

The Islamic University of Gaza
Faculty of Engineering
Civil Engineering Department

Environmental Chemistry
(ECIV 1204)

Instructor: Prof Hussam Al Najar
Prof. Abdelmajid Nassar
W 06 – Lect. 1 & 2

ENVIRONMENTAL CHEMISTRY OF WATER

ENVIRONMENTAL CHEMISTRY OF WATER

- Aquatic Chemistry
- Metal Ions and Calcium in Water
- Oxidation-Reduction - Complexation and Chelation and Water Interactions with Other Phases

الكيمياء البيئية للمياه

- الكيمياء المائية
- أيونات المعادن والكالسيوم في الماء
- الأكسدة والاختزال، التكوين المعقد، التخليب، وتفاعلات الماء مع الأطوار الأخرى

Important Properties of Water

Property	Effects and Significance
Excellent solvent	Transport of nutrients and waste products, making biological processes possible in an aqueous medium
Highest dielectric constant of any common liquid	High solubility of ionic substances and their ionization in solution
Higher surface tension than any other liquid	Controlling factor in physiology; governs drop and surface phenomena
Transparent to visible and longer-wavelength fraction of ultraviolet light	Colorless, allowing light required for photosynthesis to reach considerable depths in bodies of water
Maximum density as a liquid at 4°C	Ice floats; vertical circulation restricted in stratified bodies of water
Higher heat of evaporation than any other material	Determines transfer of heat and water molecules between the atmosphere and bodies of water
Higher latent heat of fusion than any other liquid except ammonia	Temperature stabilized at the freezing point of water
Higher heat capacity than any other liquid except ammonia	Stabilization of temperatures of organisms and geographical regions

THE PROPERTIES OF WATER, A UNIQUE SUBSTANCE خصائص الماء، مادة فريدة

Water has a number of unique properties that are essential to life and that determine its environmental chemical behavior.

Many of these properties are due to water's polar molecular structure and its ability to form hydrogen bonds.

يتمتع الماء بعدد من الخصائص الفريدة الضرورية للحياة والتي تحدد سلوكه الكيميائي في البيئة.

يعود الكثير من هذه الخصائص إلى التركيب الجزيئي القطبي للماء وقدرته على تكوين روابط هيدروجينية.

SOURCES AND USES OF WATER: THE HYDROLOGIC CYCLE

- The world's water supply is found in the five parts of the **hydrologic cycle**.
- About 97% of Earth's water is found in the oceans.
- Another fraction is present as water vapor in the atmosphere (clouds).
- Some water is contained in the solid state as ice and snow in snowpacks, glaciers, and the polar ice caps.
- Surface water is found in lakes, streams, and reservoirs. Groundwater is located in aquifers
- underground.
- There is a strong connection between the *hydrosphere, where water is found*, and the *lithosphere, or land*; human activities affect both.

مصادر الماء واستخداماته: الدورة الهيدرولوجية

• يوجد مخزون المياه العالمي في الأجزاء الخمسة للدورة الهيدرولوجية.

• يوجد حوالي 97% من مياه الأرض في المحيطات.

