الباب الثامن

obeikandl.com

الباب الثامن

الغازات

Gases

للغازات أهمية كبرى في حياتنا اليومية حيث يُعد غاز الأكسجين شريان الحياة لجميع الكائنات الحية. للغازات أهمية كبرى في كثير من الصناعات الأساسية. تدخل الغازات في معظم التفاعلات الكيميائية وتعد كيمياء الغازات مفيدة وجذابة ومما هو عجيب أن كل العناصر والمتراكبات في هيئتها الغازية لها صفات وسلوك فيزيائية مشابهة، وعلى سبيل المثال فإن 1 مول من أي مادة غازية عند درجة حرارة صفر مئوي وضغط جوي واحد تحتل حجماً مقداره 22.4 ليتراً. سنهتم في هذا الباب بدراسة الصفات الفيزيائية للغازات وسلوكها في ظروف مختلفة وذلك باختلاف درجات الحرارة والضغط والحجم وهي المتغيرات الأساسية التي تؤثر في صفاتها الفيزيائية والكيميائية أيضاً.

وسنتطرق إلى القوانين العامة للغازات وسنتعرف على الغاز المثالي ونظرية حركية الغازات.

8- الضغط: (Pressure)

يُعد الضغط صفة مهمة من صفات الغاز حيث اكتشفت هذه الصفة منذ قديم الزمان. فمثلا يملأ الغاز البالون المطاطي فنلاحظ تضخم وتوسع البالون تدريجياً حتى يأخذ شكلاً معيناً فالضغط هو السبب الأساسي في هذه الظاهرة. يمكننا في هذه الحالة قياس الضغط بمعرفة القوة المبذولة (F) بالمد الحاصل على البالون ونقسم هذه القيمة على المساحة الكلية الناتجة (A) على النحو التالي:

obeikandi.com

$$P = \frac{F}{A} \qquad (8\text{-}1)$$

وكما سيأتي بعد قليل فإن أجهزة قياس الضغط المستخدمة تعتمد في قياسها على الزئبق والضغط الجوي لذا فإن وحدات القياس للضغط هي :

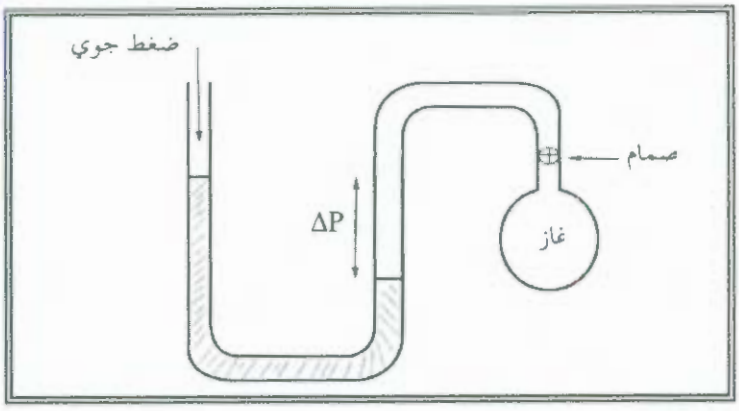
١ ضغط جوي (1atm) = 760 ملم زئبق = 760 تر = 10^5 باسكال

وكلمة تر (Torr) منسوبة للعالم (Torricelli) وباسكال ويرمز لها بالحرفين (Pa) منسوبة للعالم (Pascal). يوجد في الوقت الحالي جهاز لقياس ضغط الغازات ويسمى المانوميتر وآخر لقياس الضغط الجوي ويسمى البارومیتر.

١- المانوميتر (Manometer)

المانوميتر: هو جهاز لقياس ضغط الغازات في المعمل ويتكون من أنبوب زجاجي شبه مملوء بالزئبق على شكل حرف (U) مفتوح من طرف واحد وموصول من الطرف الآخر بقارورة زجاجية يمكن فصلها وملؤها بالغاز ثم وصلها مرة أخرى بالأنبوب وغلقها بصمام يفصل بينهما بحيث يمكن التحكم فيه بالفتح والإغلاق.

