

**The Islamic University of Gaza
Faculty of Engineering
Civil/Environmental Engineering Department**

**Environmental Chemistry
(ECIV 1204)**

**Instructors: Prof Hussam Al Najar
Prof. Abdelmajid Nassar**

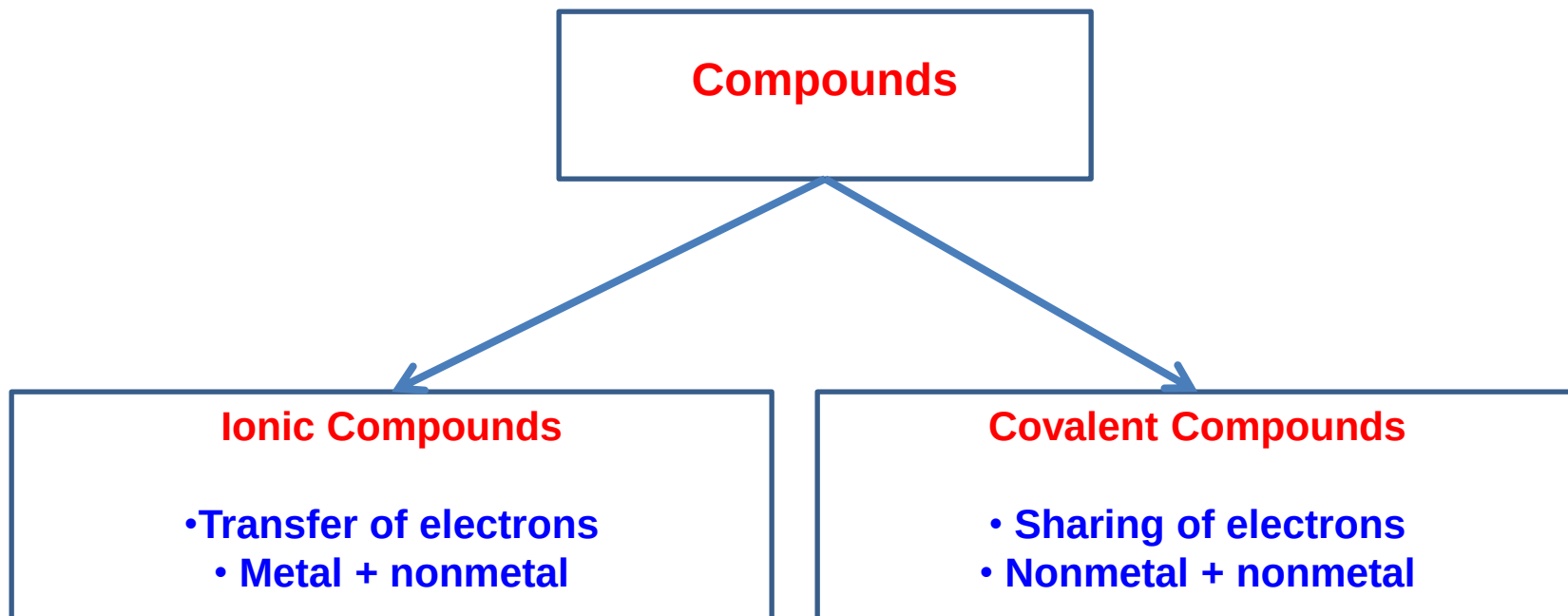
W03 – Lect. 3 & 4

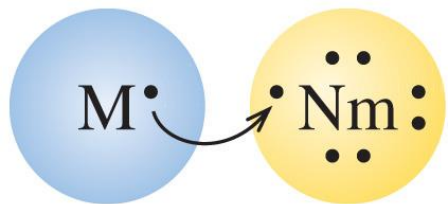
**Chemistry and Environmental Chemistry
The Building Blocks of Matter**

Chemical Bonds, Compound Formation and Octet Rule

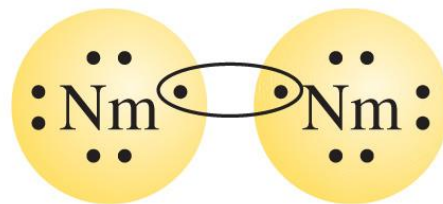
Atoms with eight valence electrons are particularly stable, an observation called the octet rule.

Atoms form bonds with other atoms to achieve a valence octet.

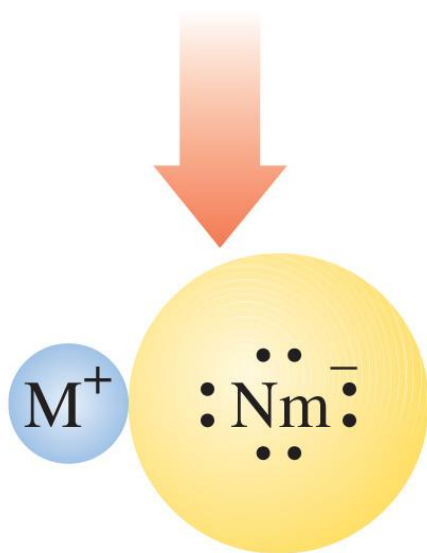




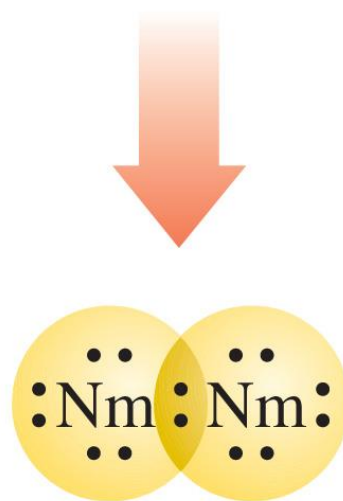
Loss and gain
of electrons



Sharing electrons



Ionic bond



Covalent bond

M is a metal

Nm is a nonmetal

© 2010 Pearson Education, Inc.

CHEMICAL BONDS AND COMPOUNDS

Only a few elements, particularly the noble gases, exist as individual atoms

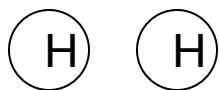
Most atoms are joined by chemical bonds to other atoms.

Elemental hydrogen exists as **molecules**, each consisting of 2 H atoms linked by a chemical bond.

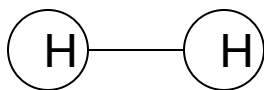
Because hydrogen molecules contain 2 H atoms, they are said to be **diatomic** and are denoted by the chemical formula H_2 .

The H atoms in the H_2 molecule are held together by a covalent bond made up of 2 electrons, each contributed by one of the H atoms, and shared between the atoms.

Group 8
² He
¹⁰ Ne
¹⁸ Ar
³⁶ Kr
⁵⁴ Xe
⁸⁶ Rn



The H atoms in
elemental hydrogen



are held together by chemical
bonds in molecules



that have the chemical
formula H_2 .

CHEMICAL BONDS AND COMPOUNDS

يوجد عدد قليل فقط من العناصر، وخاصةً الغازات النبيلة، كذرات منفردة.

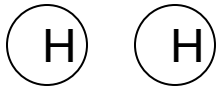
ترتبط معظم الذرات بروابط كيميائية مع ذرات أخرى.

يوجد الهيدروجين العنصري كجزيئات، تتكون كل منها من ذرتي هيدروجين مرتبطتين برابطة كيميائية.

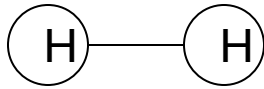
لأن جزيئات الهيدروجين تحتوي على ذرتي هيدروجين، تُسمى ثنائية الذرة، ويُرمز لها بالصيغة الكيميائية H_2 .

Group
8
² He
¹⁰ Ne
¹⁸ Ar
³⁶ Kr
⁵⁴ Xe
⁸⁶ Rn

ترتبط ذرتا الهيدروجين في جزيء H_2 معًا برابطة تساهمية تتكون من إلكترونين، تساهم كل منهما بذرة هيدروجين، وتتشاركهما الذرات.



The H atoms in elemental hydrogen



are held together by chemical bonds in molecules



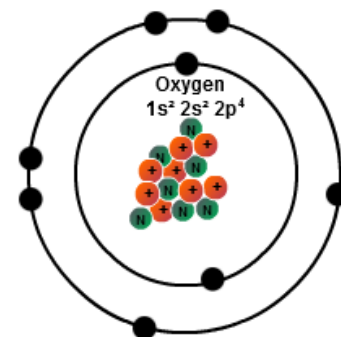
that have the chemical formula H_2 .

Chemical Compounds

Most **substances** consist of two or more **elements** joined by chemical bonds.

As an example, consider the chemical combination of the elements hydrogen and oxygen

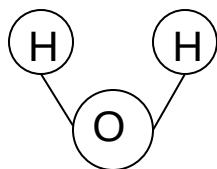
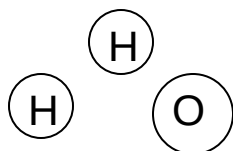
Oxygen, has an atomic number of 8 exists in the elemental form as diatomic molecules of O_2 .



