



General Chemistry 2

Ch6

Our Groups



قناة الاكاديمية



Telegram

Contents :

6-1 Properties of Gases: Gas Pressure

6-2 The Simple Gas Laws

6-3 Combining the Gas Laws:

The Ideal Gas Equation and
The General Gas Equation

6-4 Applications of the Ideal Gas Equation

6-5 Gases in Chemical Reactions

6-6 Mixtures of Gases

6-7 Kinetic—Molecular Theory of Gases

6-8 Gas Properties Relating to the Kinetic—Molecular Theory

6-9 Non-ideal (real) Gases

Focus on The Chemistry of Air-Bag Systems

6-1 Properties of Gases: Gas Pressure

خصائص الغازات: ضغط الغاز

Pressure is defined as a force per unit area

عرّف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة

- **Gas Pressure**

$$P \text{ (Pa)} = \frac{\text{Force (N)}}{\text{Area (m}^2\text{)}}$$

- **Liquid Pressure**

$$P = \frac{F}{A}$$

weight is a force

$$P = \frac{W}{A} = \frac{g \times m}{A} = \frac{g \times v \times d}{A} = \frac{g \times h \times A \times d}{A} = g \times h \times d$$

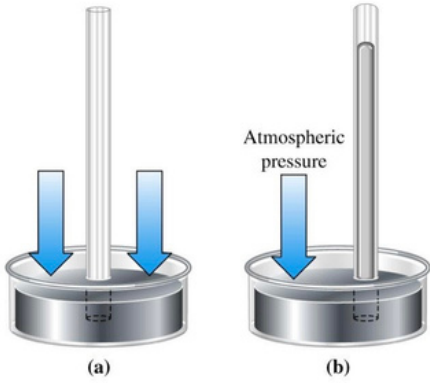
$$P = g \cdot h \cdot d$$

Barometric Pressure

الضغط الجوي

The atmosphere exerts a force on surfaces

الجو يُؤثر بقوة على الأسطح



Standard Atmospheric Pressure

1.00 atm

760 mm Hg, 760 torr

101.325 kPa

1.01325 bar

1013.25 mbar

Would it be possible to use water instead of mercury?

هل سيكون من الممكن استخدام الماء بدلاً من الزئبق؟

1. Mercury is relatively denser than water; the length of the column of water would have to be about 34 feet high to exert pressure equal to that of the atmosphere, while the column of mercury needs to be only 30 inches to exert pressure equal to that of the atmosphere.

الزئبق أكثر كثافة نسبيًا من الماء، ولذلك فإن طول عمود الماء يجب أن يكون حوالي 34 قدمًا ليُحدث ضغطًا يساوي ضغط الغلاف الجوي، بينما يحتاج عمود الزئبق إلى أن يكون طوله 30 بوصة فقط ليُحدث ضغطًا مساويًا لضغط الغلاف الجوي

2. Mercury has a very low vapor pressure when compared to that of water. So it is more sensitive than water to the changes in the atmospheric pressure and rises more quickly to record the changes in the atmospheric pressure.

للزئبق ضغط بخار منخفض جدًا مقارنةً بالماء، لذلك فهو أكثر حساسية من الماء للتغيرات في الضغط الجوي، ويرتفع بسرعة أكبر لتسجيل هذه التغيرات في الضغط الجوي

3. Mercury's freezing point is much lower than that of water, so it can record the atmospheric pressure at temperatures below that of 0 degrees centigrade.

نقطة تجمد الزئبق أقل بكثير من نقطة تجمد الماء، ولذلك يمكنه تسجيل الضغط الجوي عند درجات حرارة أقل من 0 درجة مئوية

4. Mercury does not evaporate easily, so very little mercury vapor enters the vacuum above the mercury in the tube

لا يتبخر الزئبق بسهولة، لذلك يدخل مقدار ضئيل جدًا من بخار الزئبق إلى الفراغ الموجود فوق الزئبق داخل الأنبوبة

5. Mercury, being a metal, shines brightly and so can be used to read the markings on the tube easily.

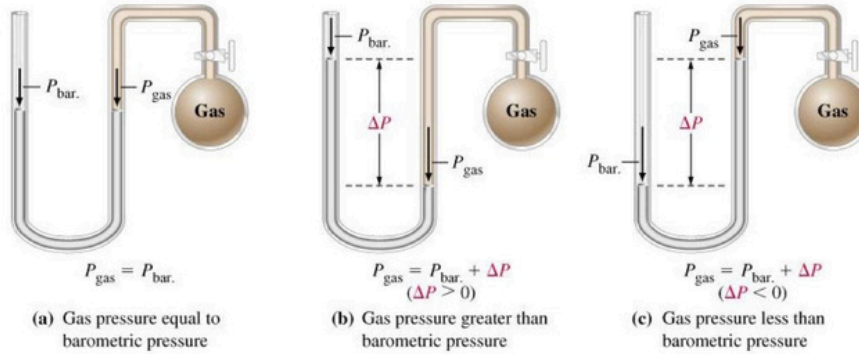
وبما أن الزئبق فلز لامع، فإنه يلمع بشدة، ولذلك يمكن استخدامه لقراءة التدريجات على الأنبوبة بسهولة

Manometers

A manometer is an instrument that is used to measure gas pressure
Manometers compare gas pressure and barometric pressure.