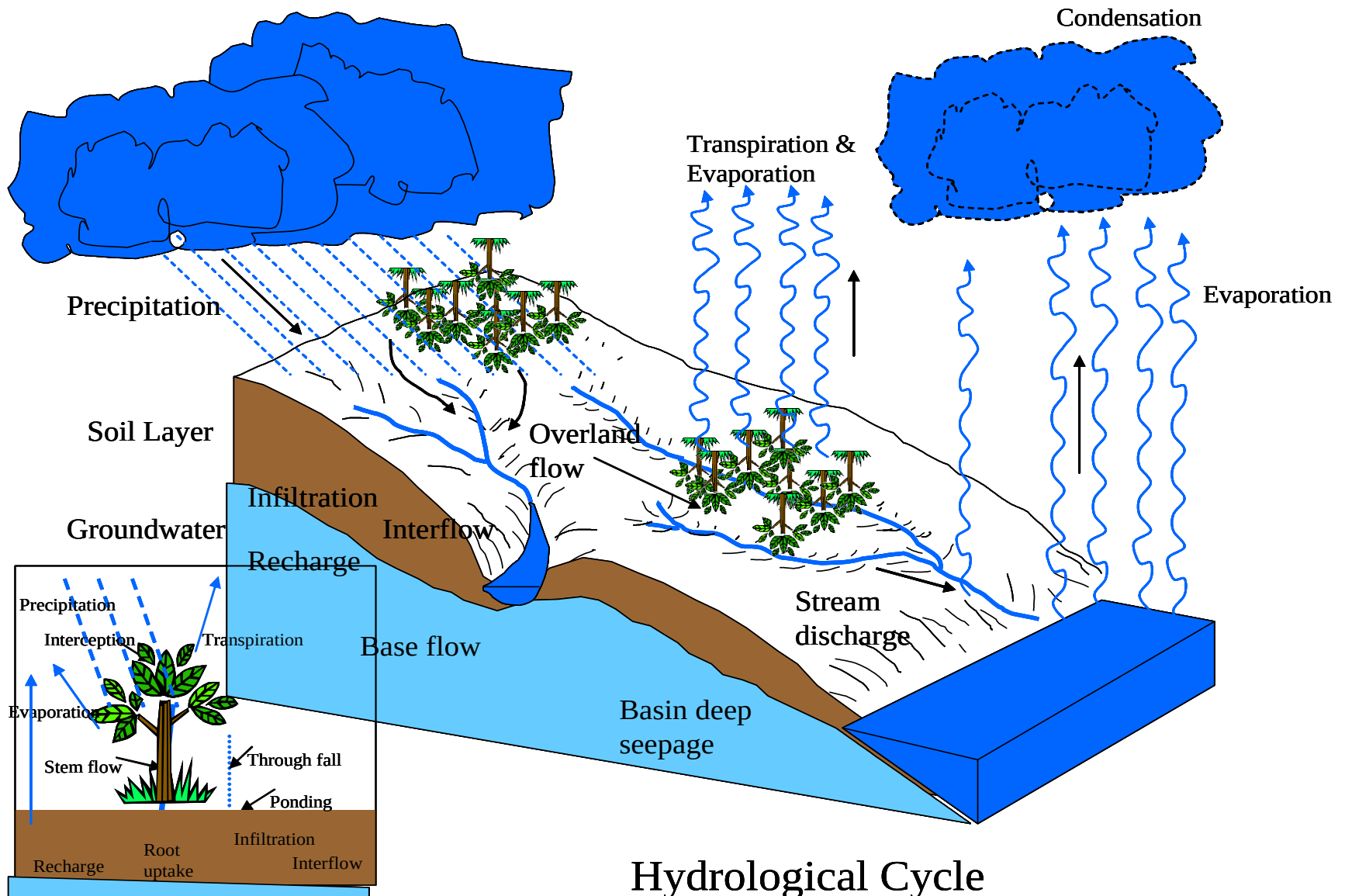
• يوجد جزء آخر على شكل بخار ماء في الغلاف الجوي (السحب).

• يوجد بعض الماء في الحالة الصلبة على شكل جليد وثلج في طبقات الثلج والأنهار الجليدية والغطاء الجليدي القطبي.

• توجد المياه السطحية في البحيرات والجداول والخزانات. أما المياه الجوفية فتوجد في طبقات المياه الجوفية.

• هناك ارتباط قوي بين الغلاف المائي، حيث يوجد الماء، والغلاف الصخري، أو الأرض؛ فالأنشطة البشرية تؤثر على كليهما.

The water that humans use is primarily fresh surface water and groundwater, the sources of which may differ from each other significantly.



THE CHARACTERISTICS OF BODIES OF WATER

خصائص المسطحات المائية

The physical condition of a body of water strongly influences the chemical and biological processes that occur in water.

Surface water is found primarily in streams, lakes, and reservoirs.

Wetlands are productive flooded areas in which the water is shallow enough to enable growth of bottom-rooted plants.

Estuaries constitute another type of body of water, consisting of arms of the ocean into which streams flow. The mixing of fresh and salt water gives estuaries unique chemical and biological properties.

تؤثر الحالة الفيزيائية للمسطح المائي تأثيرًا كبيرًا على العمليات الكيميائية والبيولوجية التي تحدث فيه.