A substance such as H_2O that consists of a chemically bonded combination of two or more elements is called a chemical compound.

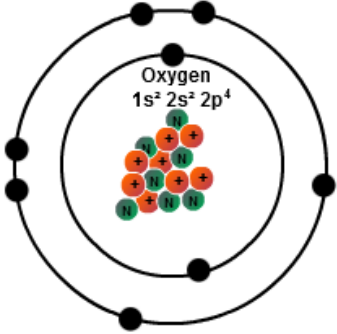
A chemical compound is a substance that consists of atoms of two or more different elements bonded together.

Each of the chemical bonds holding a hydrogen atom to the oxygen atom in the water molecule is composed of two electrons shared between the hydrogen and oxygen atoms.



A molecule of water, H_2O , formed from 2 H atoms and 1 O atom held together by chemical bonds.

المركبات الكيميائية

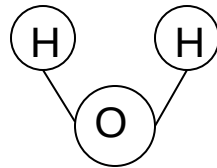
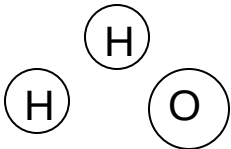


تتكون معظم المواد من عنصرين أو أكثر مرتبطين بروابط كيميائية. على سبيل المثال، لنأخذ الاتحاد الكيميائي لعنصري الهيدروجين والأكسجين. يوجد الأكسجين، الذي عدده الذري 8، في صورته العنصرية كجزيئات ثنائية الذرة من O_2 .

تُسمى مادة مثل الماء (H_2O) التي تتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر بروابط كيميائية، مركبًا كيميائيًا.

المركب الكيميائي هو مادة تتكون من ذرات عنصرين مختلفين أو أكثر مرتبطة ببعضها.

تتكون كل رابطة كيميائية تربط ذرة هيدروجين بذرة أكسجين في جزيء الماء من إلكترونين مشتركين بين ذرتي الهيدروجين والأكسجين..



A molecule of water, H_2O , formed from 2 H atoms and 1 O atom held together by chemical bonds.

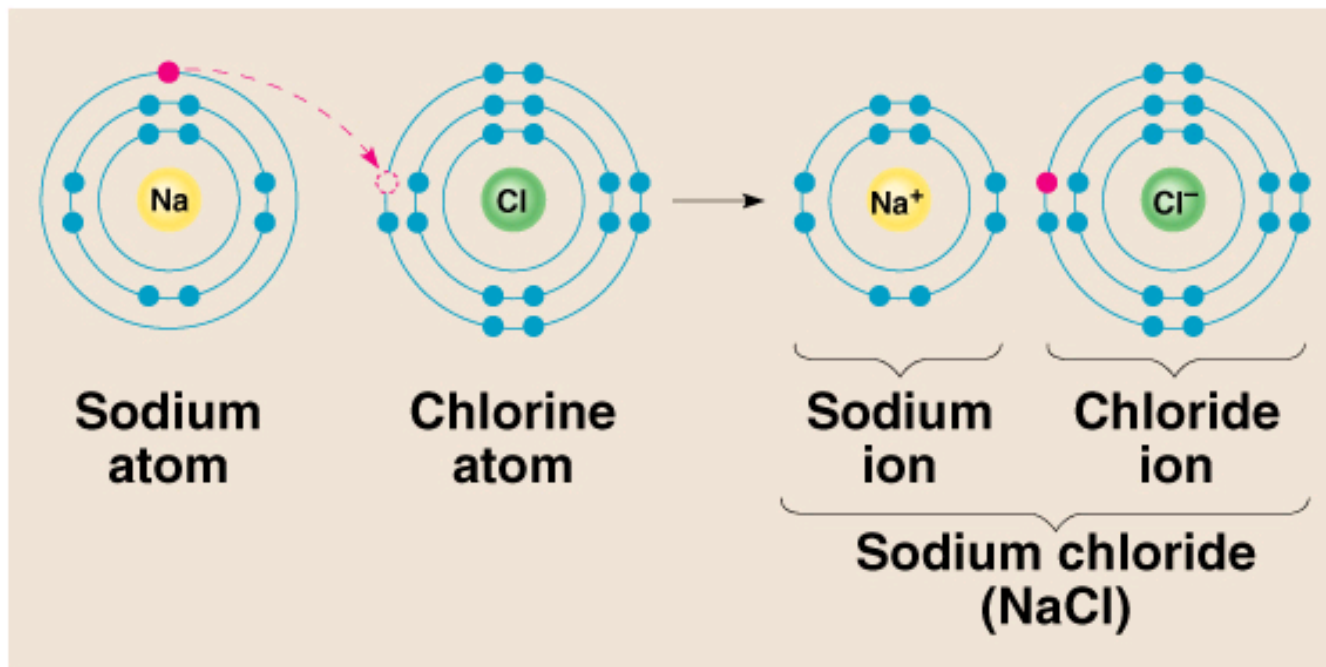
Ionic Bonds:

The **transfer of electrons** from one atom to another produces charged species called **ions**.

Positively charged ions are called **cations** and **negatively charged ions** are called **anions**.

The attracting forces of the oppositely charged ions in the crystalline lattice constitute the ionic bonds in the compound.

Example:



Sodium atom



2-8-1

$$\begin{array}{r} 11 \text{ p}^{+} \\ 11 \text{ e}^{-} \\ \hline 0 \end{array}$$

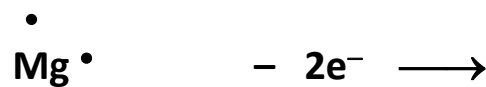
Sodium ion



2-8 (= Ne)

$$\begin{array}{r} 11 \text{ p}^{+} \\ 10 \text{ e}^{-} \\ \hline 1^{+} \end{array}$$

Magnesium atom



2-8-2

$$\begin{array}{r} 12 \text{ p}^{+} \\ 12 \text{ e}^{-} \\ \hline 0 \end{array}$$

Magnesium ion

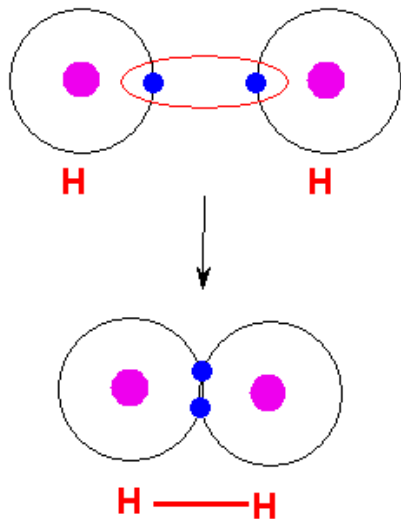


2-8 (=Ne)

$$\begin{array}{r} 12 \text{ p}^{+} \\ 10 \text{ e}^{-} \\ \hline 2^{+} \end{array}$$

Covalent Bonds: are formed when two atoms share one or more electron pairs.

When two atoms share one pair of electrons, the result is a single bond.



الرابطۃ التساهمۃ: تتكون عندما تتشارك ذرتان زوجًا واحدًا أو أكثر من الإلكترونات.

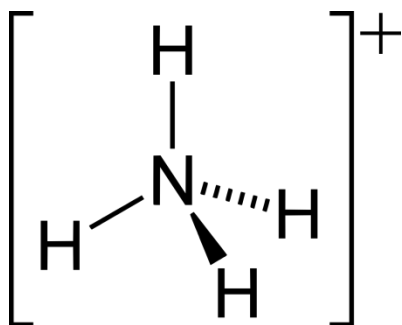
عندما تتشارك ذرتان زوجًا واحدًا من الإلكترونات، تكون النتيجة رابطۃ واحدة.

Two shared pairs of electrons is a double bond; three is a triple bond.

Rather than individual atoms that have lost or gained electrons, many ions are groups of atoms bonded together **covalently** and having **a net charge**.

Example ammonium ion, NH_4^+ consisting of 4 hydrogen atoms covalently bonded to a single nitrogen (N) atom and having a net electrical charge of +1 for the whole cation.

The number of valence electrons is the number of electrons in the outer shell, that the atom uses for bonding. Nitrogen has 5 electrons in its $n=2$ (outer) shell.



Ammonium ion NH_4^+

بدلاً من الذرات الفردية التي فقدت أو اكتسبت إلكترونات،
فإن العديد من الأيونات هي مجموعات من الذرات **مرتبطة**
تساهميًا ولها **شحنة**.

مثال: أيون الأمونيوم، NH_4^+ المكون من أربع ذرات
هيدروجين مرتبطة تساهميًا بذرة نيتروجين واحدة، وله شحنة
كهربائية صافية قدرها $+1$ للكاتيون بأكمله.

Mixtures and Pure Substances

A pure substance consisting of only one compound or of only one form of an element

The compound water with nothing dissolved in it is a pure substance.