المانومتر هو جهاز يُستخدم لقياس ضغط الغاز. وتُقارن المانومترات بين ضغط الغاز والضغط الجوي (البارومتري)

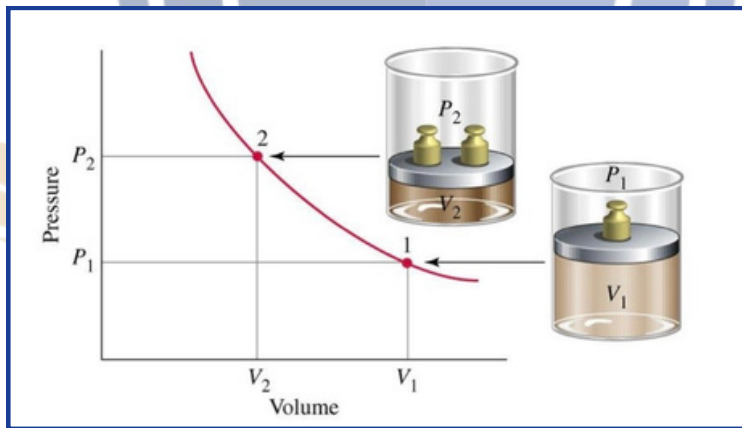


6-2 Simple Gas Laws قوانين الغازات البسيطة

Boyle 1662

$$P \propto \frac{1}{V}$$

$$PV = \text{constant}$$

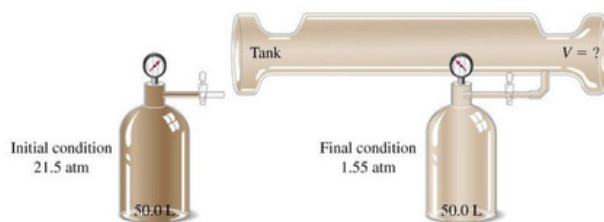


- For a fixed amount of gas at a constant temperature, the gas volume is inversely proportional to the gas pressure

لعدد ثابت من جزيئات الغاز عند درجة حرارة ثابتة، يكون حجم الغاز عكسيًا مع ضغط الغاز

Example 5-6

Relating Gas Volume and Pressure – Boyle's Law



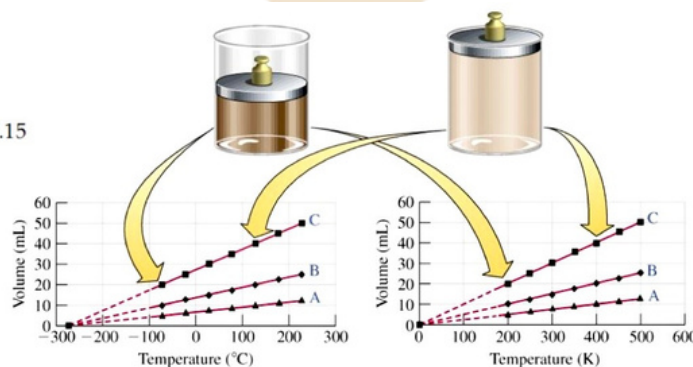
$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = 694 \text{ L} \quad V_{\text{tank}} = 644 \text{ L}$$

Charles's Law

$$V \propto T$$

$$V = b T$$

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$



- The volume of a fixed amount of gas at a constant pressure is directly proportional to the Kelvin (absolute) temperature

حجم كمية ثابتة من الغاز عند ضغط ثابت يتناسب طردياً مع درجة الحرارة بالكلفن (الحرارة المطلقة)

Example

A balloon is inflated to a volume of 2.50 L inside a house that is kept at 24 °C. Then it is taken outside on a very cold winter day. If the temperature outside is -25 °C, what will be the volume of the balloon when it is taken outside? Assume that the quantity of air in the balloon and its pressure both remain constant.

تم نفخ بالون إلى حجم 2.50 لتر داخل المنزل عند درجة حرارة 24°م. ثم أخذ إلى الخارج في يوم شتوي بارد جداً. إذا كانت درجة الحرارة في الخارج -25°م، فما سيكون حجم البالون عند أخذه إلى الخارج؟ افترض أن كمية الهواء في البالون والضغط كلاهما يظلان ثابتين.

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f} \quad (n \text{ constant, } P \text{ constant})$$

$$(248 / 297) \times 2.50\text{L}$$

Standard conditions of temperature and pressure (STP)

الظروف القياسية لدرجة الحرارة والضغط



- Gas properties depend on conditions
- Define standard conditions of temperature and pressure (STP).

عتمد خصائص الغاز على الظروف

عَرّف الظروف القياسية لدرجة الحرارة والضغط (STP)

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$
$$T = 0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$$

Avogadro's Law

• Gay-Lussac

Small volumes of gases react in the ratio of small whole numbers.

تتفاعل الحجوم الصغيرة من الغازات بنسبة أعداد صحيحة صغيرة

• Avogadro

- Equal volumes of gases have equal numbers of molecules and
- Gas molecules may break up when they react.

- تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات على أعداد متساوية من الجزيئات.
- قد تتفكك جزيئات الغاز عند تفاعلها.