توجد **المياه السطحية** بشكل أساسي في الجداول والبحيرات والخزانات.

الأراضي الرطبة هي مناطق غمرية غنية بالمياه، حيث يكون عمقها ضحلًا بما يكفي لنمو النباتات القاعية.

تُشكل **مصبّات الأنهار** نوعًا آخر من المسطحات المائية، وهي عبارة عن أذرع من المحيط تصب فيها الجداول. ويمنح اختلاط المياه العذبة والمالحة مصبّات الأنهار خصائص كيميائية وبيولوجية فريدة.

THE CHARACTERISTICS OF BODIES OF WATER

خصائص المسطحات المائية

Estuaries are the breeding grounds of much marine life, which makes their preservation very important.

Water's temperature-density relationship results in the formation of distinct layers within nonflowing bodies of water. During the **summer** a surface layer (**epilimnion**) is heated by solar radiation and, because of its lower density, floats upon the bottom layer, or **hypolimnion**.

This phenomenon is called **thermal stratification**. When an appreciable temperature difference exists between the two layers, they do not mix, but behave independently and have very different chemical and biological properties.

تُعد مصبات الأنهار موطنًا للعديد من الكائنات البحرية، مما يجعل الحفاظ عليها أمرًا بالغ الأهمية.

تؤدي العلاقة بين درجة حرارة الماء وكثافته إلى تكوين طبقات متميزة داخل المسطحات المائية الراكدة. خلال **فصل الصيف**، تُسخن الطبقة السطحية (**الطبقة العليا**) بفعل الإشعاع الشمسي، وبسبب انخفاض كثافتها، تطفو فوق الطبقة السفلية (**الطبقة السفلى**).

تُعرف هذه الظاهرة **بالتنقسم الحراري**. عندما يكون هناك فرق ملحوظ في درجة الحرارة بين الطبقتين، فإنهما لا يمتزجان، بل يتصرفان بشكل مستقل ولهما خصائص كيميائية وبيولوجية

The epilimnion, which is exposed to light, may have a heavy growth of algae.

As a result of exposure to the atmosphere and (during daylight hours) because of the photosynthetic activity of algae, the epilimnion contains relatively higher levels of dissolved oxygen and generally is aerobic.

Because of the presence of O_2 , oxidized species predominate in the epilimnion.

In the hypolimnion, consumption of O_2 by bacterial action on biodegradable organic material may cause the water to become anaerobic. As a consequence, chemical species in a relatively reduced form tend to predominate in the hypolimnion.

قد تشهد الطبقة السطحية (الإبيليميونيون)، المعرضة للضوء، نموًا كثيفًا للطحالب.

نتيجةً لتعرضها للغلاف الجوي، وبسبب نشاطها الضوئي خلال ساعات النهار، تحتوي الطبقة السطحية على مستويات أعلى نسبيًا من الأكسجين المذاب، وتكون عمومًا هوائية.

بسبب وجود الأكسجين، تسود المركبات المؤكسدة في الطبقة السطحية.

أما في الطبقة العميقة (الهيپوليميونيون)، فقد يؤدي استهلاك الأكسجين بفعل البكتيريا على المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي إلى تحول الماء إلى بيئة لاهوائية. ونتيجةً لذلك، تميل المركبات الكيميائية في صورتها المختزلة نسبيًا إلى أن تسود في الطبقة العميقة.

The chemistry and biology of the Earth's vast oceans are unique because of the ocean's high salt content, great depth, and other factors. Oceanographic chemistry is a discipline in its own right.