Air is a mixture of elemental gases and compounds, predominantly nitrogen, oxygen, argon, carbon dioxide, and water vapor.

Drinking water is a mixture containing calcium ion (Ca^{2+} , hydrogen carbonate ion, (bicarbonate, HCO_3^-), nitrogen gas, carbon dioxide gas, and other substances dissolved in the water.

Mixtures can be separated into their constituent pure substances by physical processes. Liquefied air is distilled to isolate pure oxygen.

A heterogeneous mixture is one that is not uniform throughout and possesses readily distinguishable constituents.

Homogeneous mixtures are uniform throughout; to observe different constituents would require going down to molecular levels.

Homogeneous mixtures are also **called solutions**, a term that is usually applied to mixtures composed of gases, solids, and other liquids dissolved in a liquid.

مادة نقية تتكون من مركب واحد فقط أو من شكل واحد فقط من العناصر.

الماء المركب، الخالي من أي مواد ذائبة، مادة نقية.

الهواء خليط من غازات ومركبات عنصرية، أبرزها النيتروجين، والأكسجين، والأرجون، وثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء.

ماء الشرب خليط يحتوي على أيون الكالسيوم (Ca^{2+}) وأيون كربونات الهيدروجين (بيكربونات، HCO_3^-)، وغاز النيتروجين، وغاز ثاني أكسيد الكربون، ومواد أخرى ذائبة في الماء.

يمكن فصل **المخاليط** إلى مكوناتها النقية من خلال عمليات فيزيائية. يُقَطَّر الهواء المسال لعزل الأكسجين النقي.

الخليط غير المتجانس هو خليط غير متجانس، ويتميز بسهولة تمييز مكوناته.

المخاليط المتجانسة متجانسة في جميع أنحاءها؛ ويتطلب رصد المكونات المختلفة النزول إلى المستوى الجزيئي.

تُسمى المخاليط المتجانسة أيضًا بالمحاليل، وهو مصطلح يُستخدم عادةً للإشارة إلى المخاليط المكونة من غازات ومواد صلبة وسوائل أخرى مذابة في سائل.

QUANTITY OF MATTER: THE MOLE

One of the most fundamental characteristics of a specific body of matter is the quantity of it.

In discussing the quantitative chemical characteristics of matter it is essential to have a way of expressing quantity in a way that is proportional to the number of individual entities of the substance- that is, atoms, molecules, or ions.

A mole is defined as the quantity of substance that contains the same number of specified entities as there are atoms of C in exactly 0.012 kg (12 g) of carbon-12.

Example:

A mole of argon, which always exists as individual Ar atoms: The atomic mass of Ar is 40.0. Therefore exactly one mole of Ar is 40.0 grams of argon.

A mole of molecular elemental hydrogen, H_2 : The atomic mass of H is 1.0, the molecular mass of H_2 is, therefore, 2.0, and a mole of H_2 is 2.0 g of H_2 .

A mole of methane, CH_4 : The atomic mass of H is 1.0 and that of C is 12.0, so the molecular mass of CH_4 is 16.0. Therefore a mole of methane has a mass of 16.0 g.

كمية المادة: المول

تُعَدّ كمية المادة من أهم خصائصها.

عند مناقشة الخصائص الكيميائية لكمية المادة، من الضروري إيجاد طريقة للتعبير عن الكمية تتناسب طردياً مع عدد وحداتها، أي الذرات أو الجزيئات أو الأيونات.

يُعرّف **المول** بأنه كمية المادة التي تحتوي على عددٍ مُحدّدٍ من وحداتها يُعادل عدد ذرات الكربون في 0.012 كجم (12 جم) من الكربون-12.

مثال:

مول من الأرجون، والذي يوجد دائماً على شكل ذرات أرجون مفردة: الكتلة الذرية للأرجون هي 40.0. وبالتالي، فإن مولاً واحداً من الأرجون يُعادل 40.0 جم من الأرجون.

مول واحد من الهيدروجين العنصري الجزيئي، H_2 : الكتلة الذرية لـ H هي 1.0، وبالتالي، الكتلة الجزيئية لـ H_2 هي 2.0، ومول واحد من H_2 يساوي 2.0 غرام من H_2 .

مول واحد من الميثان، CH_4 : الكتلة الذرية لـ H هي 1.0، وكتلة C هي 12.0، وبالتالي، الكتلة الجزيئية لـ CH_4 هي 16.0. وبالتالي، فإن كتلة مول واحد من الميثان تساوي 16.0 غرام.

The Mole and Avogadro's Number

Avogadro's number (6.02×10^{23}) the number of specified entities in a mole of substance. The "specified entities" may consist of atoms or molecules or they may be groups of ions making up the smallest possible unit of an ionic compound.

Example:

Substance	Formula unit	Formula mass	Mass of 1 mole	Numbers and kinds of individual entities in 1 mole
Helium	He atom	4.003^a	4.003 g	6.02×10^{23} (Avogadro's number) of He atoms
Fluorine gas	F ₂ molecule	38.00^b	38.00 g	6.02×10^{23} F ₂ molecules $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ F atoms
Methane	CH ₄ molecules	16.04^b	16.04 g	6.02×10^{23} CH ₄ molecules 6.02×10^{23} C atoms $4 \times 6.02 \times 10^{23}$ H atoms
Sodium oxide	Na ₂ O	62.00^c	62.00 g	6.02×10^{23} Na ₂ O formula units $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ Na ⁺ ions 6.02×10^{23} O ²⁻ atoms

^a Specifically, atomic mass

^b Specifically, molecular mass

PHYSICAL PROPERTIES OF MATTER

Physical properties of matter are those that can be measured without altering the chemical composition of the matter.

Physical properties are important in describing and identifying particular kinds matter

Physical properties are very useful in assessing the hazards and predicting the fates of environmental pollutants.

An organic substance that readily forms a vapor (volatile organic compound) will tend to enter the atmosphere or to pose an inhalation hazard.

A brightly colored water soluble pollutant may cause deterioration of water quality by adding water “color.” Much of the health hazard of asbestos is its tendency to form extremely small-diameter fibers that are readily carried far into the lungs and that can puncture individual cells.

Several important physical properties of matter are density, color, solubility. And Thermal Properties.

الخصائص الفيزيائية للمادة

الخصائص الفيزيائية للمادة هي تلك التي يمكن قياسها دون تغيير تركيبها الكيميائي.

تُعدّ الخصائص الفيزيائية مهمة في وصف وتحديد أنواع معينة من المواد.

وتُعدّ الخصائص الفيزيائية مفيدة للغاية في تقييم المخاطر والتنبؤ بمصير الملوثات البيئية.

تميل المادة العضوية التي تُشكّل بخارًا (مركبًا عضويًا متطايرًا) بسهولة إلى دخول الغلاف الجوي أو تُشكّل خطر استنشاق.

قد يُسبب ملوث ذو لون زاهٍ وقابل للذوبان في الماء تدهورًا في جودة المياه بإضافة "لون" إليها. يكمن جزء كبير من المخاطر الصحية للأسبستوس في ميله إلى تكوين ألياف صغيرة القطر للغاية، والتي تنتقل بسهولة إلى الرئتين، ويمكنها ثقب الخلايا الفردية.

من الخصائص الفيزيائية المهمة للمادة: الكثافة، واللون، والذوبان، والخصائص الحرارية.

Density (d) is defined as mass per unit volume and is expressed by the formula

$$d = \text{mass} / \text{volume}$$

Density may be expressed in any units of mass or volume. The densities of liquids and solids are normally given in units of grams per cubic centimeter (g/cm^3 , the same as grams per milliliter, g/ml)

The volume of a given mass of substance varies with temperature, so the density is a function of temperature.

This variation is relatively small for solids, greater for liquids, and very high for gases.

The temperature-dependent variation of density is an important property of water and results in stratification of bodies of water, which greatly affects the environmental chemistry that occurs in lakes and reservoirs.

The combined temperature/pressure relationship for the density of air causes air to become stratified into layers, particularly the troposphere near the surface and the stratosphere from about 13 to 50 kilometers altitude.

تُعرّف **الكثافة** بأنها الكتلة لكل وحدة حجم، ويُعبّر عنها بالصيغة التالية:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

يمكن التعبير عن الكثافة بأي وحدة كتلة أو حجم. تُقدّر كثافات السوائل والمواد الصلبة عادةً بوحدة غرام لكل سنتيمتر مكعب (غ/سم³)، وهي نفس وحدة غرام لكل مليلتر، غ/مل.

يتغير حجم كتلة معينة من المادة بتغير درجة الحرارة، لذا فإن الكثافة مرتبطة بدرجة الحرارة.

يكون هذا التغير صغيراً نسبياً في المواد الصلبة، وأكبر في السوائل، وعالياً جداً في الغازات.