يكون الزئبق في جانبي الأنبوب على مستوى واحد ويتغير المستوى بفتح الصمام حيث يضغط الغاز جانب الأنبوب حتى يصبح ضغط الغاز مساويًا للضغط الجوي وهنا يُعد الفرق في ارتفاع الأنبوب هو مقياس ضغط الغاز كما هو موضح في الشكل أدناه :



شكل رقم (8-1)

الشكل يبين جهاز المانوميتر

هذا ويتم قياس ضغط الغاز مستخدمًا المعادلة التالية :

$$P_g = P_a + \Delta P \qquad (8\text{-}2)$$

حيث إن P_g هو ضغط الغاز

وأن P_a هو الضغط الجوي

وأن ΔP هو كمية الضغط الناتج من الغاز على الزئبق، وإذا أصبح مستوى الزئبق في الأنبوب من جانب القارورة أعلى من مستواه من الجانب المفتوح فمعنى ذلك نستخدم المعادلة التالية لقياس ضغط الغاز .

$$P_g = P_a - \Delta P \qquad (8\text{-}3)$$

8-2 قوانين الغازات (The Gas Laws)

تتشابه الغازات في بعض الصفات الفيزيائية وتحقق بذلك بعض القوانين يمكننا تفصيلها فيما يلي :

obeikandi.com

قانون بويل (Boyle's low)

يُعد هذا من أقدم القوانين حيث وضعها بويل (Robert Boyle) منذ عام 1662 ميلادية ليبين العلاقة بين الحجم والضغط للغازات. ينص القانون على أن الحجم لكمية محدودة من الغاز وتحت درجة حرارة ثابتة تتناسب عكسيًا مع ضغط هذا الغاز حيث يمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية:

$$PV = a \quad (P = \frac{1}{V}) \qquad (8\text{-}4)$$

حيث إن (a) هو ثابت بويل. (P) هو الضغط. (V) هو الحجم.

قانون شارل (Charles' law)

يُنسب القانون للعالم (Charles) منذ عام 1787 ميلادية وطوره (Gay-Lussac) في عام 1802. يبين القانون العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة للغازات وينص على التالي: "إن الحجم لكمية محدودة من الغاز وتحت ضغط ثابت تتناسب طرديًا مع درجة الحرارة ويمكن التعبير عنه بالمعادلة:

$$V = bT \qquad (8\text{-}5)$$

(b) هي ثابت شارل

(V) هو الحجم.

(T) هي درجة الحرارة بوحدة كلفن

قانون افوقادرو (Avogadro's law)

يُنسب هذا القانون للعالم (Avogadro) منذ عام 1811 فقد اكتشف أفوجادرو

obeikandl.com

أن الأحجام المتساوية للغازات المختلفة تحت الضغط نفسه ودرجة الحرارة تحتوي على العدد نفسه للجزيئات. ويمكن التعبير عن هذا القانون بطريقة أخرى وهي أن العدد من الجزيئات المتساوية للغازات المختلفة تحت الضغط نفسه ودرجة الحرارة تحتل أحجاماً متساوية. ويمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$V = cn \qquad (8\text{-}6)$$

(V) هو الحجم

(n) هو عدد الجزيئات

(c) هو ثابت أفوجادرو

هذا وقد اكتشف أن 1 مول من أي غاز تحت درجة الحرارة والضغط القياس (أي 25° مئوية و 1 ضغط جوي) يحتل 22.4 ليتراً ويسمى بذلك الحجم المولاري للغاز (molar volume).

قانون الغاز المثالي: (Ideal Gas law)

لقد ثبت أن الكثير من الغازات تحقق القوانين الثلاثة السابقة وبذلك عُرفت بالغازات امثالية ويمكن جمع هذه القوانين في معادلة واحدة تسمى بمعادلة الغاز لمثالي (Ideal gas) كما يلي:

$$PV = nRT \qquad (8\text{-}7)$$

حيث إن R هو ثابت الغاز المثالي الذي يجمع الثوابت الثلاثة في المعادلات (8-4), (8-5), (8-6). فإذا كانت وحدة الضغط الجوي هي (atm) والحجم باللتر فإن قيمة (R) هي (0.08206 Latm/K mol).

obeikandl.com

مثال (8-1)

❖ ❖ ❖

احسب حجم الغاز الذي تشغله كميه من غاز الفلور $F_2(g)$ مقدارها 4.20 جرام عند درجة 42^o مئوية وتحت ضغط 720 تر.

الحل:

$$P = 720 \text{ torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} = 0.947 \text{ atm}$$

$$n = 4.20 \text{ g } F_2 \times \frac{1 \text{ mol } F_2}{38 \text{ g } F_2} = 0.11 \text{ mol } F_2$$

$$T = 42 + 273 = 315 \ ^\circ K$$

وبالتعويض عن الحجم في معادلة رقم (8-7):

$$V = \frac{n R T}{P}$$

$$= \frac{0.11 \text{ mol} \times 0.0821 \text{ L atm} \times 315 \ ^\circ K}{0.947 \text{ atm mol } ^\circ K}$$

$$= 3.00 \text{ L}$$

مثال (8-2)

❖ ❖ ❖

نُفخت بالون حجمها 740 سم^3 بغاز الهيليوم (He) بضغط قدره 145 رطل/بوصة^2 عند درجة حرارة 22^o مئوية. احسب كمية الهيليوم الداخل في البالون.

