

Dalton's Law of Partial Pressure (قانون دالتون للضغط الجزئي)

- The relation between the pressures of the mixture of non-reacting gases enclosed in a vessel to their individual pressure is described in the law. (العلاقة بين ضغوط خليط الغازات غير المتفاعلة الموجودة في وعاء وبين ضغطها •). (الفردية موصوفة في القانون)
- The law was given by John Dalton in 1807 (صدر القانون من قبل جون دالتون •). (في عام 1807).
- *At constant temperature, the pressure exerted by a mixture of two or more non-reacting gases enclosed in a definite volume, is equal to the sum of the individual pressures which each gas would exert if present alone in the same volume.* (عند درجة حرارة ثابتة •). (يكون الضغط الذي يمارسه خليط من اثنين أو أكثر من الغازات غير المتفاعلة محاطاً بحجم محدد ، مساوياً ، لمجموع الضغوط الفردية التي سيبذلها كل غاز إذا كان موجوداً بمفرده في نفس الحجم)
- The individual pressures of gases are known as partial pressures. (تعرف الضغوط الفردية للغازات بالضغط الجزئية •).
- **Mathematically** (القانون رياضياً)

If P is the total pressure of the mixture of non-reacting gases at temperature T and volume V, and P_1, P_2, P_3, \dots represent the partial pressures of the gases, then (هو الضغط الكلي لخليط الغازات P إذا كان) P_1, P_2, P_3, \dots تمثل الضغوط الجزئية T غير المتفاعلة عند درجة الحرارة (V والحجم و P_1, P_2, P_3, \dots للغازات ، إذن)

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad (T, V \text{ are constant})$$

Partial Pressure in terms of Mole Fraction (الضغط الجزئي من حيث الكسر الجزيئي)

Mole fraction (X) defines the amount of a substance in a mixture as a fraction of total amount of all substances. (الكسر). (يحدد كمية المادة في الخليط على أنها جزء من الكمية الإجمالية لجميع المواد (X) الجزيئي)

If n = 1 moles of any substance is present in n moles of the mixture, then mole fraction of the substance, (مول من n = 1 إذا كانت) (مولات من الخليط ، فعندئذ يكون الجزء الجزيئي للمادة ، n أي مادة موجودة في عدد

$$X_1 = n_1 / n$$

$$X_1 = P_1 / P$$

$$P_1 = X_1 \times P$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_i$$

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i$$

Question:

A 2.5 litre flask contains 0.25 mole each of sulphur dioxide and nitrogen gas at 27°C. Calculate the partial pressure exerted by each gas and also the total pressure

(دورق سعة ٢,٥ لتر يحتوي على ٠,٢٥ مول لكل من ثاني أكسيد الكبريت وغاز النيتروجين عند ٢٧ درجة مئوية. احسب الضغط الجزئي الذي يمارسه كل غاز وكذلك الضغط الكلي).

Solution:

Partial pressure of SO₂

$$P_{\text{SO}_2} = nRT / V = 0.25 \times 8.314 \times 300 / 2.5 \times 10^{-3} = 2.49 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2} = 2.49 \times 10^5 \text{ P}_a$$

Similarly $P_{\text{N}_2} = 2.49 \times 10^5 \text{ P}_a$

Following Dalton's Law

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{N}_2} + P_{\text{SO}_2} = 2.49 \times 10^5 \text{ P}_a + 2.49 \times 10^5 \text{ P}_a = 4.98 \times 10^5 \text{ P}_a$$

H.W) A vessel of volume 22.4 dm^3 contains 1.5 mol H_2 and 2.5 mol N_2 at 273.1 K . Calculate (a) the mole fractions of each component, (b) their partial pressures, and (c) their total pressure (عند $273,1 \text{ كلفن}$. N_2 و $2,5 \text{ مول H}_2$ يحتوي على $1,5 \text{ مول}$ dm^3 وعاء بحجم $22,4$).
 (.احسب (أ) الكسور الجزيئية لكل مكون، (ب) ضغطها الجزئي، و (ج) ضغطها الكلي

Handwritten solution for Dalton's Law problem:

(a) $x_1 = \frac{n_1}{n}$

$n = n_1 + n_2$
 $= 1.5 + 2.5$
 $n = 4$

$\therefore x_1 = \frac{1.5}{4} = 0.375$

(b) $P_1 = \frac{n_1 R T}{V}$

$P_1 = \frac{1.5 \times 0.0821 \times 273.1}{22.4} = 1.501$

$P_2 = \frac{n_2 R T}{V}$

$P_2 = \frac{2.5 \times 0.0821 \times 273.1}{22.4} = 2.502$

(c) $P_T = P_1 + P_2$

$P_T = 1.501 + 2.502 = 4.003$

Real gas (الغاز الحقيقي)

A gas which obeys the gas laws and the gas equation $PV = nRT$ strictly at all temperatures and pressures is said to be an ideal gas.