يُعد التغير في الكثافة المرتبط بدرجة الحرارة خاصية مهمة للماء، ويؤدي إلى تراكم المسطحات المائية، مما يؤثر بشكل كبير على الكيمياء البيئية في البحيرات والخزانات المائية.

تؤدي العلاقة بين درجة الحرارة والضغط لكثافة الهواء إلى تراكم الهواء إلى طبقات، وخاصةً طبقة التروبوسفير بالقرب من السطح، وطبقة الستراتوسفير من ارتفاع يتراوح بين 13 و50 كيلومتراً

Specific Gravity

Often densities are expressed by means of specific gravity defined as the ratio of the density of a substance to that of a standard substance.

For solids and liquids, the standard substance is usually water; for gases it is usually air.

For example, the density of ethanol (ethyl alcohol) at 20°C is 0.7895 g/ml. The specific gravity of ethanol at 20°C referred to water at 4°C is given by

$$\text{Specific gravity} = \frac{\text{density of ethanol}}{\text{density of water}} = \frac{0.7895 \text{ g/mL}}{1.0000 \text{ g/mL}} = 0.7895$$

For an exact value of specific gravity, the temperatures of the substances should be specified.

In this case the notation of “specific gravity of ethanol at 20°/4° C” shows that the specific gravity is the ratio of the density of ethanol at 20°C to that of water at 4°C.

Color is one of the more useful properties for identifying substances without doing any chemical or physical tests.

A violet vapor, for example, is characteristic of iodine.

A red/brown gas could well be bromine or nitrogen dioxide (NO_2)

A characteristic yellow/brown color in water may be indicative of organically bound iron.

The **human eye** responds to colors of electromagnetic radiation ranging in wavelength from about **400 nanometers (nm) to somewhat over 700 nm**.

Within this wavelength range humans see light; immediately **below 400 nm** is **ultraviolet radiation**, and somewhat **above 700 nm** is **infrared radiation**.

Light with a mixture of wavelengths throughout the visible region, such as sunlight, appears white to the eye.

Light over narrower wavelength regions has the following colors: **400–450 nm, blue; 490–550 nm, green; 550–580 nm, yellow; 580–650 nm, orange, 650 nm–upper limit of visible region, red**. Solutions are colored because of the light they absorb. Red, orange, and yellow solutions absorb violet and blue light; purple solutions absorb green and yellow light; and blue and green solutions absorb orange and red light. Solutions that do not absorb light are colorless (clear); solids that do not absorb light are white.

يُعدّ اللون من أكثر الخصائص فائدةً في تحديد المواد دون الحاجة إلى إجراء أي اختبارات كيميائية أو فيزيائية. على سبيل المثال، يُعدّ البخار البنفسجي سمةً مميزةً لليود.

قد يكون الغاز الأحمر/البني مُركَّبًا في البروم أو ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)

قد يدلّ اللون الأصفر/البني المميز في الماء على وجود حديد مرتبط عضويًا.

تستجيب العين البشرية لألوان الإشعاع الكهرومغناطيسي التي يتراوح طولها الموجي بين حوالي 400 نانومتر (nm) وما يزيد قليلاً عن 700 نانومتر.

ضمن هذا النطاق من الأطوال الموجية، يرى الإنسان الضوء؛ ويكون الأشعة فوق البنفسجية أقل من 400 نانومتر مباشرةً، والأشعة تحت الحمراء أعلى من 700 نانومتر بقليل.

يبدو الضوء الذي يحتوي على مزيج من الأطوال الموجية في المنطقة المرئية، مثل ضوء الشمس، أبيض اللون للعين.

يظهر الضوء في مناطق أطوال موجية أضيق بالألوان التالية: 400-450 نانومتر، أزرق؛ 490-550 نانومتر، أخضر؛ 550-580 نانومتر، أصفر؛ 580-650 نانومتر، برتقالي، 650 نانومتر - الحد الأعلى للمنطقة المرئية، أحمر. تُلَوّن المحاليل بسبب امتصاصها للضوء. تمتص المحاليل الحمراء والبرتقالية والصفراء الضوء البنفسجي والأزرق؛ وتمتص المحاليل البنفسجية الضوء الأخضر والأصفر؛ وتمتص المحاليل الزرقاء والخضراء الضوء البرتقالي والأحمر. المحاليل التي لا تمتص الضوء تكون عديمة اللون (شفافة)؛ أما المواد الصلبة التي لا تمتص الضوء فهي بيضاء.

STATES OF MATTER

Solids have a definite shape and volume.

Liquids have an indefinite shape and take on the shape of the container in which they are contained.

Solids and liquids are not significantly compressible, which means that a specific quantity of a substance has a definite volume and cannot be squeezed into a significantly smaller volume.

Gases take on both the shape and volume of their containers.

A quantity of gas can be compressed to a very small volume and will expand to occupy the volume of any container into which it is introduced.

Changes in matter from one phase to another are very important in the environment.

Example, water vapor changing from the gas phase to liquid results in cloud formation or precipitation.

Water is desalinated by producing water vapor from sea water, leaving the solid salt behind, and recondensing the pure water vapor as a salt-free liquid.

حالات المادة

للمواد الصلبة شكل وحجم محددان.

للسوائل شكل غير محدد، وتتخذ شكل الوعاء الذي تحتويه.

المواد الصلبة والسائلة غير قابلة للانضغاط بشكل كبير، مما يعني أن كمية محددة من المادة لها حجم محدد، ولا يمكن ضغطها في حجم أصغر بكثير.

تتخذ الغازات شكل وحجم أوعيتها.

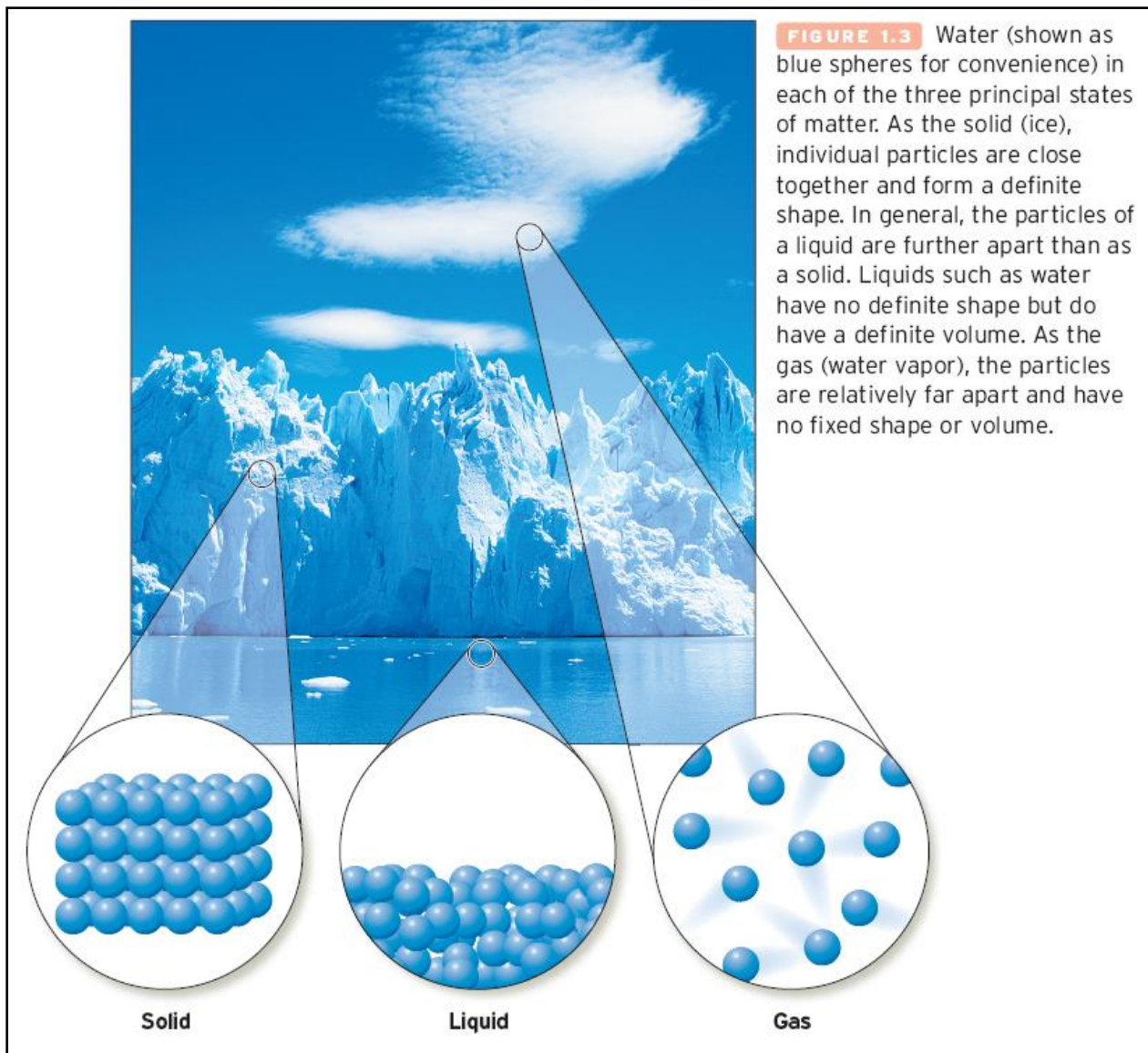
يمكن ضغط كمية من الغاز إلى حجم صغير جدًا، وستتمدد لتشغل حجم أي وعاء توضع فيه.