الحل:

$$P = 145 \text{ Lb/in}^2 \times \frac{1 \text{ atm}}{14.7 \text{ Lb/in}^2} = 9.86 \text{ atm}$$

$$V = 740 \text{cm}^3 \times \frac{1L}{1000 \text{ cm}^3} = 0.740 \text{ L}$$

obeikandl.com

$$T = 22 + 273 = 295\ ^{\circ}K$$

وباستخدام معادلة لغاز المثالي رقم(7-8) فإن

$$n = {}^{PV}/_{RT}$$

$$n = \frac{9.86\ atm \times 0.74\ L}{\frac{0.0821\ Latm}{mol.\ ^{\circ}K} \times 295\ ^{\circ}K}$$

$$= 0.40\ mol\ He$$

وزن غاز الفلور:

$$0.30\ mol\ He \times \frac{4.0\ g\ He}{1\ mol\ He} = 1.20\ g\ He$$

مثال (3-8)

❖ ❖ ❖

مُلئ إناء ذو حجم ثابت مقداره 1.20 ليتر بغاز النيتروجين (N_2) تحت درجة الحرارة والضغط القياسي. كم يصبح الضغط إذا رفعت درجة الحرارة إلى ٩٠ درجة مئوية؟

الحل:

في هذه الحالة فإن الحجم (V)، ثابت الغاز (R) وعدد الجزيئات (n) كلها قيم ثابتة، أما الضغط ودرجة الحرارة فهما المتغيران فهنا نستخدم قوانين الغاز السابقة معادلة الغاز المثالي للنيتروجين في الحالة الأولى الابتدائية ثم في حالته الثانية بعد تغير درجة الحرارة.

الحالة الأولى $PV_1 = nRT_1$

للحالة الثانية $P_2V = nRT_2$

وتقسم المعادلة الثانية على الأولى لتحصل:

$$\frac{P_1V = nRT_1}{P_2V = nRT_2} \therefore \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

المطلوب هنا الضغط في الحالة الثانية وبترتيب المعادلة أعلاه تحصل على:

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

نعوض في القيم:

$P_1 = 1.00$ atm, $T_1 = 25 + 273 = 298$ °K

$T_2 = 90 + 273 = 363$ °k

$$P_2 = 1.0 \text{ atm} \times \frac{363 \text{ °K}}{298 \text{ °K}}$$

$$= 1.22 \text{ atm}$$

8 - 3 الغازات والمعادلات الموزونة:

يمكننا الاستفادة من المعادلات الموزونة في تفاعلات الغازات لمعرفة وتحديد الكثير من المتغيرات السابقة، وبطريقة مباشرة يسهل علينا تقديرها وعلى سبيل المثال يمكننا معرفة عدد مولات أحد الغازات المتفاعلة أو المنتجة وذلك بتحويل عدد مولات غاز معلوم القيمة في التفاعل نفسه وكذلك وبالمفهوم نفسه يمكن معرفة أحجام الغازات الأخرى مستخدمين معادلة التفاعل نفسها.

ومن ناحية أخرى يمكننا معرفة الوزن الجزيئي للغاز وهكذا.

مثال: (8-4) ❖ ❖ ❖

يتأكسد كبريتيد الهيدروجين كما في التفاعل التالي:

$$2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2O(g)$$

obeikandl.com

فإذا ضغنا 1.5 ليتر من غاز كبريتيد الهيدروجين عند درجة حرارة 23° مئوية وتحت ضغط 0.967 ضغط جوي، احسب.

أ – عدد مولات الأكسجين المطلوبة لإتمام التفاعل.

ب – عدد ليترات الأكسجين المطلوبة لإتمام التفاعل.