At an a fixed temperature and pressure:

$$V \propto n \quad \text{or} \quad V = c n$$

At STP

$$1 \text{ mol gas} = 22.4 \text{ L gas}$$

6-3 Combining the Gas Laws: The Ideal Gas Equation and the General Gas Equation

دمج قوانين الغازات:
معادلة الغاز المثالي
والمعادلة العامة
للغازات

- Boyle's law $V \propto 1/P$
 - Charles's law $V \propto T$
 - Avogadro's law $V \propto n$
- $$V \propto \frac{nP}{T}$$

$$PV = nRT$$

The Gas Constant ثابت الغاز

$$PV = nRT$$

$$R = \frac{PV}{nT}$$

$$= 0.082057 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 8.3145 \text{ m}^3 \text{ Pa mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$= 8.3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

The General Gas Equation المعادلة العامة للغازات

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

If we hold the amount and volume constant:

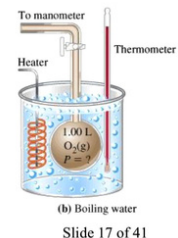
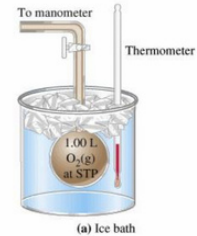
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Molar Mass Determination تحديد الكتلة المولية

$$PV = nRT \quad \text{and} \quad n = \frac{m}{M}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$M = \frac{m RT}{PV}$$



Example 6-10

Determining a Molar Mass with the Ideal Gas Equation.

Polypropylene is an important commercial chemical. It is used in the synthesis of other organic chemicals and in plastics production.

A glass vessel weighs 40.1305 g when clean, dry and evacuated; it weighs 138.2410 when filled with water at 25°C ($\delta = 0.9970 \text{ g cm}^{-3}$) and 40.2959 g when filled with propylene gas at 740.3 mm Hg and 24.0°C.

What is the molar mass of polypropylene?

تحديد الكتلة المولية باستخدام معادلة الغاز المثالي يُعدّ البولي بروبيلين مادة كيميائية تجارية مهمة. ويُستخدم في تخليق مواد عضوية أخرى وفي صناعة اللدائن (البلاستيك). يزن وعاء زجاجي 40.1305 غ عندما يكون نظيفاً وجافاً ومفراً من الهواء؛ ويزن 138.2410 غ عندما يُملأ بالماء عند 25°C (الكثافة $\delta = 0.9970 \text{ غ/سم}^3$)؛ ويزن 40.2959 غ عندما يُملأ بغاز البروبيلين عند ضغط 740.3 ملم زئبق ودرجة حرارة 24.0°C. ما الكتلة المولية للبولي بروبيلين؟

Strategy:

Determine V_{flask} . Determine m_{gas} . Use the Gas Equation.

Example 5-6

Determine V_{flask} :

$$V_{\text{flask}} = m_{\text{H}_2\text{O}} / d_{\text{H}_2\text{O}} = (138.2410 \text{ g} - 40.1305 \text{ g}) / (0.9970 \text{ g cm}^{-3}) \\ = 98.41 \text{ cm}^3 = 0.09841 \text{ L}$$

Determine m_{gas} :

$$m_{\text{gas}} = m_{\text{filled}} - m_{\text{empty}} = (40.2959 \text{ g} - 40.1305 \text{ g}) \\ = 0.1654 \text{ g}$$

Use the Gas Equation:

$$PV = nRT \qquad PV = \frac{m}{M} RT \qquad M = \frac{m RT}{PV}$$

$$M = \frac{(0.6145 \text{ g})(0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(297.2 \text{ K})}{(0.9741 \text{ atm})(0.09841 \text{ L})}$$

$$M = 42.08 \text{ g/mol}$$

Gas Densities كثافات الغازات

$$PV = nRT \quad \text{and} \quad d = \frac{m}{V} \qquad n = \frac{m}{M}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

$$\frac{m}{V} = d = \frac{MP}{RT}$$

6-5 Gases in Chemical Reactions الغازات في التفاعلات الكيميائية

- Stoichiometric factors relate gas quantities to quantities of other reactants or products (Law of combining volumes).

العوامل الستوكيومترية تربط كميات الغازات بكميات المتفاعلات أو النواتج الأخرى (قانون اتحاد الحجوم).

- Ideal gas equation used to relate the amount of a gas to volume, temperature and pressure.

تُستخدم معادلة الغاز المثالي لربط كمية الغاز بحجمه ودرجة حرارته وضغطه.

- Law of combining volumes can be developed using the gas law.

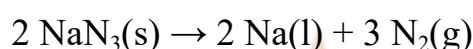
يمكن اشتقاق قانون اتحاد الحجوم باستخدام قانون الغاز.

Example 6-10

Using the Ideal gas Equation in Reaction Stoichiometry Calculations.

The decomposition of sodium azide, NaN_3 , at high temperatures produces $\text{N}_2(\text{g})$. Together with the necessary devices to initiate the reaction and trap the sodium metal formed, this reaction is used in **air-bag safety systems**. What volume of $\text{N}_2(\text{g})$, measured at 735 mm Hg and 26°C , is produced when 70.0 g NaN_3 is decomposed.