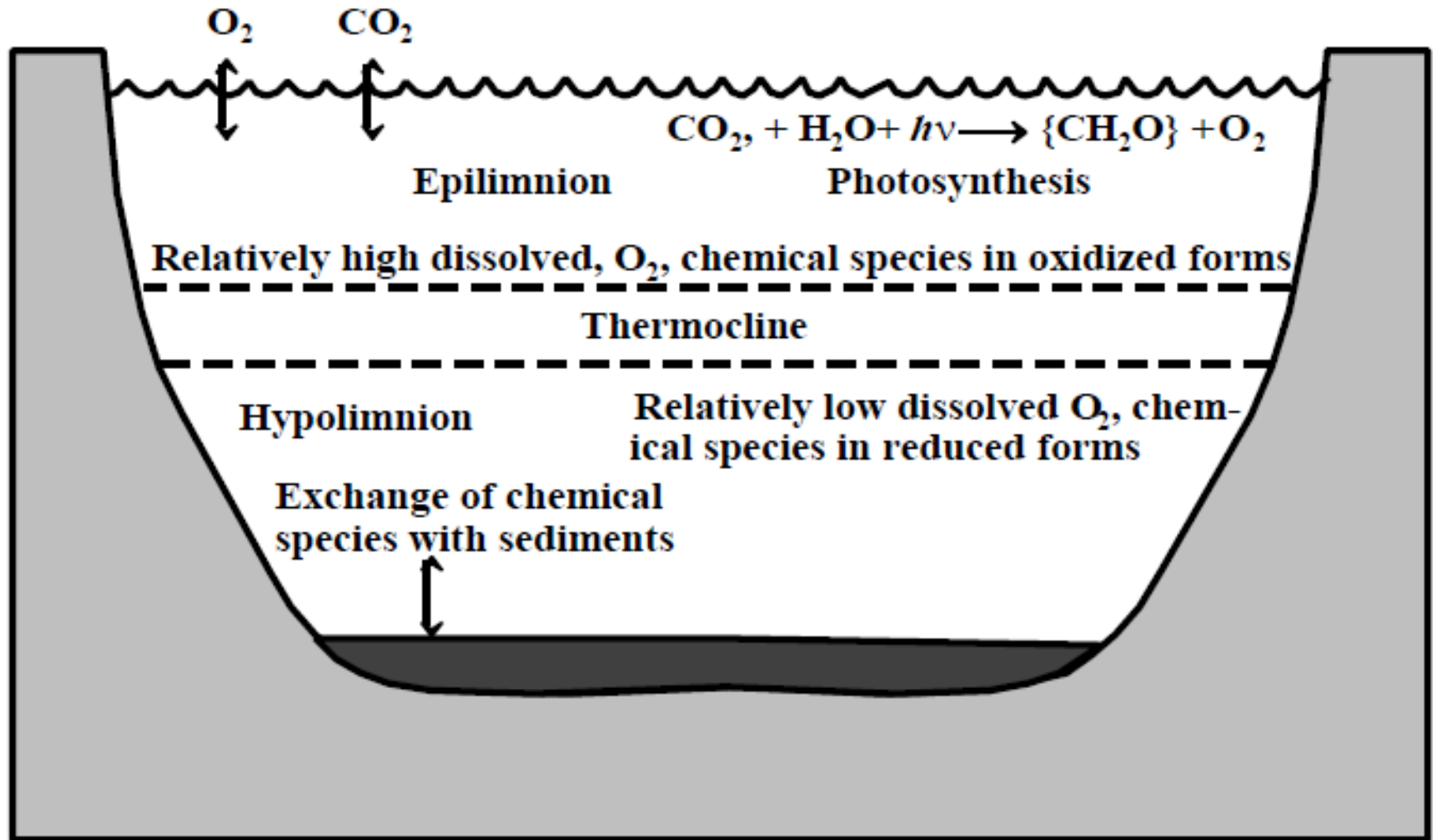
The environmental problems of the oceans have increased greatly in recent years because of ocean dumping of pollutants, oil spills, and increased utilization of natural resources from the oceans.

تتميز كيمياء وبيولوجيا محيطات الأرض الشاسعة بخصائص فريدة نظرًا لارتفاع نسبة الملوحة فيها، وعمقها الكبير، وعوامل أخرى. ويُعد علم كيمياء المحيطات فرعًا قائمًا بذاته.