تُعد تغيرات المادة من حالة إلى أخرى بالغة الأهمية في البيئة.

على سبيل المثال، يؤدي تحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى السائل إلى تكوين السحب أو هطول الأمطار.

تُحلى المياه عن طريق إنتاج بخار الماء من مياه البحر، وترك الملح الصلب، وإعادة تكثيف بخار الماء النقي كسائل خالٍ من الملح.

State of Matter



GASES

Atmosphere is composed of a mixture of gases, the most abundant of which are nitrogen, oxygen, argon, carbon dioxide, and water vapor.

Gases are crucial to the well-being of life on Earth. Deprived of oxygen, an animal loses consciousness and dies within a short time.

Nitrogen extracted from the air is converted to chemically bound forms that are crucial to plant growth. Plants require carbon dioxide and water vapor condenses to produce rain.

Physically, gases are the “loosest” form of matter. A quantity of gas has neither a definite shape nor a definite volume so that it takes on the shape and volume of the container in which it is held.

The reason for this behavior is that gas molecules move independently and at random, bouncing off each other as they do so.

They move very rapidly; at 0°C the average molecule of hydrogen gas moves at 3600 miles per hour.

Gas molecules colliding with container walls exert pressure.

الغازات

يتكون الغلاف الجوي من خليط من الغازات، وأكثرها وفرةً النيتروجين والأكسجين والأرجون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

تُعدّ الغازات أساسيةً لاستمرار الحياة على الأرض. فعند حرمان الحيوان من الأكسجين، يفقد وعيه ويموت في غضون فترة قصيرة.

يتحول النيتروجين المستخرج من الهواء إلى أشكال مرتبطة كيميائياً، وهي ضرورية لنمو النباتات. تحتاج النباتات إلى ثاني أكسيد الكربون، ويتكثف بخار الماء لإنتاج المطر.

فيزيائياً، تُعدّ الغازات أكثر أشكال المادة مرونةً. فكمية الغاز ليس لها شكل ولا حجم محددان، لذا فهي تأخذ شكل وحجم الوعاء الذي تُحفظ فيه.

ويعود هذا السلوك إلى أن جزيئات الغاز تتحرك بشكل مستقل وعشوائي، وترتد عن بعضها البعض أثناء ذلك.

تتحرك الغازات بسرعة كبيرة؛ فعند درجة حرارة صفر مئوية، يتحرك متوسط جزيء غاز الهيدروجين بسرعة 3600 ميل في الساعة.

جزيئات الغاز التي تصطدم بجدران الحاوية تمارس الضغط.

The Gas Laws

Boyle's Law

a fixed quantity of gas is inversely proportional to the pressure of the gas. Boyle's law may be stated mathematically as $V = (\text{a constant}) 1/P$

Charles' Law

The **volume** of a fixed quantity of gas is **directly** proportional to the absolute **temperature** ($^{\circ}\text{C} + 273$) at constant pressure . $V = (\text{a constant}) \times T$ (where T is the temperature in Kelvin).

Example: calculate the volume of a gas with an initial volume of 10.0 L temperature changes from -11.0°C to 95.0°C at constant pressure.

$$T_1 = 273 + (-11) = 262 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 + 95 = 368 \text{ K}$$

$$V_2 = V_1 \times (T_2 / T_1)$$

$$V_2 = 10.0 \times (368 / 262) = 14 \text{ L}$$

Avogadro's Law

At constant temperature and pressure the volume of a gas is directly proportional to the number of molecules of gas, commonly expressed as moles .

$V = (\text{a constant}) \times n$ where n is the number of moles of gas.

The General Gas Law

The three gas laws just defined may be combined into a general gas law stating that the volume of a quantity of ideal gas is proportional to the number of moles of gas and its absolute temperature and inversely proportional to its pressure .

$$V = (\text{a constant}) \times nT/P$$

Designating the proportionality constant as the ideal gas constant, R , yields the ideal gas equation: $V = RnT / P$ or $PV = RnT$

The units of R depend upon the way in which the ideal gas equation is used. For calculations involving volume in liters and pressures in atmospheres, the value of R is **0.0821** L-atm/deg-mol.

The ideal gas equation shows that at a chosen temperature and pressure a mole of any gas should occupy the same volume.

A temperature of 0°C (273.15 K) and 1 atm pressure have been chosen as **standard temperature and pressure (STP)**.

At STP the volume of 1 mole of ideal gas is 22.4 L . This volume is called the molar volume of a gas.

Example: Calculate the volume of 0.333 moles of gas at 300 K under a pressure of 0.950 atm:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0.333 \text{ mol} \times 0.0821 \text{ L atm/K mol} \times 300 \text{ K}}{0.950 \text{ atm}} = 8.63 \text{ L}$$

Example: calculate the temperature of 2.50 mol of gas that occupies a volume of 52.6 L under a pressure of 1.15 atm:

$$T = \frac{PV}{nR} = \frac{1.15 \text{ atm} \times 52.6 \text{ L}}{2.50 \text{ mol} \times 0.0821 \text{ L atm/K mol}} = 295 \text{ K}$$

Where subscripts 1 and 2 denote parameters before and after any change, respectively, the following relationship can be derived from the fact that R is a constant in the ideal gas law equation:

$$\frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} = \frac{P_1 V_1}{n_1 T_1}$$

LIQUIDS AND SOLUTIONS

Molecules of liquids are close enough together that they can be regarded as “touching” and are strongly attracted to each other.

Like those of gases, however, the molecules of liquids move freely relative to each other. These characteristics give rise to several significant properties of liquids.

Liquids do not expand to fill their containers as do gases. Essentially, therefore, a given quantity of liquid occupies a fixed volume.

Because of the free movement of molecules relative to each other in a liquid, it takes on the shape of that portion of the container that it occupies.

Evaporation and Condensation of Liquids

The molecules of liquid water are in constant motion. They have a distribution of energies such that there are more higher energy molecules at higher temperatures.

They escape from the mass of liquid and enter the gas phase. This phenomenon is called evaporation.

Molecules of liquid in the gas phase, such as water vapor molecules, may come together or strike the surface of the liquid and reenter the liquid phase. This process is called condensation.

السوائل والمحاليل

وكما هو الحال في الغازات، تتحرك جزيئات السوائل بحرية نسبية. تُنتج هذه الخصائص العديد من الخصائص المهمة للسوائل.

لا تتمدد السوائل لملء أوعيتها كما تفعل الغازات. وبالتالي، تشغل كمية معينة من السائل حجمًا ثابتًا.

نظرًا للحركة الحرة للجزيئات بالنسبة لبعضها البعض في السائل، فإنها تتخذ شكل الجزء الذي تشغله من الوعاء.

تبخر وتكثيف السوائل

جزيئات الماء السائل في حركة مستمرة. ولها توزيع طاقات معين، بحيث يكون هناك عدد أكبر من الجزيئات ذات الطاقة الأعلى عند درجات حرارة أعلى.

تحرر هذه الجزيئات من كتلة السائل وتدخل الطور الغازي. تُسمى هذه الظاهرة التبخر.

قد تتجمع جزيئات السائل في الطور الغازي، مثل جزيئات بخار الماء، أو تصطدم بسطح السائل وتعود إلى الطور السائل. تُسمى هذه العملية التكثيف.

Vapor Pressure

In a confined area above a liquid, equilibrium is established between the evaporation and condensation of molecules from the liquid.

For a given temperature, this results in a steady-state level of the vapor, which can be described as a pressure.

Such a pressure is called the vapor pressure .

Vapor pressure is very important in determining the fates and effects of substances, including hazardous substances, in the environment.

Loss of a liquid by evaporation to the atmosphere increases with increasing vapor pressure and is an important mechanism by which volatile pollutants enter the atmosphere.

High vapor pressure of a flammable liquid can result in the formation of explosive mixtures of vapor above a liquid, such as in a storage tank.

ضغط البخار

في منطقة محصورة فوق سائل، يتحقق التوازن بين تبخر جزيئات السائل وتكثيفها.

عند درجة حرارة معينة، ينتج عن ذلك مستوى ثابت من البخار، والذي يمكن وصفه بالضغط.

يُسمى هذا الضغط ضغط البخار.