استخدام معادلة الغاز المثالي في حسابات الستويكيومترية للتفاعلات الكيميائية.
حلل أزيد الصوديوم (NaN_3) عند درجات حرارة عالية يُنتج غاز النيتروجين (N_2). مع الأجهزة اللازمة لبدء التفاعل وحجز الصوديوم الناتج، يُستخدم هذا التفاعل في أنظمة الأكياس الهوائية للسلامة.
ما حجم غاز N_2 ، عند قياسه عند 735 ملم زئبق ودرجة حرارة 26°C ، الناتج عند تحلل 70.0 غ من NaN_3 ؟



Determine moles of N_2 :

$$n_{\text{N}_2} = 70 \text{ g N}_3 \times \frac{1 \text{ mol NaN}_3}{65.01 \text{ g N}_3/\text{mol N}_3} \times \frac{3 \text{ mol N}_2}{2 \text{ mol NaN}_3} = 1.62 \text{ mol N}_2$$

Determine volume of N_2 :

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(1.62 \text{ mol})(0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(299 \text{ K})}{\left\{ (735 \text{ mm Hg}) \frac{1.00 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} \right\}}$$

$$= 41.1 \text{ L}$$

6-6 Mixtures of Gases مخاليط الغازات

- Gas laws apply to mixtures of non reactive gases.

تنطبق قوانين الغازات على مخاليط الغازات غير المتفاعلة.

- Simplest approach is to use n_{total}

أبسط طريقة هي استخدام عدد المولات الكلي n_{total}

- Partial pressure (Dalton's law)

– Each component of a gas mixture exerts a pressure that it would exert if it were in the container alone.

الضغط الجزئي (قانون دالتون):

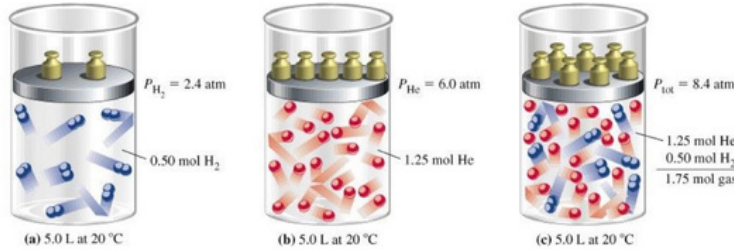
– كل مكون من مكونات خليط الغازات يؤثر بضغط يساوي الضغط الذي كان سيؤثر به لو كان موجودًا وحده في الوعاء.

Dalton's Law of Partial Pressure

قانون دالتون للضغوط الجزئية

Partial pressure is the pressure of a component of gas that contributes to the overall pressure.

الضغط الجزئي هو ضغط أحد مكونات الغاز الذي يساهم في الضغط الكلي للنظام.



Partial Pressure الضغط الجزئي

Dalton's law of partial pressures states that the total pressure of a mixture of gases is the sum of the partial pressures of the components of the mixture

ينص قانون دالتون للضغوط الجزئية على أن الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لمكونات ذلك الخليط.

$$P_{\text{tot}} = p_a + p_b + \dots$$

Partial volume is the volume that a gas would occupy at the total pressure in the chamber.

الحجم الجزئي هو الحجم الذي سيشغله الغاز عند الضغط الكلي داخل الوعاء.

$$V_a = n_a RT / P_{\text{tot}} \quad \text{and} \quad V_{\text{tot}} = V_a + V_b + \dots$$

$$\frac{V_a}{V_{\text{tot}}} = \frac{n_a RT / P_{\text{tot}}}{n_{\text{tot}} RT / P_{\text{tot}}} = \frac{n_a}{n_{\text{tot}}}$$

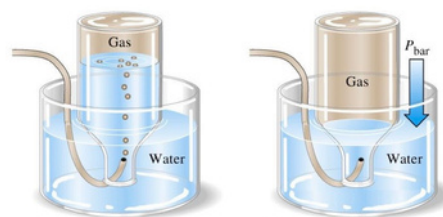
Recall $\frac{n_a}{n_{\text{tot}}} = x_a$ Mole fraction

$$\frac{P_a}{P_{\text{tot}}} = \frac{n_a RT / V_{\text{tot}}}{n_{\text{tot}} RT / V_{\text{tot}}} = \frac{n_a}{n_{\text{tot}}}$$

Pneumatic Trough الحوض الهوائي

The method works, of course, only for gases that are insoluble in the liquid and do not react with the liquid being displaced.

تنجح هذه الطريقة، بالطبع، فقط مع الغازات التي لا تذوب في السائل ولا تتفاعل مع السائل المُزاح.



Gas does not react with water
Gas does not dissolve in water

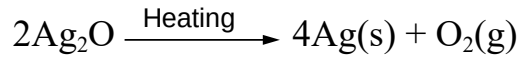
$$P_{\text{tot}} = P_{\text{bar}} = P_{\text{gas}} + P_{\text{H}_2\text{O}}$$

Practice

In the following reaction, 81.2 ml of O₂ (g) is collected over water at 23°C and barometric pressure 751 mmHg. What mass of Ag₂O(s) is decomposed?

Given the pressure of water at 23°C is 21.1 mmHg

في التفاعل التالي، تم جمع 81.2 مل من غاز O₂ فوق الماء عند درجة حرارة 23°C والضغط الجوي 751 ملم زئبق. ما كتلة أكسيد الفضة (Ag₂O) المتحللة؟ علماً بأن ضغط بخار الماء عند 23°C هو 21.1 ملم زئبق.