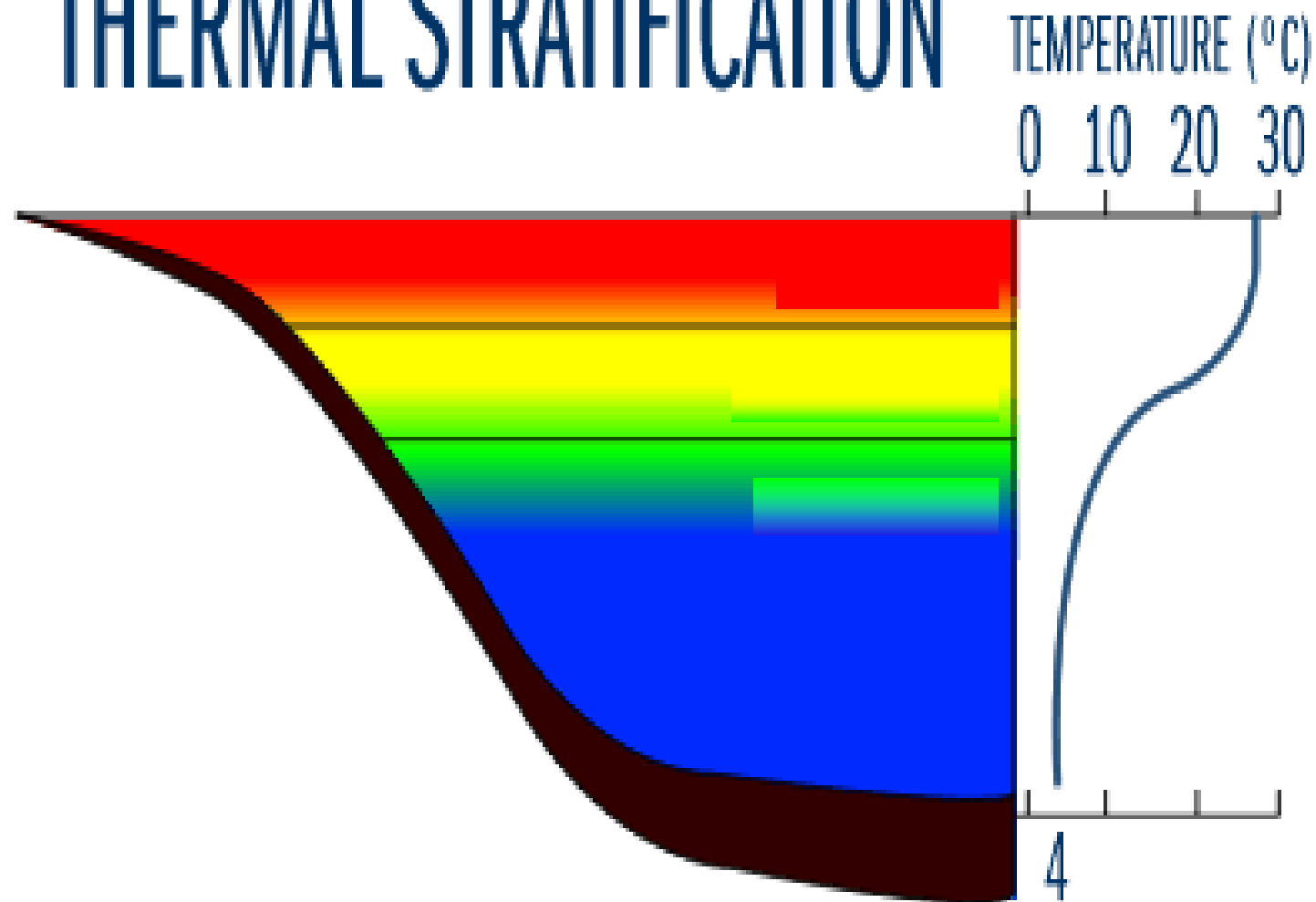
لقد تفاقمت المشاكل البيئية للمحيطات بشكل كبير في السنوات الأخيرة بسبب إلقاء الملوثات في المحيطات، وتسرب النفط، وزيادة استغلال الموارد الطبيعية من المحيطات.

Stratification of a lake

تدرج طبقات البحيرة



THERMAL STRATIFICATION



الكيمياء المائية:

Aquatic Chemistry:

Many aquatic chemical processes are influenced by the action of algae and bacteria in water.

Algal photosynthesis fixes inorganic carbon from HCO_3^- ion in the form of biomass (represented as $\{\text{CH}_2\text{O}\}$), in a process that also produces carbonate ion, CO_3^{2-} .

Carbonate undergoes an acid-base reaction to produce OH^- ion and raise the pH, or it reacts with Ca^{2+} ion to precipitate solid CaCO_3 .