الحل

أ – لحساب مولات الأكسجين تستخدم معادلة رقم(7-8) ونعوض بالقيم:

$P = 0.967\ atm$

$T = 23 + 273 = 296^{\circ}\ K$

$V = 1.5L$

$$\therefore n = \frac{PV}{RT} = \frac{0.967\ atm \times 1.50\ L}{\frac{0.0821\ L.atm}{mol\ ^{\circ}K} \times 296\ ^{\circ}K}$$

$$= 0.0597\ mol\ H_2S$$

ثم تستخدم المعادلة الموزونة لمعرفة مولات الأكسجين حيث إن:

$$2\ mol\ H_2S(g) = 3\ mol\ O_2(g)$$

$$\therefore 0.0597\ mol\ H_2S \times \frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ H_2S} = 0.090\ mol\ O_2$$

ب – لمعرفة عدد لترات الأكسجين يمكننا استخدام معادلة الغاز المثالي ولكن يمكن التوصل للإجابة بأبسط من ذلك حيث يمكننا معاملة اللترات بدلاً من المولات عليه فإن:

$$2L\ H_2S(g) = 3L\ O_2(g)$$

$$\therefore 1.5\ L\ H_2S \times \frac{3L\ O_2}{2L\ H_2S} = 2.25\ L\ O_2(g)$$

ولاستخدام قانون الغاز المثالي لتقدير الوزن الجزيئي للغاز نستفيد من قياس

كثافة الغاز أو معرفة الوزن الحقيقي للمادة. وبما أن عدد المولات هي قسمة الوزن على الوزن الجزيئي ($n = \frac{m}{M}$) يمكن تعويض ذلك في المعادلة الرئيسية فتصبح:

$$PV = \frac{m\,RT}{M} \qquad (8\text{-}8)$$

وبما أن الكثافة (d) تساوي قسمة الوزن على الحجم فإن معادلة (8-8) تصبح.

$$PV = \frac{d\,RT}{P} \qquad (8\text{-}9)$$

فيمكننا معرفة الوزن الجزيئي (M) بقياس الكثافة ومعرفة المتغيرات الأخرى في المعادلة أعلاه.

مثال: (8-5)

❖ ❖ ❖

احسب الوزن الجزيئي لغاز موضوع في إناء حجمه 250 مل في درجة حرارة 20° مئوية وضغط 750 ملم زئبق فكان وزنه 2.20 جرام.

الحل:

$T = 20 + 273 = 293^\circ K$

$P = 750\ mmHg \times \frac{1\ atm}{760\ mmHg} = 0.99\ atm$

$V = 0.250\ L$

$m = 2.20g$

نعوض في معادلة رقم (8-8)

$$M = \frac{m\,R\,T}{PV} = 2.20g \times \frac{0.0821\ L.atm}{mol^\circ K} \times 293\ ^\circ K \Big/ (0.99\ atm \times 0.250\ L)$$

$$= 211.69\ g/mol$$

obeikandl.com

8-4 قانون دالتون: (Dalton's Law)

ينص قانون دالتون على أن الضغط الكلي المحسوب في إناء واحد يحتوي على خليط من الغازات عبارة عن مجموع الضغط الجزئي المبذول من كل غاز موجود في ذلك الإناء.

$$P_t = P_A + P_B + \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{n_A RT}{V} + \frac{n_B BT}{V} + \ldots\ldots$$

$$= \frac{RT}{V}(n_A + n_B + \ldots\ldots)$$

$$P_t = \frac{n_t RT}{V} \qquad (8\text{-}10)$$

حيث إن (P_t) هو الضغط الكلي

أن (n_t) هو مجموع المولات للغازات.

مثال: (8-6)

❖ ❖ ❖

احسب الضغط المذول لخليط من غازين 7.50 جرام نيتروجين (N_2) و 6.00 جرام هيليوم (He) في وعاء حجمه 2.50 لتر درجة حرارته 15^{o} مئوية؟

الحل:

نحسب عدد المولات لكل غاز ثم نجمع.

$$n_{N_2} = 7.50\text{g } N_2 \times \frac{1\text{ mol } N_2}{28.0\text{g } N_2} = 0.27\text{ mol } N_2$$

$$n_{He} = 6.00\text{g He} \times \frac{1\text{ mol He}}{4.0\text{g He}} = 1.50\text{ mol He}$$

$$\therefore n_t = 0.27\text{ mol } N_2 + 1.50\text{ mol He}$$

$$= 1.77\text{ moles}$$

$$T = 15 + 273 = 288\ ^{o}K$$

obeikandl.com

نعوض في معادلة رقم (8-10) لنحصل على الضغط :

$$P_t = \frac{n_t RT}{V} = 1.77 \text{ moles} \times 0.0821 \frac{\text{L atm}}{\text{mol}\,^\circ\text{K}} \times 288\,^\circ\text{K} \Big/ 2.50 \text{ L}$$
$$= 16.74 \text{ atm}$$

ومن فوائد قانون دالتون أنه من الممكن تقدير الكسر المولي (mole fraction) وهو عبارة عن الكسر الناتج من قسمة قيمة عدد المولات للغاز الواحد على مجموع المولات لكل الغازات الموجودة في إناء واحد ويرمز له بالحرف (χ_1) :

$$\chi_1 = \frac{n_1}{n_t} = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + \ldots} \qquad (8\text{-}11)$$