Indications : Use the principle of pneumatic trough

Use the Ideal gas equation in stoichiometric reactions

التعليمات: - استخدم مبدأ حوض الهواء (pneumatic trough)
- استخدم معادلة الغاز المثالي في التفاعلات الستوكيومترية

Solution

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{bar}} = P_{\text{O}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{O}_2} = P_{\text{bar}} - P_{\text{H}_2\text{O}} = 751 - 21.1 = 729.9 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{O}_2} = 0.9604 \text{ atm}$$

$$PV = nRT \Rightarrow$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.9604 \times 0.0812}{0.08206 \times 296} = 0.00321 \text{ moles of O}_2$$

Using the chemical reaction and considering the stoichiometric factors

باستخدام التفاعل الكيميائي وأخذ العوامل الستوكيومترية في الاعتبار:

- Number of moles of Ag₂O is 2 x 0.00321 = 0.00642 moles
- Mass of Ag₂O = 0.00642 x 231.7 = 1.49 g

6-7 Kinetic Molecular Theory

نظرية الحركة الجزيئية

Particles

- are point masses in constant, random, straight line motion.
- Particles are separated by great distances.
- Collisions are rapid and elastic.
- No force between particles (except very briefly during collision)
- Total energy remains constant.

- الجسيمات هي كتل نقطية تتحرك باستمرار وبشكل عشوائي وفي خطوط مستقيمة.
- الجسيمات مفصولة بمسافات كبيرة.
- التصادمات سريعة ومرنة.
- لا توجد قوة بين الجسيمات (إلا لفترة قصيرة جدًا أثناء التصادم).
- تبقى الطاقة الكلية ثابتة.

Pressure – Assessing Collision Forces

الضغط – تقييم قوى التصادم



Let us focus on a molecule traveling along the x direction toward a wall perpendicular to its path. The speed of the molecule is denoted by u_x . The force exerted on the wall by the molecule depends on the following factors.

دعونا نركز على جزيء يتحرك في اتجاه x نحو جدار عمودي على مساره. تُسمى سرعة الجزيء u_x . تعتمد القوة التي يؤثر بها الجزيء على الجدار على العوامل التالية:

- Frequency of collisions
تردد التصادمات

$$v = u_x \frac{N}{V}$$

- Impulse or momentum transfer,
النبضة أو انتقال (الزخم انتقال كمية الحركة)

$$I = mu_x$$

Pressure of a gas is proportional to impulse times frequency

ضغط الغاز يتناسب طرديًا مع حاصل ضرب الدفعة في التردد.

$$P \propto \frac{N}{V} mu_x^2$$

Pressure الضغط

However, the molecules in a gas sample are traveling at different speeds. Therefore, we must replace in the expression with the average value $\overline{u_x^2}$. There is absolutely nothing special about the x direction, so we should expect $\overline{u_x^2} = \overline{u_y^2} = \overline{u_z^2} = \frac{1}{3} \overline{u^2}$

ومع ذلك، فإن جزيئات عينة الغاز تتحرك بسرعات مختلفة، لذلك يجب أن نستبدل في التعبير بالقيمة المتوسطة له وهي $\overline{u_x^2}$ لا يوجد أي شيء مميز على الإطلاق في اتجاه x، لذلك ينبغي أن نتوقع

$$PV = \frac{1}{3} N m \overline{u^2}$$

$$3RT = \frac{N}{n} m \overline{u^2}$$

$$N_A = \frac{N}{n} \Rightarrow 3RT = N_A m \overline{u^2}$$

N_A is Avogadro's constant

mN_A represent the molar mass M

$$3RT = M \overline{u^2}$$

$PV = nRT$ so:

The root-mean-square speed, is obtained from $\overline{u^2}$

$$u_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{u^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$R = 8.3145 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

T (K)

M (Kg)

U_{rms} in m/s

Pressure and Molecular Speed الضغط وسرعة الجزيئات

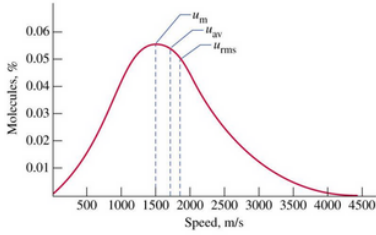
Three dimensional systems lead to:

$$P = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m \bar{u}^2$$

u_m is the modal speed (most probable speed)

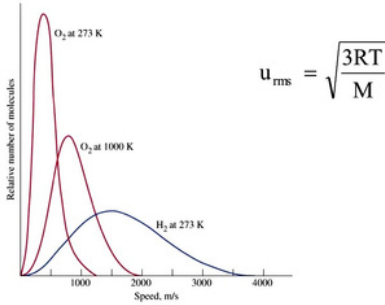
u_{av} is the simple average

$$u_{rms} = \sqrt{\bar{u}^2}$$



Distribution of Molecular Speeds The effect of mass and temperature

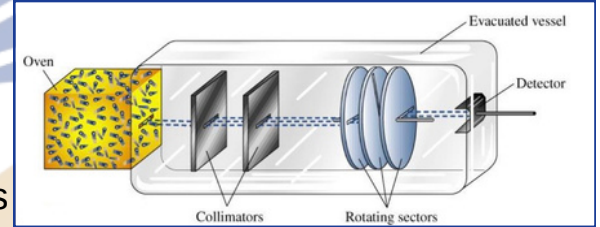
توزيع سرعات الجزيئات:
تأثير الكتلة ودرجة الحرارة



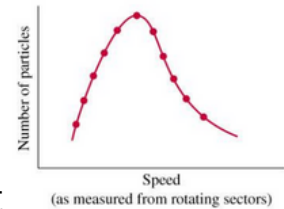
Determining Molecular Speed تحديد سرعة الجزيئات

This can be done using the apparatus shown in Figure 6-17.