Most of the many oxidation-reduction reactions that occur in water are mediated (catalyzed) by bacteria. For example, bacteria convert inorganic nitrogen largely to ammonium ion, NH_4^+ , in the oxygen-deficient (anaerobic) lower layers of a body of water.

تتأثر العديد من العمليات الكيميائية المائية بنشاط الطحالب والبكتيريا في الماء.

تُثبت عملية التمثيل الضوئي للطحالب الكربون غير العضوي من أيون البيكربونات HCO_3^- على شكل كتلة حيوية (مُمثلة بـ $\{\text{CH}_2\text{O}\}$)، في عملية تُنتج أيضاً أيون الكربونات (CO_3^{2-}).

تخضع الكربونات لتفاعل حمضي-قاعدي لإنتاج أيون الهيدروكسيد (OH^-) ورفع درجة الحموضة (pH)، أو تتفاعل مع أيون الكالسيوم Ca^{2+} لترسيب كربونات الكالسيوم الصلبة (CaCO_3).

تُحفّز البكتيريا معظم تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تحدث في الماء. على سبيل المثال، تُحوّل البكتيريا النيتروجين غير العضوي بشكل أساسي إلى أيون الأمونيوم NH_4^+ في الطبقات السفلى من المسطح المائي التي تفتقر إلى الأكسجين (اللاهوائية).

الكيمياء المائية:

Aquatic Chemistry:

Near the surface, where O_2 is available, bacteria convert inorganic nitrogen to nitrate ion, NO_3^- .

Metals in water may be bound to organic chelating agents, such as pollutant nitrilotriacetic acid (NTA) or naturally occurring fulvic acids.

Gases are exchanged with the atmosphere, and various solutes are exchanged between water and sediments in bodies of water.

بالقرب من السطح، حيث يتوفر الأكسجين (O_2)، تُحوّل البكتيريا النيتروجين غير العضوي إلى أيون النترات (NO_3^-).

قد ترتبط المعادن الموجودة في الماء بعوامل استخلاص عضوية، مثل حمض النيتريلو ترياسيتيك (NTA) الملوث أو أحماض الفولفيك الطبيعية.

وتتبادل الغازات مع الغلاف الجوي، كما تتبادل المواد المذابة المختلفة بين الماء والرواسب في المسطحات المائية.

Several important characteristics of unpolluted water should be noted.

One of these is gas solubility. Since it is required to support aquatic life and maintain water quality, oxygen is the most important dissolved gas in water.

Dissolved Oxygen (DO): Water in equilibrium with air at 25°C contains 8.3 milligrams per liter (mg/L) of dissolved O₂.

- DO is the measurement of oxygen dissolved in water and available for fish and other aquatic life.
- Indicates health of an aquatic system. Can range from 0-18 ppm.
- Most natural water systems require 5-6 ppm to support a diverse population.
- Varies with time of day, weather, temperature

ينبغي ملاحظة عدة خصائص مهمة للمياه غير الملوثة.

إحدى هذه الخصائص هي ذوبان الغازات. ولأن الأكسجين ضروري لدعم الحياة المائية والحفاظ على جودة المياه، فهو أهم الغازات المذابة في الماء.

الأكسجين المذاب: يحتوي الماء المتوازن مع الهواء عند درجة حرارة 25 درجة مئوية على 8.3 ملليغرام لكل لتر (ملغم/لتر) من الأكسجين المذاب.