وبنفس الطريقة يمكننا تقدير الكسر الضغطي (pressure fraction) وهو عبارة عن الكسر الناتج من قسمة قيمة ضغط الغاز الواحد على الضغط الكلي (P_t) للغازات الموجودة في ذاك الإناء ويرمز له بالحرف (χ) أيضًا :

$$\chi_1 = \frac{p_1}{p_t} = \frac{p_1}{p_1 + p_2 + \ldots} \qquad (8\text{-}12)$$

من معادلة الغاز المثالي (8-7) ثبت لنا أن عدد مولات الغاز تتناسب طرديًا مع ضغط الغاز ($n = \frac{PV}{RT}$) وهذا ينطبق على كل غاز على حدة في الخليط أي أن :

$$n_1 = \frac{P_1 V}{RT}, \; n_2 = \frac{P_2 V}{RT} \ldots\ldots \qquad (8\text{-}13)$$

فيمكننا بذلك التعبير عن الكسر المولي بالضغط كما يلي :

$$\chi_1 = \frac{n_1}{n_t} = \frac{(P_1 V/RT)}{(P_1 V/RT) + (P_2 V/RT) + \ldots\ldots} \qquad (8\text{-}14)$$

$$= \frac{P_1 (V/RT)}{(V/RT)(P_1 + P_2 + \ldots\ldots} \qquad (8\text{-}15)$$

obeikandl.com

وهكذا فإن قيمة (χ_1) في المعادلة أعلاه رقم (8-15) هي القيمة نفسها في معادلة رقم (8-12) أي أن: $(\chi_1 = \frac{P_1}{P_t})$.

وهكذا وبالطريقة نفسها نحصل على الكسر المولي للغاز الثاني والثالث . . .

ونخلص من ذلك بأن الكسر المولي للغاز في خليط من الغازات المثالية يتناسب طردياً مع الضغط الجزيئي لذلك الغاز .

مثال: (8-7) ❖ ❖ ❖

احسب الكسر المولي لغاز الهيدروجين بعد عملية التحليل الكهربي للماء عند درجة حرارة 23^{o} مئوية إذا كان ضغط الماء هو 23.50 ملم زئبق والضغط الكلي هو 754 ملم؟

الحل:

نحسب أولاً ضغط الهيدروجين:

$$P_{H_2} = P_t - P_{H_2O}$$

$$= 754 \text{ mm} - 23.5 = 730.50 \text{ mm}$$

نعوض في معادلة رقم (8-12) لنحسب الكسر المولي للهيدروجين:

$$\chi_{H_2} = \frac{730.50}{754.00} = 0.97$$

8 - قانون الحركية للغازات:

إن قانون الحركية للغازات أصبح أشبه بالحقيقة من النتائج العملية التي أثبت لمعظمها أن للغازات صفات فيزيائية وسلوكيات متشابهة وهذا ما يفسر قانون الغاز

obeikandl.com

المثالي. يُعد قانون الحركية للغازات من أنجح النظريات حيث وضع كنموذج ومحاولة لتفسير الصفات العامة للغاز المثالي. وتعتمد النظرية أساسًا على سلوكيات الذرات أو الجزيئات في عزلة تامة كما يلي تفصيلها:

١- يتكون الغاز من جزيئات اقتفائية وصغيرة تسمى بالجزيئات أو بالذرات في بعض الأحيان.

٢- تتباعد الجزيئات من بعضها بمسافة كبيرة ونتيجة لذلك تحتل هذه الجزيئات جزءًا بسيطًا من الحجم الكلي.

٣- لا توجد أي قوى انجذاب بين الجزيئات.

٤- الجزيئات في حركة دائمة وغير منتظمة ونتيجة لذلك تصطدم ببعضها أحيانًا وأحيانًا أخرى بجدار الإناء الذي يحويها.

٥- تعد الاصطدامات بين الجزيئات مرنة فيمكن للجزيء الواحد أن يكتسب أو يفقد طاقة نتيجة هذا الاصطدام وأن الطاقة الكلية لجميع الجزيئات تبقى ثابتة لا تتغير.