- An oven and an evacuated chamber are separated by a wall with a small hole. Gas molecules are heated in the oven, pass through the hole, and then through collimators that form them into a beam.



يتم فصل فرنٍ وغرفةٍ مفرَّغةٍ من الهواء بواسطة جدارٍ يحتوي على ثقبٍ صغير. تُسخن جزيئات الغاز داخل الفرن، ثم تمر عبر الثقب، وبعد ذلك تمر عبر مُقوِّمات (collimators) تقوم بتشكيلها في صورة حزمة.



- The number of molecules is kept low to avoid collisions that could disturb the beam.

يُحافظ على عدد الجزيئات منخفضًا لتجنُّب حدوث تصادمات قد تؤدي إلى تشويش الحزمة

- The molecular beam passes through rotating disks, each with a slit. The slits on successive disks are offset by a fixed angle.

تمر الحزمة الجزيئية عبر أقراصٍ دوَّارة، يحتوي كلٌّ منها على شقٍّ. وتكون الشقوق في الأقراص المتتالية مزاحة بزاوية ثابتة.

- A molecule passing through the first rotating disk will pass through the second disk only if its velocity brings it to the disk exactly when the second slit appears. At a given rotation speed, only those molecules with the appropriate velocity can pass through the entire series of disks.

الجزء الذي يمر عبر القرص الأول لن يمر عبر القرص الثاني إلا إذا كانت سرعته تمكنه من الوصول إلى القرص بالضبط عند ظهور الشق الثاني. عند سرعة دوران معينة، لا تستطيع سوى الجزيئات ذات السرعة المناسبة المرور عبر كامل سلسلة الأقراص.

- The number of molecules reaching the detector is recorded for each rotation speed and plotted against it. Using the apparatus dimensions, disk rotation speeds are converted to molecular speeds.

سجل عدد الجزيئات التي تصل إلى الكاشف عند كل سرعة دوران، ويتم رسمها مقابل سرعة الدوران باستخدام أبعاد الجهاز، يمكن تحويل سرعات دوران الأقراص إلى سرعات الجزيئات

Average kinetic translational energy

متوسط الطاقة الحركية الانتقالية

$$PV = \frac{1}{3} N m \overline{u^2} = \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} m \overline{u^2} \right) = \frac{2}{3} N \bar{e}_k$$

$$PV = nRT \text{ so: } RT = \frac{2}{3} N_A \bar{e}_k$$

$$\text{Solve for } \bar{e}_k: \bar{e}_k = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} (T)$$

N.B: Average kinetic translational energy is directly proportional to temperature!

متوسط طاقة الحركة الانتقالية يتناسب طردياً مع درجة الحرارة

Practice

Calculate the root mean square speed of H_2 molecules at $25^\circ C$

احسب سرعة الجذر التربيعي لمتوسط مربع السرعة لجزيئات الهيدروجين (H_2) عند $25^\circ C$

$$R = 8.3145 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} = 8.3145 \text{ Kg.m}^2.\text{s}^{-2}.\text{K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

$$T = 25^\circ C = 25 + 273 = 298 \text{ K}; M = 2 \text{ g/mol} = 2 \times 10^{-3} \text{ Kg/mol}$$

$$u_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.3145 \times 298}{2 \times 10^{-3}}} = 1.92 \times 10^3 \text{ m/s}$$

Calculate the average translational kinetic energy of its molecules

احسب متوسط طاقة الحركة الانتقالية لجزيئاتها

$$\bar{e}_k = \frac{3}{2} \left(\frac{RT}{N_A} \right) = 1.5 \times \left(\frac{8.3145 \times 298}{6.023 \times 10^{23}} \right) = 6.17 \times 10^{-21} \text{ Joules}$$

6-8 Gas Properties Relating to the Kinetic-Molecular Theory

خصائص الغازات المتعلقة بنظرية الحركة الجزيئية

• **Diffusion** الانتشار

Net rate is proportional to molecular speed. المعدل الصافي يتناسب مع سرعة الجزيئات

• **Effusion** النفوذ

A related phenomenon. ظاهرة ذات صلة.

