• مثال:

تشغل عينة من غاز مثالي حجماً قدره $750cm^3$ في الشرطين القياسيين. سخنت العينة إلى الدرجة $27\,^{\circ}C$ فأصبح حجمها $870\,cm^3$. احسب ضغط الغاز في هذه الشروط.

الحل:

نعين الحالة البدائية والنهائية: $P_1 = 1atm,\ V_1 = 750\,cm^3,\ T_1 = 273\,K$

$P_2 = ?,\ V_2 = 870\,cm^3,\ T_2 = 27 + 273 = 300K$

بتطبيق معادلة الحالة:

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

$$\Rightarrow P_2 = \frac{1 \times 750 \times 300}{870 \times 273} = 0.947\ atm$$

ـ استخدام المعادلة العامة للغازات في تعيين الكتلة الجزيئية والكتلة الحجمية للغاز:

ا ـ تعيين الكتلة الجزيئية (الوزن الجزيئي) للغاز:

من المعادلة العامة للغازات $P \cdot V = n R T$

إذا رمزنا إلى كتلة الغاز المستعمل مقدراً بالغرام $(m\ gr)$ والكتلة المولية للغاز بـ (M)

فإن عدد مولات الغاز $n = \frac{m}{M}$ $\Leftarrow$ $P \cdot V = \frac{m}{M} R T$

$$\Rightarrow \boxed{M = \frac{m}{P \cdot V} R T}$$

وهي الكتلة الجزيئية للغاز

ويمكن من العلاقة الأخيرة حساب كتلة الغاز مقدرة بالغرام:

$$m = \frac{P \cdot V \cdot M}{R T}$$

ب ـ تعيين الكتلة الحجمية للغاز (الكثافة النوعية للغاز)

الكتلة الحجمية لغاز هي كتلة واحدة الحجم من الغاز في الشروط الموضوعة،

أي كتلة حجم معين من الغاز في الشروط الموضوعة من الضغط ودرجة الحرارة.

$$d = \frac{m}{V}\ \ gr/lit$$

يمكن حساب هذه الكثافة d من معادلة الغاز المثالي كما يلي:

$$P \cdot V = n R T$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} R T \Rightarrow P \cdot M = \frac{m}{V} R T$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

لكن $d = \frac{m}{V}$

إذاً $P \cdot M = d \cdot RT$

$$\Rightarrow \boxed{d = \frac{P \cdot M}{RT}}$$

وهي كثافة الغاز

وهي العلاقة التي تربط بين كثافة الغاز وكتلته الجزيئية.

يمكن من هذه العلاقة تعيين كثافة أي غاز من معرفة وزنه الجزيئي وضغطه ودرجة حرارته.

بفرض أن الغاز يسلك سلوكاً مثالياً أي يتبع المعادلة العامة للغازات.

كما يمكن من هذه العلاقة أيضاً حساب الكتلة الجزيئية للغاز بدلالة كثافته:

$$\boxed{M = \frac{dRT}{P}}$$

- مثال:

أحسب كثافة غاز الأوكسجين في الشروط القياسية على اعتبار أنه غاز مثالي.

الحل: من معادلة الغاز المثالي نستنتج كثافة الغاز:

$$d = \frac{P \cdot M}{RT} = \frac{1 \times 32}{0.082 \times 273} = 1.43 \text{ gr/lit}$$

- مثال:

أحسب الكتلة الجزيئية لغاز مثالي تبلغ كثافته 2 gr/lit عند الدرجة 100 °c والضغط 700 mmHg

الحل: من معادلة الغاز المثالي:

$$P \cdot V = nRT$$

$$P \cdot V = \frac{m}{M} RT \Rightarrow P \cdot M = \frac{m}{V} RT$$

$$P \cdot M = dRT \Rightarrow M = \frac{dRT}{P}$$

$$P = \frac{700}{760} = 0.92 \text{ atm}$$

$$M = \frac{2 \times 0.082 \times 373}{0.92}$$

$$M = 66.42 \text{ gr/mol}$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ـ قانون دالتون للضغوط الجزئية :

يختص هذا القانون بمزيج الغازات المثالية حيث ان كل غاز في المزيج الغازي يشغل كل حجم الوعاء الموجود فيه المزيج . ويكون لكل غاز من الغازات المكونة للمزيج ضغطاً خاصاً به يدعى بالضغط الجزئي للغاز .