ولإثبات قانون الحركية فقد أمكن التحقيق من قانون ضغط الغاز (P) التالي:

$$P = \frac{2}{3}\left[nN_A \frac{(\frac{1}{2} m\mu^{-2})}{V} \right] \qquad (3\text{-}16)$$

حيث إن (n) هو عدد مولات الغاز

(N_A) عدد أفوجادرو

(m) كتلة كل جزيء

μ^{-2} متوسط الجذر التربيعي لتسارع الجزيئات.

obeikandl.com

(V) هو حجم الإناء

($\frac{1}{2}m\mu^{-2}$) عبارة عن متوسط الطاقة الحركية لجزيء الغاز ولتقدير الطاقة الحركية لمول واحد لجزيء الغاز نضرب في N_A فيعطي:

$$(KE)_a = N_A(\tfrac{1}{2}mu^{-2}) \qquad (8\text{-}17)$$

ثم نعوض في معادلة رقم(8-16) فنحصل على:

$$P = \frac{2}{3}\left(\frac{n(KE)_a}{V}\right), \quad \frac{2}{3}(KE)_a = \frac{PV}{n} \qquad (8\text{-}18)$$

حيث إن (KE_a) هي متوسط الطاقة الحركية وهي تتناسب طرديًا مع درجة الحرارة بالكلفن:

$$\frac{2}{3}(KE)_a = \frac{PV}{n} \propto T \qquad (8\text{-}19)$$

ومنه فإن:

$$\frac{PV}{n} \propto T \qquad (8\text{-}20)$$

وبالتمعن إلى معادلة رقم(8-20) نجد أنها طبق الأصل لمعادلة رقم(8-7) للغاز المثالي وذلك إذا عوضنا بثابت التناسب عن القيمةب (R) وهي ثابت الغاز. وهنا تحقق نظرية الحركية للغازات ما جاءت نتائجه عمليًا بتطبيق معادلة الغاز المثالي.

ومن ناحية أخرى يمكننا التوصل إلى العلاقة بين درجة الحرارة ومتوسط الطاقة الحركية وذلك بجمع المعادلات:

$$\frac{PV}{n} = RT = \frac{2}{3}(KE)_a \qquad (8\text{-}21)$$

لتعطي:

$$(KE)_a = \frac{3}{2}RT \qquad (8\text{-}22)$$

obeikandl.com

وهذه المعادلة تعني أن الطاقة الحركية تتناسب طرديًا مع درجة الحرارة وهذ
حقيقة حيث إن حركة الجزيئات في الغاز تتضاعف بزيادة درجة الحرارة.

وبدمج معادلة رقم (8-17) مع معادلة رقم (8-22) فإن:

$$(KE)_a = N_A(\tfrac{1}{2} m\mu^{-2}) = \frac{3}{2}RT \qquad (8\text{-}23)$$

فإذا أخذنا قيمة (μ^{-2}) فهي تساوي الجذر التربيعي لمربع السرعة (μ_r) كما
يلي:

$$\mu_r = \sqrt{\mu^{-2}} \qquad (8\text{-}24)$$

وبتعويض معادلة رقم (8-24) في معادلة رقم (8-23) نحصل على:

$$\mu_r = \sqrt{\frac{3RT}{N_A m}} \qquad (8\text{-}25)$$

وحيث إن $N_a m$ تساوي وزن المول بالكيلو جرام ويرمز لها بالحرف (M_{kg})
فيمكن تعويضها في معادلة (8-25) لينتج عنه:

$$\mu_r = \sqrt{\frac{3RT}{M_{kg}}} \qquad (8\text{-}26)$$

مثال: (8-8)

❖ ❖ ❖

احسب قيمة الجذر التربيعي لمربع السرعة لغاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20° مئوية؟

الحل:

$$T = 263 + 20 = 293\ ^{\circ}K$$

نعوض في معادلة رقم (8-26)

$$\mu_r = \sqrt{\frac{\frac{3 \times 8.3145\ J}{Kmol} \times 293k}{2.0 \times 10^{-3}\ \frac{kg}{mol}}} = \sqrt{3654200\ \frac{J}{kg}}$$

openkandl.com

وبما أن وحدة الجول (J) هي $Kg\ m^2/S^2$

$$\mu_1 = \sqrt{3654200 \frac{m^2}{S^2}} = 1.91 \times 10^3\ m/s$$

8-5 قانون جراهام (Graham's law)

يُعد قانون جراهام تطبيقًا محكمًا لقانون الطاقة الحركية للغازات ويرجع اكتشافه لعام 829 م وينص القانون على أن معدل تدفق (effusion) الغاز يتناسب عكسيًا مع الجذر التربيعي للوزن الجزيئي للغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين. حيث يمكن التعبير عنه بطريقة أخرى بمقارنة معدل التدفق لغازين معينين كما يلي:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}} \qquad (8\text{-}27)$$

(μ_1) تعني معدل التدفق للغاز الأول و (μ_2) للثاني

(M_1) الوزن الجزيئي للغاز الأول و (M_2) للثاني

احذر بالذكر هنا أن كلمة تدفق تعني انتشار (diffusion) الغاز من تركيز أعلى إلى تركيز أقل ولكن من خلال ثقب صغير في إناء وهي قياس لسرعة ذلك الغاز.