يُعد ضغط البخار بالغ الأهمية في تحديد مصائر وتأثيرات المواد، بما في ذلك المواد الخطرة، في البيئة.

يزداد فقدان السائل عن طريق التبخر إلى الغلاف الجوي مع زيادة ضغط البخار، وهو آلية مهمة لدخول الملوثات المتطايرة إلى الغلاف الجوي.

يمكن أن يؤدي ارتفاع ضغط البخار لسائل قابل للاشتعال إلى تكوين مخاليط متفجرة من البخار فوق السائل، كما هو الحال في خزانات التخزين.

Solutions

Solutions are homogeneous mixtures. Solutions are regarded as liquids in which quantities of gases, solids, or other liquids are dispersed as individual ions or molecules.

Rainwater, for example, is a solution containing molecules of N_2 , O_2 and CO_2 from air dispersed among the water molecules.

Rainwater from polluted air may contain harmful substances such as sulfuric acid (H_2SO_4) in small quantities among the water molecules.

The predominant **liquid** constituent of a solution is called the **solvent**.

A substance **dispersed** in it is said to be dissolved in the solvent and is called the **solute**.

Solids

The solid state is the most organized form of matter in that the atoms, molecules, and ions in it are in essentially fixed relative positions and are highly attracted to each other.

Therefore, solids have a definite shape, maintain a constant volume, are virtually non-compressible under pressure, and expand and contract only slightly with changes in temperature.

المحاليل مخاليط متجانسة. تُعتبر المحاليل سوائل تتشتت فيها كميات من الغازات أو المواد الصلبة أو غيرها من السوائل على شكل أيونات أو جزيئات فردية.

ماء المطر، على سبيل المثال، هو محلول يحتوي على جزيئات N_2 و O_2 و CO_2 من الهواء موزعة بين جزيئات الماء.

قد تحتوي مياه الأمطار من الهواء الملوث على مواد ضارة مثل حمض الكبريتيك (H_2SO_4) بكميات صغيرة بين جزيئات الماء.

يُسمى المكون **السائل الرئيسي** في المحلول **بالمذيب**.

يُقال إن المادة **المنتشرة** فيه مذابة في المذيب وتُسمى **المذاب**.

المواد الصلبة

الحالة الصلبة هي أكثر أشكال المادة تنظيماً، حيث تكون الذرات والجزيئات والأيونات فيها في مواقع نسبية ثابتة تقريباً، وتتجاذب بشدة مع بعضها البعض. لذلك، فإن المواد الصلبة لها شكل محدد، وتحافظ على حجم ثابت، وهي غير قابلة للضغط تقريباً تحت الضغط، وتمتد وتنكمش قليلاً فقط مع تغيرات درجة الحرارة.

Because of the strong attraction of the atoms, molecules, and ions of solids for each other, **solids** do not enter the **vapor phase** very readily at all; the phenomenon by which this happens to a limited extent is called **sublimation**

Some solids (quartz, sodium chloride) have very well defined **geometric shapes** and form characteristic **crystals**.

Other solids have **indefinite shapes** because their constituents are arranged at **random**; glass is such a solid. These are **amorphous solids**.

THERMAL PROPERTIES

The behavior of a substance when heated or cooled defines several important physical properties of it, including the temperature at which it melts or vaporizes.

Melting Point: The melting point of a pure substance is the temperature at which the substance changes from a solid to a liquid.

The melting point of a pure substance is indicative of the identity of the substance.

The melting behavior—whether melting occurs at a single temperature or over a temperature range—is a measure of substance purity.

بسبب التجاذب القوي بين ذرات وجزيئات وأيونات المواد الصلبة، لا تدخل المواد **الصلبة طور البخار** بسهولة؛ وتُسمى هذه الظاهرة، وإن كانت محدودة، **بالتسامي**.

بعض المواد الصلبة (مثل الكوارتز وكلوريد الصوديوم) لها **أشكال هندسية** محددة بدقة، وتُشكل **بلورات** مميزة.

بعض المواد الصلبة الأخرى لها **أشكال غير محددة** لأن مكوناتها مرتبة **عشوائياً**؛ والزجاج مادة صلبة كهذه. هذه **مواد صلبة غير متبلورة**.

الخواص الحرارية

يُحدد سلوك المادة عند تسخينها أو تبريدها عدة خصائص فيزيائية مهمة، بما في ذلك درجة الحرارة التي تنصهر عندها أو تتبخر.

درجة الانصهار: درجة انصهار المادة النقية هي درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى السائلة.

درجة انصهار المادة النقية مؤشر على هويتها.

يُعد سلوك الانصهار - سواء حدث عند درجة حرارة واحدة أو ضمن نطاق درجات حرارة - مقياساً لنقاء المادة.

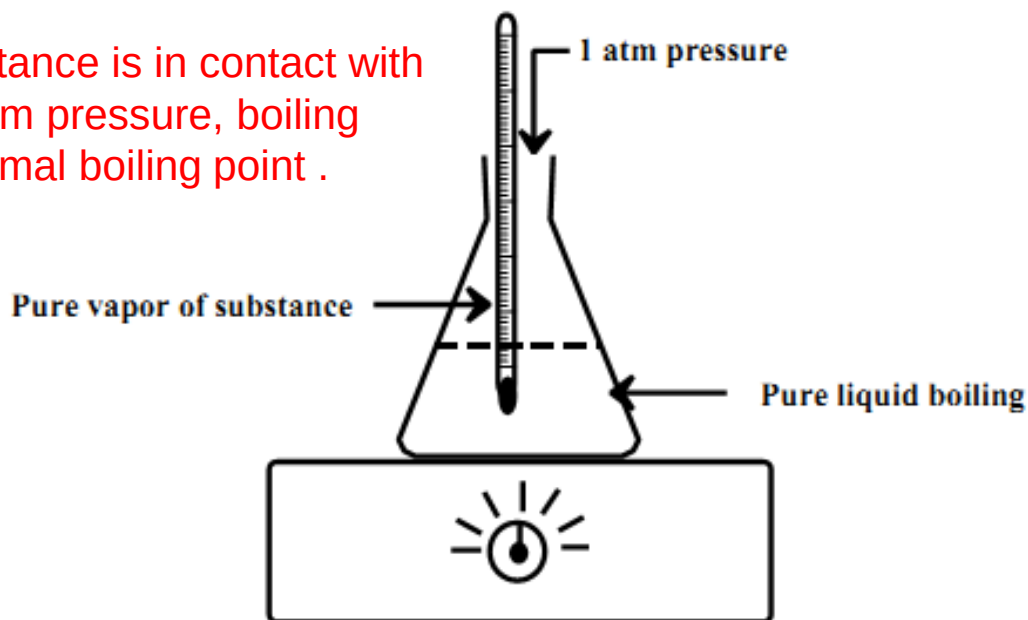
Boiling Point

Boiling occurs when a liquid is heated to a temperature such that bubbles of vapor of the substance are evolved.

The boiling temperature depends upon pressure, and reduced pressures can be used to cause liquids to boil at lower temperatures.

The boiling point is useful for identifying liquids. The extent to which the boiling temperature is constant as the liquid is converted to vapor is a measure of the purity of the liquid.

When the surface of a pure liquid substance is in contact with the pure vapor of the substance at 1 atm pressure, boiling occurs at a temperature called the normal boiling point.

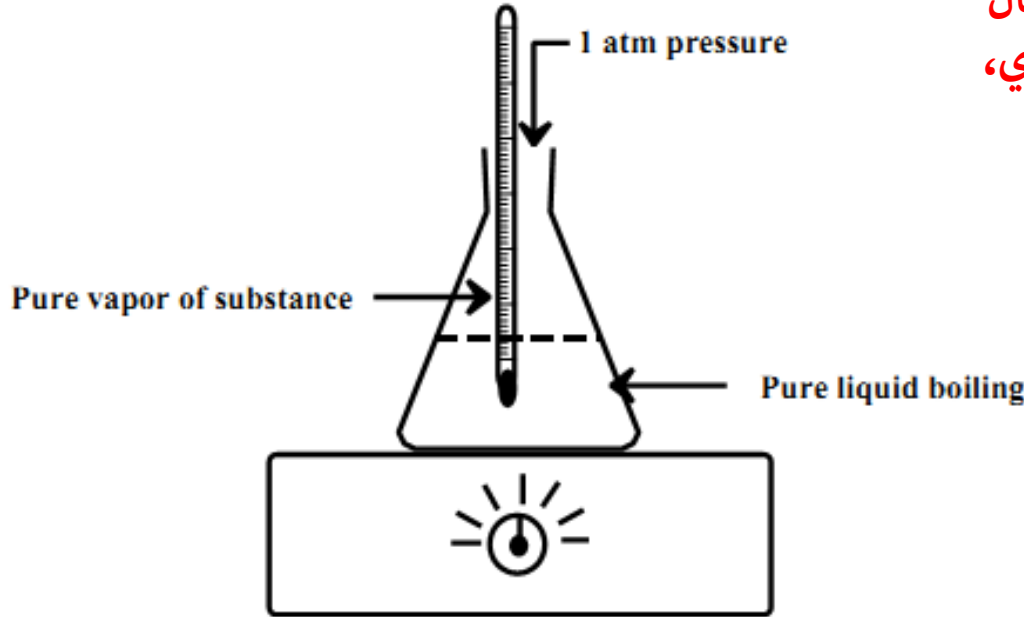


Boiling Point

يحدث الغليان عند تسخين سائل إلى درجة حرارة تسمح بتصاعد فقاعات بخاره.