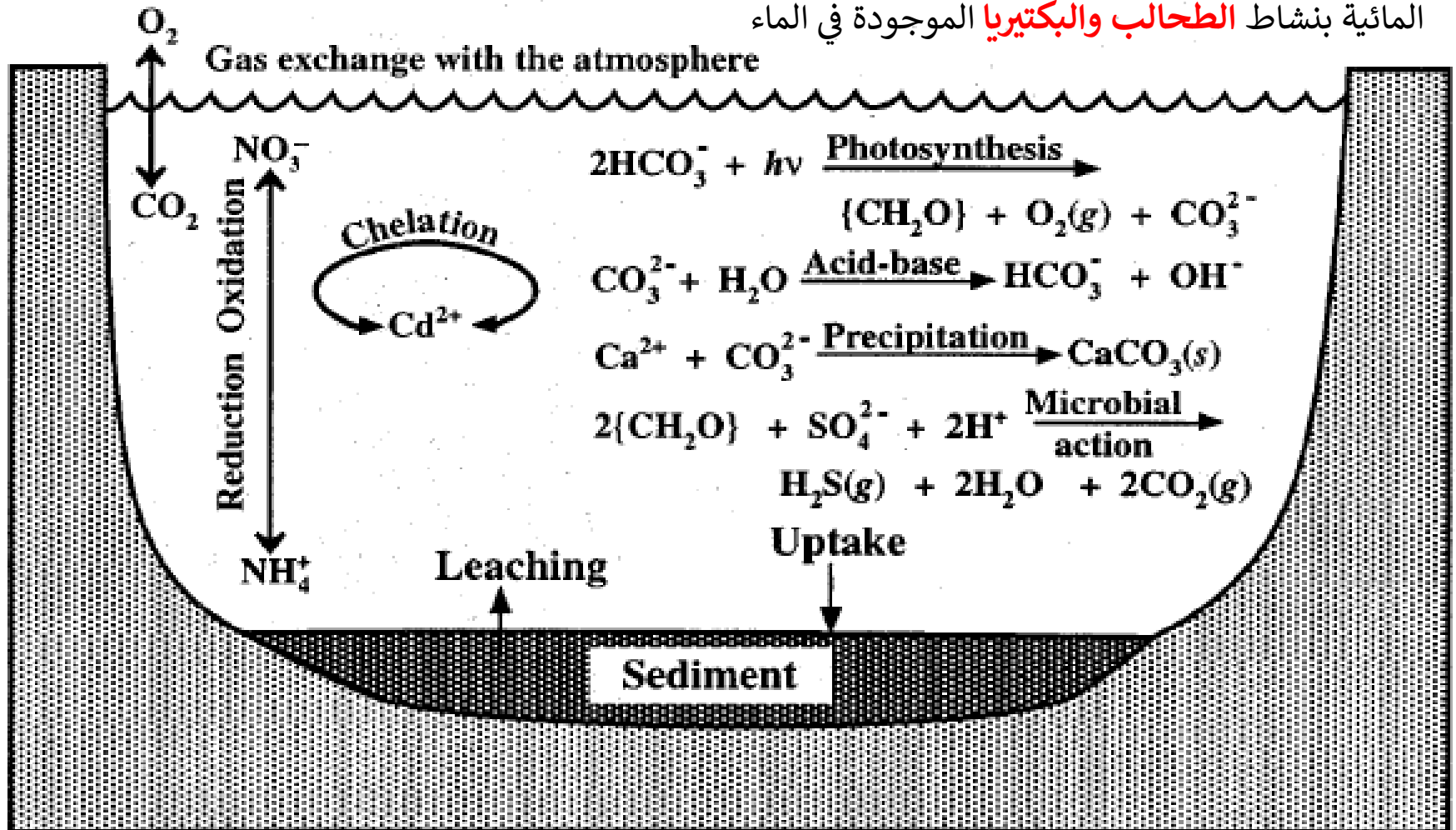
- الأكسجين المذاب هو مقياس كمية الأكسجين المذاب في الماء والمتاح للأسماك والكائنات المائية الأخرى.
- يشير إلى صحة النظام البيئي المائي. يتراوح تركيزه عادةً بين 0 و18 جزءاً في المليون.
- تحتاج معظم الأنظمة المائية الطبيعية إلى تركيز يتراوح بين 5 و6 أجزاء في المليون لدعم التنوع البيولوجي.
- يختلف ذلك باختلاف وقت اليوم والطقس ودرجة الحرارة

This Figure summarizes important aspects of aquatic chemistry applied to environmental chemistry.

يلخص هذا الشكل جوانب مهمة من الكيمياء المائية المطبقة على الكيمياء

As shown in this figure, a number of chemical phenomena occur in water. Many aquatic chemical processes are influenced by the action of **algae and bacteria** in water.

كما هو موضح في هذا الشكل، تحدث العديد من الظواهر الكيميائية في الماء. وتتأثر العديد من العمليات الكيميائية المائية بنشاط **الطحالب والبكتيريا** الموجودة في الماء



Alkalinity: Alkalinity refers to the capability of water to neutralize acid.