مثال: (8-3)

❖ ❖ ❖

إناء يحتوي على غاز الكربتون (Kr) وغاز آخر غير معروف. فإذا استغرق غاز الكربتون 63 ثانية ليتدفق إلى إناء آخر مفرغ بينما أخذ نفس عدد المولات من الغاز المجهول مدة 85 ثانية. احسب الوزن الجزيئي للغاز؟

الحل

نستخدم معادلة رقم (8-27) وبدلاً من معدل التدفق (μ) نستخدم زمن التدفق

obeikandi.com

مباشرة وذلك لأن المعدل لكل غاز عبارة عن المسافة مقسومة على الزمن وبما أن المسافة واحدة فيمكن التخلص منها في المعادلة كما يلي :

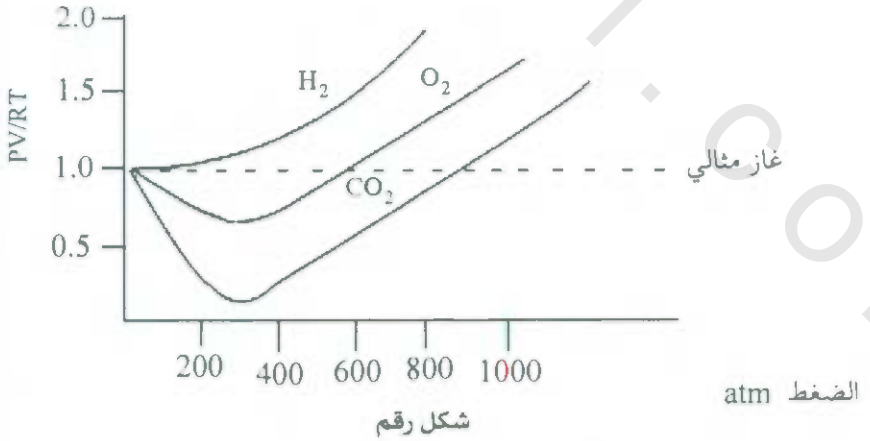
$$\frac{65}{85} = \sqrt{\frac{83.80}{MM_x}}$$

$$(\frac{65}{85})^2 = \frac{83.80}{MM_x}$$

$$MM_x = \frac{83.80}{0.58} = 144 \text{ g/mol}$$

8-6 الغازات الحقيقية (Real Gases)

الغازات الحقيقية هي تلك التي لا تحقق معادلة الغاز المثالي . إن عدم تحقيق الغاز لمعادلة الغاز المثالي تُقدر بقيمة بعدها عن الرقم واحد حيث إن قيمة (PV/RT) = 1 (لمول واحد من الغاز عند درجة الصفر المئوية) . ولذا فإن الرسم البياني للقيمة (PV/RT) مقابل الضغط كما يظهر في الشكل رقم (2-8) يبين أن الغاز المثالي لا يزيد ولا يقل عن القيمة واحد بينما أن كثيراً من الغازات تحيد عن هذه القيمه للغاز المثالي خاصة عند درجات الحرارة المنخفضة أو عند ضغط عال .



شكل رقم

الشكل يبين سلوكيات بعض الغازات

ولقد لوحظ أنه كلما كان الغاز شبيهًا للحالة السائلة حاد عن قانون الغاز المثالي، فبديهي أن كل الغازات تتحول إلى سائل بزيادة الضغط وانخفاض درجة الحرارة وهذا ما يفسر سبب الانحياد عن سلوكيات الغاز المثالي. فقد ثبت أن سبب هذا الانحياد هو محدودية حجم جزيئات الغاز، والسبب الثاني هو قوي الإنجذاب بين الجزيئات. فكيف يمكننا تفسير ذلك.

لقد فترضنا أن الحجم (V) في معادلة الغاز المثالي هو حجم الإناء الذي يحتله الغاز، مهملين حقيقة أن جزيئات الغاز نفسها لها حجم فعلي بالرغم من اقتفائية وصغر هذه الجزيئات. هذا يعني أن حجم الغاز الحقيقي أقل من الحجم المفترض في معادلة الغاز المثالي.

ومن ناحية أخرى هناك قصور في نظرية الحركية للغازات التي تفترض عدم وجود أي قوى انجذاب بين جزيئات الغاز الحقيقي.