تعتمد درجة الغليان على الضغط، ويمكن استخدام ضغوط منخفضة لغليان السوائل عند درجات حرارة منخفضة.

تُستخدم درجة الغليان في تحديد السوائل. ويُعدّ ثبات درجة الغليان أثناء تحوّل السائل إلى بخار مقياسًا لنقاء السائل.



• عندما يكون سطح مادة سائلة نقية على اتصال مع بخار المادة النقي عند ضغط 1 ضغط جوي، يحدث الغليان عند درجة حرارة تسمى نقطة الغليان العادية.

Specific Heat: The amount of heat energy required to raise the temperature of a unit mass of a solid or liquid substance by a degree of temperature varies with the substance.

The very high amount of energy required to increase the temperature of water has some important environmental implications because it stabilizes the temperatures of bodies of water and of geographic areas close to bodies of water.

In contrast to water, hydrocarbon liquids such as those in gasoline require relatively little heat for warming because the molecules interact much less with each other than do those of water.

$$\text{Specific heat} = \frac{\text{heat energy absorbed, J}}{(\text{mass, g})(\text{increase in temperature, } ^\circ\text{C})}$$

where the heat energy is in units of joule, J. The most important value of specific heat is that of water, 4.18 J/g°C.

The amount of heat, q , required to raise the mass, m , of a particular substance over a temperature range of ΔT is

$$q = (\text{specific heat}) \times m \times \Delta T$$

Example: consider the amount of heat required to raise the temperature of 11.6 g of liquid water from 14.3°C to 21.8°C:

$$q = 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 11.6 \text{ g} \times (21.8^\circ\text{C} - 14.3^\circ\text{C}) = 364 \text{ J}$$

الحرارة النوعية: كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة كتلة من مادة صلبة أو سائلة درجة واحدة، وتختلف باختلاف المادة.

وللكمية العالية جدًا من الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء آثار بيئية مهمة، إذ تُثبَّت درجات حرارة المسطحات المائية والمناطق الجغرافية القريبة منها.

على عكس الماء، تتطلب السوائل الهيدروكربونية، مثل تلك الموجودة في البنزين، حرارة أقل نسبيًا للتسخين، لأن جزيئاتها تتفاعل مع بعضها البعض بدرجة أقل بكثير من جزيئات الماء.

$$\text{Specific heat} = \frac{\text{heat energy absorbed, J}}{(\text{mass, g})(\text{increase in temperature, } ^\circ\text{C})}$$

where the heat energy is in units of joule, J. The most important value of specific heat is that of water, 4.18 J/g°C.

The amount of heat, q , required to raise the mass, m , of a particular substance over a temperature range of ΔT is

$$q = (\text{specific heat}) \times m \times \Delta T$$

Example: consider the amount of heat required to raise the temperature of 11.6 g of liquid water from 14.3°C to 21.8°C:

$$q = 4.18 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} \times 11.6 \text{ g} \times (21.8^\circ\text{C} - 14.3^\circ\text{C}) = 364 \text{ J}$$

Heat of vaporization: is the quantity of heat taken up in converting a unit mass of liquid entirely to vapor at a constant temperature. The heat of vaporization of water is 2,260 J/g (2.26 kJ/g) for water boiling at 100°C at 1 atm pressure.

When water vapor **condenses**, similar enormous amounts of heat energy, called **heat of condensation**, are released.

This occurs when water vapor forms precipitation in storm clouds and is the driving force behind the tremendous releases of heat that occur in thunderstorms and hurricanes.

The heat of vaporization of water can be used to calculate the heat required to evaporate a quantity of water.

Example: The heat, q , required to evaporate 2.50 g of liquid water is

$$q = (\text{heat of vaporization})(\text{mass of water}) = 2.26 \text{ kJ/g} \times 2.50 \text{ g} = 5.65 \text{ kJ}$$

and that released when 5.00 g of water vapor condenses is

$$q = -(\text{heat of vaporization})(\text{mass of water})$$

$= -2.26 \text{ kJ/g} \times 5.00 \text{ g} = -11.3 \text{ kJ}$. The latter value is negative to express the fact that heat is released.

حرارة التبخر: هي كمية الحرارة المستهلكة لتحويل وحدة كتلة من السائل بالكامل إلى بخار عند درجة حرارة ثابتة. تبلغ حرارة تبخر الماء 2260 جول/جم (2.26 كيلوجول/جم) للماء الذي يغلي عند درجة حرارة 100 درجة مئوية وضغط جوي واحد.

عندما **يتكثف** بخار الماء، تنطلق كميات هائلة مماثلة من الطاقة الحرارية، تُسمى **حرارة التكثيف**.

يحدث هذا عندما يتشكل بخار الماء على شكل أمطار في السحب الرعدية، وهو القوة الدافعة وراء الانبعاثات الحرارية الهائلة التي تحدث في العواصف الرعدية والأعاصير.

يمكن استخدام حرارة تبخر الماء لحساب الحرارة اللازمة لتبخير كمية من الماء.

مثال: الحرارة، q ، اللازمة لتبخير ٢,٥٠ غرام من الماء السائل هي

$$q = (\text{حرارة التبخر}) (\text{كتلة الماء}) = ٢,٢٦ \text{ كيلوجول/غرام} \times ٢,٥٠ \text{ غرام} = ٥,٦٥ \text{ كيلوجول}$$

والحرارة المنطلقة عند تكثف ٥,٠٠ غرام من بخار الماء هي

$$q = - (\text{حرارة التبخر}) (\text{كتلة الماء})$$

$$= - ٢,٢٦ \text{ كيلوجول/غرام} \times ٥,٠٠ \text{ غرام} = - ١١,٣ \text{ كيلوجول. هذه القيمة الأخيرة سالبة للتعبير عن انطلاق الحرارة.}$$

Heat of fusion is the quantity of heat taken up in converting a unit mass of solid entirely to liquid at a constant temperature. The heat of fusion of water is 330 J/g for ice melting at 0°C.

Example: the heat, q , required to melt 2.50 g of ice is

$$q = (\text{heat of fusion})(\text{mass of water}) = 330 \text{ J/g} \times 2.50 \text{ g} = 825 \text{ J.}$$

and that released when 5.00 g of liquid water freezes is

$$q = -(\text{heat of fusion})(\text{mass of water}) = -330 \text{ J/g} \times 5.00 \text{ g} = -1,650 \text{ J}$$

SEPARATION AND CHARACTERIZATION OF MATTER

A very important aspect of the understanding of matter is the separation of mixtures of matter into their constituent pure substances.

Distillation consists of evaporating a liquid by heating and cooling the vapor so that it condenses back to the liquid in a different container.

Less-volatile constituents such as solids are left behind in the distillation flask; more-volatile impurities such as volatile organic compound pollutants in water will distill off first and can be placed in different containers before the major liquid constituent is collected.

حرارة الانصهار هي كمية الحرارة المستهلكة عند تحويل كتلة واحدة من مادة صلبة بالكامل إلى سائل عند درجة حرارة ثابتة. تبلغ حرارة انصهار الماء 330 جول/جم لذوبان الجليد عند درجة حرارة 0 مئوية.