ويقصد بالضغط الجزئي للغاز الضغط الذي يحدثه هذا الغاز فيما لو شغل وحده كامل الحجم الذي يشغله المزيج عند نفس درجة الحرارة .

درس العالم دالتون العلاقة بين الضغط الكلي لمزيج غازي مثالي وضغط كل مكون من مكوناته وتوصل إلى قانونه الذي ينص :

ان الضغط الكلي لمزيج غازي يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة لهذا المزيج أي :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots$$

حيث P الضغط الكلي .

P_1 ، P_2 ، P_3 .. هي الضغوط الجزئية للغازات 1 و 2 و 3 ... على الترتيب .

يمكن اعتماداً على قانون دالتون ايجاد العلاقة بين الضغط الجزئي لغاز ما P_i والضغط الكلي P في مزيج غازي مكون من ثلاث غازات مثلاً .

ليكن لدينا مزيج غازي مكون من ثلاث غازات مختلفة موجودة في وعاء حجمه V وبفرض أن كمية الغازات يعبر عنها بعدد المولات هي n_1 ، n_2 ، n_3 على الترتيب .

إذا فرضنا أن كل هذه الغازات مثالية فإنه يمكن معرفة الضغط الجزئي لكل غاز بتطبيق معادلة الغاز المثالي :

$$P_i V = n_i RT \Rightarrow P_i = \frac{n_i}{V} RT$$

فمن أجل الغاز الأول فإن الضغط الجزئي له P_1 :

ومن أجل الغاز الثاني فإن الضغط الجزئي له P_2

والغاز الثالث فإن الضغط الجزئي له P_3

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= \frac{n_1}{V} RT \\ P_2 &= \frac{n_2}{V} RT \\ P_3 &= \frac{n_3}{V} RT \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

ووفقاً لقانون دالتون يكون الضغط الكلي مساوياً إلى مجموع الضغوط الجزئية

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = (n_1 + n_2 + n_3)\frac{RT}{V}$$

لكن : $n = n_1 + n_2 + n_3$ هو عدد المولات الكلية للمزيج الغازي .

حيث P الضغط الكلي للمزيج الغازي

$$\Rightarrow P = n \frac{RT}{V} \quad (2)$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بقسمة كل من العلاقات (1) على العلاقة (2) نجد أن :

$$\frac{P_1}{P} = \frac{n_1 \frac{RT}{V}}{n_2 \frac{RT}{V}} = \frac{n_1}{n} \Rightarrow P_1 = \frac{n_1}{n} P$$

$$P_2 = \frac{n_2}{n} P$$

$$P_3 = \frac{n_3}{n} P$$

تدعى النسبة بين عدد مولات كل غاز إلى عدد المولات الكلية n بالكسر الجزيئي (المولي) ويرمز لها عادة بـ X_1 ، X_2 ، X_3 على الترتيب أي X_i ،

$$X_1 = \frac{n_1}{n} \quad , \quad X_2 = \frac{n_2}{n} \quad , \quad X_3 = \frac{n_3}{n}$$

بالتعويض عن الكسور المولية في العلاقات السابقة للضغوط الجزيئية لكل مكون من مكونات المزيج الغازي :

$$P_1 = X_1 P$$

$$P_2 = X_2 P$$

$$P_3 = X_3 P$$

وبالتالي فإن:

$$\boxed{P_i = X_i P}$$

وهي العلاقة بين الضغط الجزيئي لغاز ما P_i والضغط الكلي P في مزيج غازي يمكن من هذه العلاقة حساب الضغط الجزيئي للغاز من معرفة ضغطه الكلي والكسر المولي للغاز في المزيج.

ومن الجدير بالذكر أن مجموع الكسور المولية يساوي الواحد ، أي :

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1$$

- يستفاد من قانون دالتون للضغوط الجزيئية في تعيين ضغط غاز فوق سطح السوائل مثل الماء. إذا أن الغاز فوق سطح الماء يكون مشبعاً ببخار الماء والضغط الكلي فوق سطح الماء يساوي ضغط الغاز مضافاً إليه ضغط بخار الماء الذي يأخذ قيمة محددة عند كل درجة حرارة.

$$P_t = P_{gas} + P_{H_2O} \Rightarrow P_{gas} = P_t - P_{H_2O}$$

حيث P_t الضغط الكلي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

• مثال :
يحوي وعاء حجمه 10 لتر على 5 gr من غاز الأوكسجين و 5 gr من الآزوت. احسب الضغط الكلي للمزيج الناتج في درجة الحرارة 50 °C مفترضاً أنه مثالي .