- When $Z > 1$, it is a positive deviation. It shows that the gas is less compressible than expected from ideal behavior (• عندما يكون $Z > 1$ ، فهو انحراف إيجابي. يوضح أن الغاز أقل انضغاطاً مما هو متوقع من السلوك المثالي).

Question

1 mole of SO_2 occupies a volume of 350 ml at 300K and 50 atm pressure.

Calculate the compressibility factor of the gas (مول من ثاني أكسيد الكبريت يحتل حجمًا ٣٥٠ مل عند ٣٠٠ كلفن و ٥٠ ضغط جوي).

(احسب معامل انضغاط الغاز).

Solution:

$$P = 50 \text{ atm}$$

$$V = 350 \text{ ml} = 0.350 \text{ litre}$$

$$n = 1 \text{ mole}$$

$$T = 300\text{K} \quad Z = PV / nRT$$

$$\therefore Z = 50 \times 0.350 / 1 \times 0.082 \times 300 = 0.711$$

Thus SO_2 is more compressible than expected from ideal behaviour.

Van der Waals' Equation of State for a Real Gas (معادلة فان دير فالس للغاز الحقيقي)

This equation can be derived by considering a real gas and 'converting' it to an ideal gas (يمكن اشتقاق هذه المعادلة بالنظر إلى غاز حقيقي و "تحويله" إلى غاز مثالي).

Volume Correction (تصحيح الحجم)

We know that for an ideal gas $P'V = nRT$. Now in a real gas the molecular volume cannot be ignored and therefore let us assume that 'b' is the volume excluded (out of the volume of container) for the moving gas molecules per mole of a gas. Therefore due to n moles of a gas the volume excluded would be nb. \ a real gas in a container of volume V has only available volume of (V - nb) and this can be thought of as an ideal gas in container of volume (V - nb). الآن في الغاز الحقيقي لا يمكن تجاهل الحجم الجزيئي ، $P'V = nRT$ نحن نعلم أنه بالنسبة للغاز المثالي).

هو الحجم المستبعد (من حجم الحاوية) لجزيئات الغاز المتحركة لكل مول من الغاز. لذلك ، "b" وبالتالي دعونا نفترض أن له حجم متاح فقط V الغاز الحقيقي في وعاء بحجم nb. نظرًا لوجود عدد ن مول من الغاز ، فإن الحجم المستبعد سيكون (V - nb). ويمكن اعتبار ذلك غازًا مثاليًا في حاوية الحجم (V - nb).

Hence, Ideal volume

$$V_i = V - nb \dots\dots\dots(i)$$

Pressure Correction(تصحيح الضغط)

It can be seen that the pressure the real gas exerts would be less than the pressure an ideal gas would have exerted. The real gas experiences attractions by its molecules in the reverse direction. Therefore if a real gas exerts a pressure P, then an ideal gas would exert a pressure equal to P + p (p is the pressure lost by the gas molecules due to attractions). (يمكن ملاحظة أن الضغط الذي يمارسه الغاز الحقيقي سيكون أقل من الضغط الذي قد يمارسه الغاز المثالي. يختبر الغاز الحقيقي عوامل الجذب بواسطة P + p ، فإن الغاز المثالي يمارس ضغطًا مساويًا لـ P جزيئاته في الاتجاه العكسي. لذلك ، إذا مارس الغاز الحقيقي ضغطًا (p هو الضغط الذي تفقده جزيئات الغاز بسبب عوامل الجذب)).

Therefore $p \propto n/v$ (concentration of molecules which are hitting the container's wall) (تركيز الجزيئات التي تضرب جدار الحاوية) $p \propto n/v$ ، لذلك ،

$$P \propto n/v \text{ (concentration of molecules which are attracting these molecules)} \Rightarrow$$

$$p \propto n^2/v^2 \text{ (تركيز الجزيئات التي تجذب هذه الجزيئات)} \quad p \propto n^2 / v^2$$

$P = an^2/v^2$ where a is the constant of proportionality which depends on the nature of gas. (هو ثابت التناسب الذي يعتمد على طبيعة الغاز a حيث $P = an^2 / v^2$)

$$P_i = (P + an^2 / V^2) \dots\dots\dots(ii)$$

Here, a = A constant whose value depends upon the nature of

the gas (ثابت تعتمد قيمته على a هنا ، $P_i = (P + an^2 / V^2) \dots\dots\dots(ii)$)

(طبيعة الغاز)

