي يقلل من الرقم الهيدروجيني للماء. تسمى هذه الظاهرة Ocean acidification والتي تعمل على تغيير ظروف الحياة في هذه المحيطات.

- Based on measurement of CO2 levels in air bubbles trapped in ice over thousands of years, scientists calculate that the pH of the oceans is 0.1 pH unit lower now than at any time in the past 420,000 years. Recent studies predict that it will drop another 0.3–0.5 pH unit by the end of this century.

- اعتماداً على قياس مستويات ثاني أكسيد الكربون المحتبسة داخل الفقاعات في الثلج عبر آلاف السنين ، قام العلماء بإيجاد أن ال PH للمحيطات يقل حالياً 0.1 عن قيمته في أي وقت سابق منذ 420 000 سنة ، ومن المتوقع أيضا أن تنخفض القيمة حوالي 0.4-0.3 مع نهاية هذا القرن.



1. تذوب جزيئات ثاني أكسيد الكربون في المحيطات حيث تتفاعل مع الماء لتكوين حمض الكربونيك.
2. يتفكك حمض الكربونيك ليعطي أيونات الهيدروجين وأيونات البيكربونات.
3. تتفاعل أيونات الهيدروجين مع أيون الكربونات.
4. وبالتالي تقل كمية أيونات الكربونات المتوافرة لحدوث عملية تسمى Calcification وهي عملية تكوين كربونات الكالسيوم CaCO3 بواسطة الكائنات البحرية مثل الشعاب المرجانية (ستقل الكميةلحوال 40% بحوالي عام 2100).

- Calcification: the production of calcium carbonate (CaCO3) by many marine organisms, including reef-building corals and animals that build shells.
- التكلس: عملية إنتاج كربونات الكالسيوم بواسطة الشعاب المرجانية والحيوانات التي تستطيع بناء الأصداف.

- The disappearance of coral reef ecosystems would be a tragic loss of biological diversity.
- إن اختفاء النظم البيئية للشعاب المرجانية سيكون خسارة كبيرة للتنوع البيولوجي.