إن قوى الانجذاب بين جزيئات الغاز هي السبب الأساسي في جعل قيمة (PV/RT) قل من واحد حيث، يزداد أثر ذلك عند درجات الحرارة المنخفضة حيث تقل حركة الجزيئات. هذا وكلما زاد تركيز الجزيئات زادت قوى الانجذاب وقد لوحظ أن عدد أزواج الجزيئات المنجذبة ببعضها تعتمد على ضعف عدد الجزيئات أو ضعف التركيز ولذلك من المتوقع أن يكون الضغط المقاس أقل مما يجب أن يكون عليه فلابد من تصحيح الوضع بزيادة هذه القيمة لضغط الغاز المثالي.

جاءت معادلة ڤان در ڤال (Vander Waals) مصححة لقيمتي الحجم والضغط في معادلة الغاز المثالي فأصبحت معادلة أدق. والغاز الذي يحقق هذه المعادلة يسمى بالغاز الحقيقي.

(8-28) $$\left[P_o + a\left(\frac{n}{v}\right)^2\right](V - nb) = nRT$$

حيث إن (P_o) هو الضغط المقاس بعد التجربة الفعلية الملاحظة .

(a) و(b) هما ثوابت الغاز فتتغير قيمتاهما باختلاف الغاز .

obeikandl.com

أسئلة وتمارين

١- يستغرق غاز الميثان (CH_4) مدة (25.0) ثانية ليتدفق من خلال أنبوب شعري. فإذا تدفقت الكمية نفسها من غاز آخر مجهول من الأنبوب نفسه تحت درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه فاستغرق (50.0) ثانية. فاحسب الكتلة المولارية للغاز المجهول.

(الإجابة = 64.2 جرام / مول)

٢- يحتوي إناء على (0.200) مول من الهواء تحت ضغط يساوي 745 مم زئبق عند درجة حرارة (293 K) احسب الضغط النهائي إذا تغيرت درجة الحرارة إلى 30.0° مئوية؟

(الإجابة = 771 مم زئبق)

٣- احسب الحجم باللتر لغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) عند درجة الحرارة والضغط القياسي الناتج عن احتراق (1.00) مل محلول الأكتين (octane) ذى كثافة (0.6115 جرام/مل) كما في المعادلة أدناه:

$$2C_8H_{18}(l) + 25O_2(g) \rightarrow 16CO_2(g) + 18H_2O(l)$$

(الإجابة = 0.961)

٤- ما حجم غاز الأمونيا (NH_3) عند درجة حرارة ($22^{\circ}C$) مئوية وضغط قدره (719) مم زئبق المطلوب للتفاعل مع 14.0 ليتر كلورين (Cl_2) عند درجة الحرارة نفسها وكذلك الضغط؟

$$4NH_3(g) + Cl_2(g) \rightarrow N_2H_4(g) + 2NH_4Cl(s)$$

(الإجابة = 56.0 ليتر)

٥- يحتوي إناء على (0.250) مول نيتروجين (N_2)، (0.500) مول أكسجين

obeikandi.com

و(0.250) مول ثاني أكسيد الكربون (CO_2) عند درجة حرارة 25^oc وضغط كلي مقداره (1.000) ضغط جوي (atm) فإذا سُخِّن الإناء حتى درجة حرارة 50^oC – احسب الضغط الجزئي للأكسجين.

(الإجابة = 0.542 atm)

٦– استغرق غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) مدة (60) دقيقة ليتدفق خلال ثقب صغير لخارج إناء كم يستغرق نفس عدد المولات من الأكسجين (O_2) ليتدفق خلال الثقب نفسه تحت الظروف نفسها من حرارة وضغط.

(الإجابة = 42 دقيقة)

٧– غاز حجمه 324 مل عند درجة حرارة 40.0^oC ما هو حجم الغاز عند درجة 20.0^oC دون أي تغيير في ضغط الغاز عند درجتي الحرارة.

(الحل = 330 مل)

٨– إذا كان معدل تدفق غاز مجهول ضعف معدل تدفق غاز (SO_3) ما هو الوزن الجزيئي للغاز المجهول؟

(الحل = 2.00)

٩– احسب الضغط الجزيئي للنيتروجين الموجود في إناء حجمه 10.0 ليتر ويحتوي على 2.00 مول نيتروجين و4.00 مول أكسجين عند درجة 273 كلفن.

(الحل = 8.96 atm)

١٠–احسب الوزن الجزيئي لغاز مثالي كثافته 1.55 جرام/لتر عند درجة حرارة 23.0^oC وضغط 810 مم زئبق.

(الحل = 35.2 جرام/مول)

obeikandl.com