Graham's Law

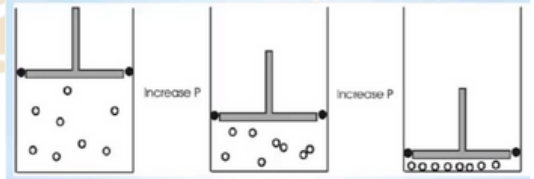
$$\frac{\text{rate of effusion of } A}{\text{rate of effusion of } B} = \frac{(u_{\text{rms}})_A}{(u_{\text{rms}})_B} = \sqrt{\frac{3RT/M_A}{3RT/M_B}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

- Only for gases at **low** pressure (natural escape, not a jet).
- Tiny orifice (no collisions) فقط للغازات عند ضغط منخفض (هروب طبيعي، وليس نفثًا).
- Does not apply to diffusion. ثقب صغير جدًا (دون تصادمات) لا ينطبق على الانتشار
- Ratio used can be ratio of : يمكن استخدام النسبة كالتالي :
 - Effusion (as above) - النفوذ (كما سبق)
 - Distances traveled by molecules - المسافات التي قطعها الجزيئات
 - Molecular speeds - سرعات الجزيئات
 - Amounts of gas effused. - كميات الغاز المنفذ
 - Effusion times - أزمنة النفوذ

6-9 Real Gases الغازات الحقيقية

- Compressibility factor for ideal gases $PV/nRT = 1$
- Deviations occur for real gases.
 - $PV/nRT > 1$ - molecular volume is significant.
 - $PV/nRT < 1$ - intermolecular forces of attraction.

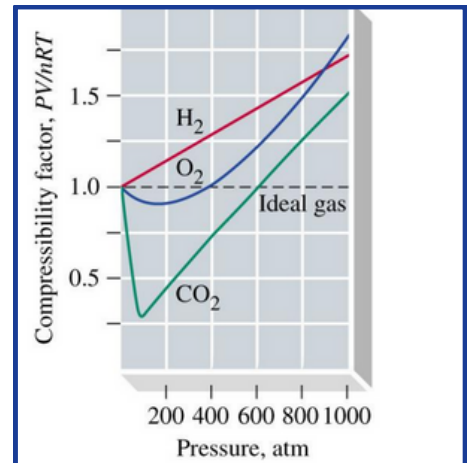
Compare 3 scenarios for gases in a piston...



N.B

- Values of the compressibility factor less than one signify that intermolecular forces of attraction are largely responsible for deviations from ideal gas behavior.
- Values greater than one are found when the volume of the gas molecules themselves is a significant fraction of the total gas volume

قيم معامل الانضغاطية الأقل من الواحد تشير إلى أن قوى التجاذب بين الجزيئات هي المسؤولة بدرجة كبيرة عن الانحرافات عن سلوك الغاز المثالي. أما القيم الأكبر من الواحد فتُلاحظ عندما يشكّل الحجم الذاتي لجزيئات الغاز جزءًا ملحوظًا من الحجم الكلي للغاز.



van der Waals Equation



$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

Pressure Factor

Volume Factor

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

In the modified volume factor, the term nb accounts for the volume of the molecules themselves. The parameter b is called the excluded volume per mole, and, to a rough approximation, it is the volume that one mole of gas occupies when it condenses to a liquid.

في عامل الحجم المعدل، يُشير الحد nb إلى حجم الجزيئات نفسها. ويُسمى المعامل b بالحجم المستبعد لكل مول، وبشكل تقريبي، هو الحجم الذي يشغله مول واحد من الغاز عند تكاثفه إلى سائل

Practice

Ex1 : If 2.2×10^{-4} mol N_2 (g) effuses through a tiny hole in 105 s, then how much H_2 (g) would effuse through the same orifice in 105 s ?

Solution

Analyze

Let us reason qualitatively: H_2 molecules are lighter than N_2 molecules, so H_2 (g) should effuse faster than N_2 (g) when the gases are compared at the same temperature. Before we set the ratio

جزيئات H_2 أخف من جزيئات N_2 ، لذلك من المتوقع أن H_2 (g) ينفذ (effuse) بسرعة أكبر من N_2 (g) عندما نقارن الغازين عند نفس درجة الحرارة. قبل أن نضع النسبة

$$\frac{\text{mol } H_2 \text{ effused}}{\text{mol } N_2 \text{ effused}}$$

equal to $\sqrt{\text{ratio of molar masses}}$, we must ensure that the ratio of molar masses is greater than 1.

يساوي الجذر التربيعي لنسبة الكتل المولية، ويجب أن نتأكد أولاً أن نسبة الكتل المولية أكبر من 1

Solve

$$\frac{? \text{ mol } H_2}{2.2 \times 10^{-4} \text{ mol } N_2} = \sqrt{\frac{M_{N_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{28.014}{2.016}} = 3.728$$

$$? \text{ mol } H_2 = 3.728 \times 2.2 \times 10^{-4} = 8.2 \times 10^{-4} \text{ mol } H_2$$

EX 2: Use the Vander Waals equation to calculate the pressure exerted by 1.00 mol Cl₂ (g) confined to a volume of 2.00 L at 273 K. The Value of a = 6.49L².atm.mol⁻² and that of b = 0.0562 L.mol⁻¹



Solution

Analyze

This is a straightforward application of equation (6.26). It is important to include units to make sure the units cancel out properly:

هذا تطبيق مباشر للمعادلة (6.26). من المهم إدراج الوحدات للتأكد من أن الوحدات تتلاشى (تلغي بعضها) بشكل صحيح

Solve

Solve equation (6.26) for P.