Substituting the values of ideal volume and ideal pressure in ideal gas equation i.e. $pV=nRT$, the modified equation is obtained as (استبدال قيم الحجم المثالي) ، يتم الحصول على المعادلة المعدلة $pV = nRT$ والضغط المثالي في معادلة الغاز المثالية ، أي

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

OR

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

The constants a & b (الثوابت أ & ب)

Vander Waals constant for attraction (a) and volume (b) are characteristic for a given gas. Some salient feature of a & b are (ثابت فاندر فالس للجذب (أ) والحجم (ب) هما خاصية مميزة) :
 (هي a & b لغاز معين. بعض السمات البارزة لـ

- For a given gas Vander Waal's constant of attraction 'a' is always greater than Vander Waals constant of volume (b) (دائمًا "a" بالنسبة إلى غاز معين ، يكون ثابت الجذب ، يكون ثابت الجذب (b)).
- The units of a = litre² atm mole⁻² & that of b = litre mole⁻¹

Some Other Important Definitions (بعض التعريفات الهامة الأخرى)

Critical Temperature (T_c) (حرارة حرجة)

It (T_c) is the maximum temperature at which a gas can be liquefied i.e. the temperature above which a gas can't exist as liquid ((T_c) هي درجة الحرارة القصوى التي (يمكن عندها إسالة الغاز ، أي درجة الحرارة التي فوقها لا يمكن أن يتواجد الغاز كسائل

$$T_c = 8a / 27Rb$$

Critical Pressure (P_c) (ضغط حرج)

It is the minimum pressure required to cause liquefaction at T_c (إنه الحد الأدنى من) (الضغط المطلوب لإحداث تسييل عند درجة حرارة عالية

$$P_c = a/27b^2$$

Critical Volume (حجم حرج)

It is the volume occupied by one mol of a gas at T_c and P_c (هو الحجم الذي يشغله مول) (T_c و P_c واحد من الغاز عند

$$\underline{V_c = 3b}$$

Q) find the pressure of 2.00 moles of carbon dioxide gas at 298 K in a 5.00 L container. The van der Waals constants for carbon dioxide are: $a = 3.592 \text{ L}^2$

atm/mol^2 and $b = 0.04267 \text{ L/mol}$. (أوجد ضغط ٢,٠٠ مول من غاز ثاني أكسيد الكربون عند ٢٩٨ كلفن) (في حاوية ٥,٠٠ لتر. ثوابت فان دير فال لثاني أكسيد الكربون هي: $a = 3,٥٩٢ \text{ لتر}^2$

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

$$P = \frac{(2\text{MOL})(0.0821\text{L})(298\text{K})}{5\text{L} - (2\text{MOL})\text{MOL} \cdot \text{K}(0.04267\text{L})} - \frac{(2\text{MOL})^2}{(5)^2} = 9.38\text{atm}$$

Compare this to the pressure calculated using the ideal gas law (قارن هذا بالضغط) (المحسوب باستخدام قانون الغاز المثالي):

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$P = \frac{(2\text{Mol})(0.0821\text{L})(298\text{K})}{(5\text{L})\text{mol} \cdot \text{K}} = 9.77\text{atm}$$

Q) The critical constants of ethane are $p_c = 48.20 \text{ atm}$, $V_c = 148 \text{ cm}^3$ and $T_c = 305.4 \text{ K}$. Calculate the van der Waals parameters of the gas (a, b)

$$b = \frac{1}{3}V_c = \frac{1}{3}(148 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}) = 49.3 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1} = \boxed{0.0493 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}}$$

$$a = 27 p_c b^2 = 27(48.20 \text{ atm}) \times (0.0493 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1})^2 = \boxed{3.16 \text{ dm}^6 \text{ atm mol}^{-2}}$$

H.w) The critical constants of methane are $p_c = 45.6 \text{ atm}$, $V_c = 98.7 \text{ cm}^3$, and $T_c = 190.6 \text{ K}$. Calculate the van der Waals parameters of the gas (الثوابت الحرجة للميثان هي $p_c = 45.6 \text{ atm}$ ، $V_c = 98.7 \text{ cm}^3$ ، $T_c = 190.6 \text{ K}$. احسب معاملات van der Waals للغاز).

The image shows handwritten calculations on lined paper. The first line is $b = \frac{1}{3} V_c \rightarrow b = \frac{1}{3} * 98.7 \text{ cm}^3 = 32.9 \text{ cm}^3$. The second line is $b = 0.0329 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$. The third line is $a = 27 * p_c * b^2$. The fourth line is $a = 27(45.6 \text{ atm}) * (0.0329)^2 = 1.3326 \text{ dm}^6 \text{ atm Mol}^{-2}$.