مثال: الحرارة، q ، اللازمة لصهر 2.50 جم من الجليد هي:

$$q = (\text{حرارة الانصهار}) (\text{كتلة الماء}) = 330 \text{ جول/جم} \times 2.50 \text{ جم} = 825 \text{ جول}.$$

والحرارة المنبعثة عند تجمد 5.00 جم من الماء السائل هي:

$$q = - (\text{حرارة الانصهار}) (\text{كتلة الماء}) = -330 \text{ جول/جم} \times 5.00 \text{ جم} = -1650 \text{ جول}.$$

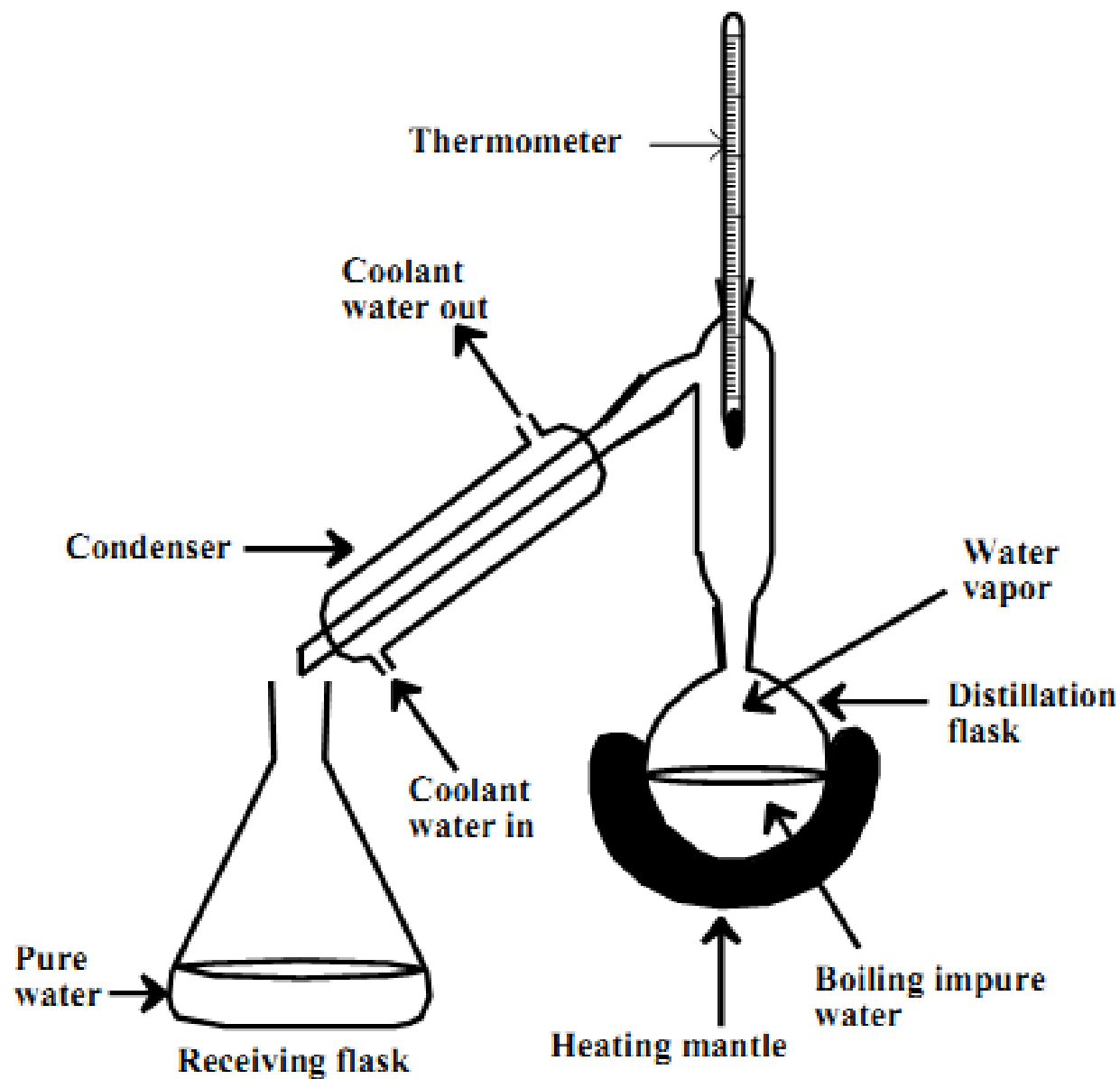
فصل وتصنيف المواد

من الجوانب المهمة لفهم المادة فصل مخاليط المادة إلى مكوناتها النقية.

تتمثل عملية التقطير في تبخير سائل عن طريق تسخين البخار وتبريده ليتكاثف مجددًا ليتحول إلى سائل في وعاء مختلف.

تُترك المكونات الأقل تطايرًا، مثل المواد الصلبة، في قارورة التقطير؛ بينما تُقَطَّر الشوائب الأكثر تطايرًا، مثل ملوثات المركبات العضوية المتطايرة في الماء، أولاً، ويمكن وضعها في أوعية مختلفة قبل جمع المكون السائل الرئيسي.

Separation by Distillation



The seawater to be purified is placed in a round-bottom distillation flask heated with an electrically powered heating mantle.

The seawater is boiled and pure water vapor in the gaseous state flows into the condenser where it is cooled and condensed back to a purified salt-free product in the receiving flask.

When most of the seawater has been evaporated, the distillation flask and its contents are cooled and part of the sodium chloride separates out as crystals that can be removed.

Sophisticated versions of this distillation process are used in some arid regions of the world to produce potable (drinking) water from seawater.

Distillation is widely used in the petroleum and chemical industries.

A sophisticated distillation apparatus is used to separate the numerous organic components of crude oil, including petroleum ether, gasoline, kerosene, and jet fuel fractions.

This requires fractional distillation in which part of the vapor recondenses in a fractionating column that would be mounted vertically on top of the distillation apparatus.

يُغلى ماء البحر، ويتدفق بخار الماء النقي في الحالة الغازية إلى المكثف، حيث يُبرّد ويكثّف مجددًا ليُصبح منتجًا نقيًا خاليًا من الملح في قارورة الاستقبال.

عندما يتبخر معظم ماء البحر، تُبرّد قارورة التقطير ومحتوياتها، وينفصل جزء من كلوريد الصوديوم على شكل بلورات قابلة للإزالة.

تُستخدم نسخ متطورة من عملية التقطير هذه في بعض المناطق القاحلة من العالم لإنتاج مياه صالحة للشرب من ماء البحر.

يُستخدم التقطير على نطاق واسع في صناعات البترول والكيميائيات.

يُستخدم جهاز تقطير متطور لفصل المكونات العضوية العديدة للنفط الخام، بما في ذلك إيثر البترول، والبنزين، والكيروسين، وجزيئات وقود الطائرات.

يتطلب هذا التقطير التجزيئي حيث يتكثف جزء من البخار في عمود تجزئة يتم تركيبه عموديا فوق جهاز التقطير.

Molecular Separation: often based upon membrane processes in which dissolved contaminants or solvent pass through a size-selective membrane under pressure.

Reverse osmosis is the most widely used of the membrane techniques. It operates by virtue of a membrane that is selectively permeable to water and excludes ionic solutes.

Reverse osmosis uses high pressures to force permeate through the membrane, producing a concentrate containing high levels of dissolved salts.

الفصل الجزيئي: يعتمد غالبًا على عمليات غشائية، حيث تمر الملوثات أو المذيبات المذابة عبر غشاء انتقائي الحجم تحت ضغط.

يُعد **التناضح العكسي** أكثر تقنيات الأغشية استخدامًا، حيث يعمل بفضل غشاء نفاذ انتقائي للماء، ويستبعد المواد المذابة الأيونية.

يستخدم التناضح العكسي ضغوطًا عالية لنفاذه عبر الغشاء، منتجًا مُركّزًا يحتوي على مستويات عالية من الأملاح المذابة.

Homework No. 2

1. Calculate the molecular masses of

- (a) C_2H_2 ,
- (b) N_2H_4 ,
- (c) Na_2O ,
- (d) O_3 (ozone),
- (e) PH_3 ,
- (f) CO_2 ,
- (g) $\text{C}_3\text{H}_9\text{O}$

2. Calculate the density of each of the following substances, for which the mass of a specified volume is given:

- (a) 93.6 g occupying 15 mL
- (b) 0.992 g occupying 1,005 mL
- (c) 13.7 g occupying 11.4 mL
- (d) 16.8 g occupying 3.19 mL

3. Calculate the molar concentration of solute in each of the following solutions:

- (a) Exactly 7.59 g of NH_3 dissolved in 1.500 L of solution.
- (b) Exactly 0.291 g of H_2SO_4 dissolved in 8.65 L of solution.
- (c) Exactly 85.2 g of NaOH dissolved in 5.00 L of solution.
- (d) Exactly 31.25 g of NaCl dissolved in 2.00 L of solution.
- (e) Exactly 6.00 mg of atmospheric N_2 dissolved in water in a total solution volume of 2.00 L.

3. Using the appropriate gas laws, calculate the quantities denoted by the blanks in the table below:

Conditions before				Conditions after			
n_1 , mol	V_1 , L	P_1 , atm	T_1 , K	n_2 , mol	V_2 , L	P_2 , atm	T_2 , K
1.25	13.2	1.27	298	1.25	(a) _____	0.987	298
1.25	13.2	1.27	298	1.25	(b) _____	1.27	407
1.25	13.2	1.27	298	4.00	(c) _____	1.27	298
1.25	13.2	1.27	298	1.36	(d) _____	1.06	372
1.25	13.2	1.27	298	1.25	30.5	(e) _____	298

4. Calculate the amount of heat required to raise the temperature of 7.25 g of liquid water from 22.7°C to 29.2°C.

5. Calculate the heat (q)

(a) required to evaporate 5.20 g of liquid water

(b) released when 6.50 g of water vapor condenses.