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{V^2}$$

Then substitute the following values into the equation

$$n = 1.00 \text{ mol} ; V = 2.00 \text{ L} ; T = 273 \text{ K} ; R = 0.08206 \text{ atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$n^2 a = (1.00)^2 \text{ mol}^2 \times 6.49 \frac{\text{L}^2 \text{ atm}}{\text{mol}^2} = 6.49 \text{ L}^2 \text{ atm}$$

$$nb = 1.00 \text{ mol} \times 0.0562 \text{ L mol}^{-1} = 0.0562 \text{ L}$$

$$P = \frac{1.00 \text{ mol} \times 0.08206 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 273 \text{ K}}{(2.00 - 0.0562) \text{ L}} - \frac{6.49 \text{ L}^2 \text{ atm}}{(2.00)^2 \text{ L}^2}$$

$$P = 11.5 \text{ atm} - 1.62 \text{ atm} = 9.9 \text{ atm}$$

Summary



1. Properties of Gases: A gas is described in terms of its pressure, temperature, volume, and amount

1. خواص الغازات: يُوصف الغاز من حيث الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، والكمية

2. The Simple Gas Laws The most common simple gas laws are Boyle's law relating gas pressure and volume; Charles's law relating gas volume and temperature; and Avogadro's law, relating volume and amount of gas.

2. قوانين الغازات البسيطة: أكثر قوانين الغازات البسيطة شيوعًا هي:
- قانون بويل الذي يربط بين ضغط الغاز والحجم. - قانون شارل الذي يربط بين حجم الغاز ودرجة الحرارة. - قانون أفوجادرو الذي يربط بين الحجم وكمية الغاز

3. Combining the Gas Laws: The Ideal Gas Equation and the General Gas Equation. The simple gas laws can be combined into the ideal gas equation, where R is called the gas constant. A gas whose behavior can be predicted with this equation is known as an ideal, or perfect gas.

3. دمج قوانين الغازات: معادلة الغاز المثالي والمعادلة العامة للغازات. يمكن دمج قوانين الغازات البسيطة لتكوين معادلة الغاز المثالي، حيث يُسمى R ثابت الغاز. الغاز الذي يمكن التنبؤ بسلوكه باستخدام هذه المعادلة يُعرف بالغاز المثالي أو الكامل

$$PV = nRT$$

The general gas equation is a useful variant of the ideal gas equation for describing the behavior of a gas when certain variables are held constant and others are allowed to change.

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

المعادلة العامة للغازات هي نسخة مفيدة من معادلة الغاز المثالي لوصف سلوك الغاز عندما تُحافظ بعض المتغيرات على ثباتها ويسمح للمتغيرات الأخرى بالتغير

4. Applications of the Ideal Gas Equation : An important application of the ideal gas equation is its use in determining molecular masses and gas densities

$$M = \frac{m RT}{PV} \quad \frac{m}{V} = d = \frac{MP}{RT}$$

4. تطبيقات معادلة الغاز المثالي: أحد التطبيقات المهمة لمعادلة الغاز المثالي هو استخدامها في تحديد الكتل الجزيئية وكثافة الغازات

5. Gases in Chemical Reactions : Because it relates the volume of a gas at a given temperature and pressure to the amount of gas, the ideal gas equation often enters into stoichiometric calculations for reactions involving gases. In calculations based on the volumes of two gaseous reactants and/or products measured at the same temperature and pressure, the law of combining volumes is generally applicable.

5. الغازات في التفاعلات الكيميائية: نظراً لأن معادلة الغاز المثالي تربط حجم الغاز عند درجة حرارة وضغط معينين بكمية الغاز، فإنها غالباً ما تُستخدم في الحسابات الكيميائية الستويكومترية للتفاعلات التي تشمل الغازات. في الحسابات التي تعتمد على حجوم متفاعلين و/أو نواتج غازية مقاسة عند نفس الدرجة الحرارية والضغط، يكون قانون تراكم الأحجام عادةً قابلاً للتطبيق.

6. Mixtures of Gases : The ideal gas equation applies to mixtures of ideal gases as well as to pure gases. The enabling principle, known as Dalton's law of partial pressures, is that each gas expands to fill the container, exerting the same pressure as if it were alone in the container. The total pressure is the sum of these partial pressures

6. خليط الغازات: تنطبق معادلة الغاز المثالي على خليط الغازات المثالية وكذلك على الغازات النقية. المبدأ الذي يتيح ذلك، المعروف باسم قانون دالتون للضغوط الجزئية، هو أن كل غاز يتمدد ليملأ الوعاء، مُحدثاً نفس الضغط كما لو كان وحده في الوعاء. الضغط الكلي هو مجموع هذه الضغوط الجزئية.

7. Kinetic-Molecular Theory of Gases :

7. نظرية الحركة الجزيئية للغازات

$$\bar{u}_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad \bar{e}_k = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} (T)$$

$$\frac{\text{rate of effusion of } A}{\text{rate of effusion of } B} = \frac{(u_{rms})_A}{(u_{rms})_B} = \sqrt{\frac{3RT/M_A}{3RT/M_B}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

8. Real gases and Vander Waales equation

8. الغازات الحقيقية ومعادلة فان دير فالز

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

**Chem 142- Chapter 6 –
Questions**

**3, 5, 9, 23, 25, 27, 29, 35,
40, 45, 47, 53, 55, 57, 65,
69, 74, 77, 82**



ARMS
ACADEMY

General Chemistry 2

Ch6



استثمر في تعليمك اليوم ، لتحصد
ثمار ذلك غداً

Our Groups



قناة الاكاديمية



Telegram