القلوية: تشير القلوية إلى قدرة الماء على معادلة الأحماض.

Buffering capacity – resistance to pH changes.

القدرة على التخزين المؤقت - مقاومة الماء لتغيرات الرقم

Common natural buffer: CO_3 (carbonates – like limestone).

الهيدروجيني.

Protects aquatic life.

مادة التخزين المؤقت الطبيعية الشائعة: الكربونات (مثل الحجر الجيري).

Commonly linked to water hardness.

تحمي الحياة المائية.

In natural systems: 50 – 150 mg/L as CaCO_3 .

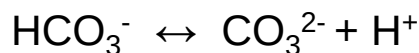
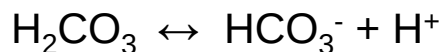
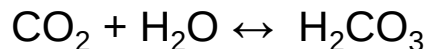
ترتبط عادةً بعسر الماء.

Effects of pH on Various Buffers

في الأنظمة الطبيعية: 50-150 ملغم/لتر CaCO_3

Mixture of an acid (or base) and its conjugate base (or acid)

chemical equilibrium:



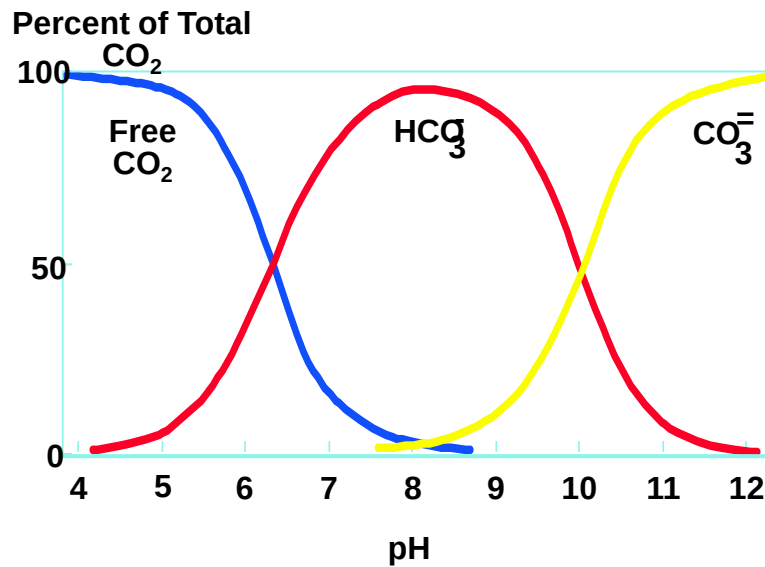
OH^- is a strong base.

HCO_3^- is a weak acid

more OH^- than HCO_3^- , it completely neutralizes it and just have OH^-

more HCO_3^- than OH^- , then it partially neutralizes it and detect only HCO_3^-

- Water with low alkalinity are very susceptible to changes in pH.
- Water with high alkalinity are able to resist major shifts in pH.
- As increasing amounts of acid are added to a water body, the pH of the water decreases, and the buffering capacity of the water is consumed.



• الماء ذو القلوية المنخفضة شديد التأثر بتغيرات الرقم الهيدروجيني.

• الماء ذو القلوية العالية قادر على مقاومة التغيرات الكبيرة في الرقم الهيدروجيني.

• مع زيادة كمية الحمض المضافة إلى المسطح المائي، ينخفض الرقم الهيدروجيني للماء، وتستهلك قدرته على معادلة الحموضة.

Acidity as applied to natural water systems is the capacity of the water to neutralize OH⁻

Acidity generally results from the presence of weak acids such as H₂PO₄⁻, O₂, H₂S, proteins, fatty acids, and acidic metal ions, particularly Fe³⁺.



تُعرَّف الحموضة في أنظمة المياه الطبيعية بأنها قدرة الماء على معادلة
أيونات الهيدروكسيد-OH

وتنتج الحموضة عمومًا عن وجود أحماض ضعيفة مثل (H₂PO₄⁻, O₂, H₂S والبروتينات، والأحماض الدهنية، وأيونات المعادن الحمضية،
وخاصةً أيونات الحديد الثلاثي (Fe³⁺).