الحل: وفقاً لقانون دالتون :

$$P = P_{O_2} + P_{N_2}$$

$$P_{O_2} = \frac{n_{O_2}}{V} RT \quad ; \quad P_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{V} RT$$

نحسب عدد مولات كل غاز :

$$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} = \frac{5}{32} = 0.156 \text{ mol}$$

$$n_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} = \frac{5}{28} = 0.178 \text{ mol}$$

بالتعويض :

$$P_{O_2} = \frac{0.156}{10} \times 0.082 \times 323 = 0.413 atm$$

$$P_{N_2} = \frac{0.178}{10} \times 0.082 \times 323 = 0.47 atm$$

$$P = P_{O_2} + P_{N_2} = 0.413 + 0.47 = 0.884 atm$$

• مثال :
جمع 150 cm^3 من الهواء الموجود على تماس مع الماء والمشبع ببخاره عند الدرجة 26 °C فوجد أن ضغطه يساوي 740 mmHg . بفرض أن المزيج الغازي المكون من الهواء وبخار الماء مثالياً ، أحسب حجم الهواء الجاف تحت الضغط 760 mmHg عند نفس درجة الحرارة علماً أن ضغط بخار الماء في درجة الحرارة هذه هو 25 mmHg

الحل:

وفقاً لقانون دالتون : $$P = P_{gas} + P_{H_2O}$$

حيث P هو الضغط الكلي للمزيج ، P_{gas} هو الضغط الجزئي للهواء الجاف في المزيج .

$$P_{gas} = P - P_{H_2O} = 740 - 25 = 715 \text{ mmHg}$$

لحساب حجم الهواء تحت الضغط 760 mmHg وبفرض درجة الحرارة ثابتة نطبق قانون بويل :

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2} = \frac{715 \times 150}{760} = 141 \text{ mL}$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٤ قانون غراهام للانتشار :

الانتشار هو قدرة الغاز على الاختلاط مع الغازات الأخرى بانتشار جزيئاته في جميع الاتجاهات بحيث يشغل الغاز كل الحجم الموجود فيه .

درس العالم غراهام ظاهرة انتشار الغازات وتوصل الى القانون التالي :

" سرعة انتشار الغاز تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لكثافته عند ضغط ودرجة حرارة معينة " .

اذا رمزنا الى سرعة انتشار الغاز بالرمز r فان $r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$

تحت ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة إذا كانت r_1 ترمز إلى سرعة انتشار الغاز الذي كثافته d_1

و r_2 سرعة انتشار الغاز الذي كثافته d_2

ونتيجة لهذا القانون تحت نفس الظروف يكون :

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

وبما أن كثافة الغاز تتناسب طرداً مع الكتلة المولية

من معادلة الغاز المثالي $d = \frac{P \cdot M}{RT}$

إذا يمكن أن نستبدل الكثافة بالكتلة المولية :

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

أي أن الغاز الأقل كثافة أو الأصغر وزن جزيئي ينتشر بسرعة أكبر من الغاز الأعلى كثافة أو الأكبر وزن جزيئي .

مثال : كم مرة يكون معدل انتشار الهيدروجين أكبر من معدل انتشار الأوكسجين تحت نفس الظروف :

$$\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = \sqrt{16} = 4$$

أي أن غاز الهيدروجين ينتشر بسرعة أكبر بأربع مرات من سرعة انتشار غاز الأوكسجين .

أما بالنسبة لزمن الانتشار فإنه يتناسب عكساً مع سرعة الانتشار، وبذلك يصبح قانون غراهام بالشكل :

$$\boxed{\frac{r_1}{r_2} = \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}}$$

مثال: ما هي الكتلة الجزيئية لغاز مثالي تبلغ سرعة انتشاره ثلاث مرات سرعة انتشار غاز الأوكسجين .

نفرض r_x سرعة انتشار الغاز المجهول و M_x كتلته الجزيئية .

$r_x = 3\, r_{O_2}$ يكون ، ، غاز الأوكسجين و M_{O_2} ، ، r_{O_2}

$$\frac{r_x}{r_{O_2}} = 3 = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_x}} = \sqrt{\frac{32}{M_x}} \Rightarrow \sqrt{M_x} = \frac{5.657}{3} = 1.88$$

$$\Rightarrow M_x = 3.55 \ gr \cdot mol^{-1}$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner