الباب الثالث

الغازات

أمثلة محلولة :

مثال (١) :

إذا فرض أن لديك مخلوطاً غازياً يحتوى على الهيلوم والنيون والأرجون جميعها عند نفس الضغط الجزئى . وإذا كان الضغط الكلى للمخلوط يساوى ٧٤٦ مم ز ، احسب الضغط الناشئ عن الهيلوم .

الحل :

نفرض أن P_{He} ، P_{Ne} ، P_{Ar} ترمز للضغوط الجزئية للثلاثة مكونات فيكون الضغط الكلى للمخلوط P هو :

$$P = P_{He} + P_{Ne} + P_{Ar}$$

وحيث إن الضغوط الجزئية متساوية :

$$P_{He} = P_{Ne} = P_{Ar}$$

وبذلك نجد أن :

$$P = 3\ P_{He} = 746\ mm\ Hg$$

أى أن الضغط الجزئى للهليوم :

$$P_{He} = \frac{1}{3}\ (746) = 249\ mm\ Hg.$$

مثال (٢) :

تشغل عينة من غاز الميثان الجاف حجماً قدره ٣٦٨ سم^3 عند درجة حرارة ٢١,٠°م وضغط ٧٥٢ مم ز . وإذا مررت هذه العينة فى الماء وأعيد جمع الغاز عند نفس درجة الحرارة والضغط ، كم يكون حجم الغاز المبتل (Wet gas) مفترضاً الحالة المثالية ، علماً بأن ضغط بخار الماء عند ٢١,٠°م يساوى ١٨,٧ مم ز .

الحل :

إذا كان الضغط الكلى للغاز المبتل يساوى ٧٥٢ مم ز وأن ١٨,٧ مم ز ناشئ عن بخار الماء فيكون الفرق ٧٥٢ – ١٨.٧ أو ٧٣٣ مم ز ناشئاً عن الميثان ، وحيث إن ضغط الغاز تغير من ٧٥٢مم ز إلى ٧٣٣ مم ز فإن الحجم يتغير إلى $\frac{٧٥٢}{٧٣٣}$ من قيمته فى الحالة الأولى وذلك تبعاً لقانون بويل . أى أن :

$$\text{حجم الغاز المبتل} = ٣٦٨ \times \frac{٧٥٢}{٧٣٣} = ٣٧٨ \text{ سم}^٣$$

مثال (٣) :

إذا كانت كثافة بخار الماء هى ٠.٠٠٠٥٩٧ جم / سم^٣ عند درجة غليان الماء وضغط واحد جو . فما هو حجم الوزن الجزىء الجرامى لبخار الماء . قارن هذه القيمة بالقيمة المحتسبة لغاز مثالى .

الحل :

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

$$\text{حجم الوزن الجزىء الجرامى لبخار الماء} = \frac{١٨}{٠.٠٠٠٥٩٧ \times ١٠^٣} \text{ لتر}$$

$$= \frac{١٨٠}{٥.٩٧} = ٣٠.٢ \text{ لتر / جزىء جرامى}$$

فى حالة الغاز المثالى يمكن حساب حجم الوزن الجزىء الجرامى للغاز عند الظروف الموضحة من المعادلة العامة :

$$V = \frac{RT}{P} = \frac{(0.082)\ (373)}{1}$$

$$= 30.5 \text{ liters/mole}$$

والفرق ليس كبيراً مما يدل على أن معادلة الغاز المثالى تفيد كثيراً فى معرفة سلوك الغازات فى الحالات التى لا نتوخى فيها كثيراً من الدقة .

مثال (٤) :

كم عدد جزئيات السم^{٣} من غاز عند ضغط ٧٢٦ مم ز ودرجة حرارة — ٣٣°م .

الحل :

المعروف أن الجزىء الجرامى من أى غاز يحتوى على عدد أفوجادرو من الجزئيات أى تحوى على ٦,٠٢ × ١٠^{٢٣} جزىء . وعند معدل الضغط ودرجة الحرارة يشغل الجزىء الجرامى حجماً قدره ٢٢,٣١٤ لتر . وإذا انخفضت درجة الحرارة إلى — ٣٣°م (٢٤٠° مطلقة) والضغط إلى ٧٢٦ مم ز فإن :

$$\text{حجم الجزىء الجرامى} = ٢٢,٤١٤ \times \frac{٧٦٠}{٧٢٦} \times \frac{٢٤٠}{٢٧٣} \text{ لتر}$$

$$= ٢٠,٦ \text{ لتر}$$

لذلك يزيد عدد جزيئات الغاز فى السم ٣ عن قيمته عند معدل الضغط ودرجة الحرارة ليصبح :

$$= \frac{٦٠٢ \times ١٠^{٢٣}}{٢٠٦٠٠} = ٢,٩٢ \times ١٠^{١٩} \text{ جزىء / سم}^{٣}$$

مثال (٥) :

عند درجة حرارة ١٨°م وضغط ٧٦٥ مم ز وجد أن وزن ١.٢٩ لتر من غاز يساوى ٢,٧١ جم : أوجد الوزن الجزىء الجرامى للغاز .

الحل :

من المعادلة العامة للغازات :

$$PV = nRT = \frac{W}{M} RT$$

حيث W ترمز لوزن الغاز بالجرام ؛ M الوزن الجزيئى الجرامى للغاز ، V حجم العاز ، P ضغطه ، T درجة الحرارة المطلقة ، R ثابت الغاز .

$$P = \frac{765}{760} \text{ atm.}$$

$$T = 18 + 273 = 291°K$$

$$R = 0.082 \text{ l.atm. } °K^{-1} \text{ mole}^{-1}$$

$V = 1.29$ liters

$W = 2.71$ grams

$$\therefore M = \frac{w\,RT}{PV} = \frac{2.71 \times 0.082 \times 291}{(765/760) \times 1.29}$$

$$= 49.8 \text{ g/mole}$$

مثال (٦) :

إذا فرض أن سرعة جزيئات غاز الأكسجين (O_2) تساوى ٤.٢٥ × ١٠^4 سم فى الثانية عند درجة الصفر المئوى . كم يكون سرعة جزيئات CO_2 عند نفس درجة الحرارة .

الحل :

عند نفس درجة الحرارة يتساوى متوسط طاقات الحركة للجزيئات . أى أن :

$$\frac{1}{2} m_{O_2} v^2_{O_2} = \frac{1}{2} m_{CO_2} v^2_{CO_2}$$

$$v_{CO_2} = v_{O_2} \sqrt{m_{O_2} / m_{CO_2}}$$

ونسبة أوزان جزيئات O_2 ، CO_2 هى نفسها النسبة بين أوزانها الجزيئية .

$$V_{CO_2} = v_{O_2} \sqrt{32/44}$$

$$= (4.25 \times 10^4)(0.835)$$

$$= 3.62 \times 10^4 \text{Cm/sec}$$

مثال (٧) :

إذا فرض أن سرعة جزيئات غاز الأكسجين (O_2) تساوى ٤.٢٥ × ١٠^4 سم فى الثانية عند درجة الصفر المئوى . كم تكون السرعة عند ٢٥°م .

الحل :

نعرف من نظرية الحركة الجزيئية أن طاقة الحركة لجزىء الغاز تتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة . لذلك فإن النسبة بين طاقات الحركة هى نفسها النسبة بين درجات الحرارة المطلقة .

$$\frac{\frac{1}{2} m v^2_{0°C}}{\frac{1}{2} m v^2_{25°}} = \frac{273}{298}$$

$$\frac{v_{0^\circ C}}{v_{25^\circ C}} = \sqrt{\frac{273}{298}}$$

$$v_{25^\circ C} = \sqrt{\frac{298}{273}}\, v_{0^\circ C} = (1.04)\ (4.25 \times 10^4)$$

$$= 4.42 \times 10^4 \text{ cm/sec.}$$

أسئلة وتمارين إضافية :

١ — ما حجم كمية من غاز مثالى عند درجة حرارة الصفر المئوى إذا كان يشغل حجماً قدره ٣,٦٤ لتر عند ١٠٠°م مع ثبات الضغط .

(الجواب = ٢,٦٦ لتر)

٢ — إذا كانت كثافة غاز مثالى هى ٢,٧٦ جرام / لتر عند ضغط قدره ٢ ضغط جو ودرجة حرارة ٢٥°م . فما هو وزنه الجزيئى .

(الجواب = ٣٣,٧ جرام / جزىء جرامى)

٣ — إذا كانت كثافة غاز ثانى أكسيد الكبريت عند درجة حرارة الصفر المئوى وضغط واحد جو هو ٢,٩٢٦٩ جرام / لتر . احسب حجم الجزىء الجرامى للغاز .

(الجواب = ٢١,٩ لتر وهذا يقل عن القيمة ٢٢,٤ لتر المحتسبة للغاز المثالى)

٤ — أوجد الضغط الذى يحدثه ١٠ جرامات من غاز النتروجين داخل وعاء ومغلق سعته لتر واحد عند درجة حرارة ٢٥°م مستعملا المعادلة العامة للغازات .

(الجواب = ٨.٧ جو)

٥ — احسب الوزن الجزيئى لغاز أمكن قياس كمية منه وزنها ١,٢٥ جرام وحجمها ٢٥٠ مل فوق سطح الماء عند ضغط قدره ٧٣٥ مم ز ودرجة حرارة ٢٨°م علماً بأن ضغط بخار الماء عند هذه الدرجة = ٢٨,٣ مم ز .

(الجواب = ١٣٣ جرام / جزىء جرامى)

٦ — احسب كثافة أكسيد النتروز (N_2O) عند معدل الضغط ودرجة الحرارة ، ثم عند ضغط قدره ٧٣٠ مم ز ودرجة حرارة ٢٥°م .

(الجواب : الكثافة عند معدل الضغط ودرجة الحرارة = ١.٩٦٥ جرام / لتر .
الكثافة عند ٢٥°م ، ٧٣٠ مم ز = ١,٧٣٠ جرام / لتر)

٧ — إذا فرض أن مخلوطاً غازياً فى مستودع تحت ضغط قدره ٠,٥ جو يتكون من النسب الآتية : بالحجم = ١٥ ٪ نتروجين ، ٣٥ ٪ ثانى أكسيد كربون ، ٥٠ ٪ أكسيد نتروز (N_2O)

(أ) احسب الضغط الجزئى لكل غاز .

(ب) إذا وضع هيدروكسيد البوتاسيوم الصلب لازالة غاز ثانى أكسيد الكربون ، احسب الضغط الجديد للمخلوط والضغط الجزئى للغازات المتبقية .

(الجواب : (أ) ٠,٠٧٥ ضغط جو نتروجين ، ٠,١٧٥ ضغط جو ثانى أكسيد كربون ، ٠,٢٥ ضغط جو أكسيد نتروز . (ب) الضغط الكلى = ٠,٣٢٥ ضغط جو ، الضغط الجزئى للنتروجين = ٠,٠٧٥ جو ، الضغط الجزئى لأكسيد النتروز = ٠,٢٥ جو ، أى أن ضغوط الغازات المكونة تبقى كما هى كما لو كان كل منها يؤثر على انفراد وذلك تبعاً لقانون دالتون للضغوط الجزئية) :

٨ — ما هو الحجم الذى تشغله كمية من غاز الهيدروجين تزن ١,٥٠ ملى جرام عند الظروف القياسية .

(الجواب : ١٦,٧ سم^3)

٩ — استغرقت كمية معينة من غاز أول أكسيد الكربون زمناً قدره ٤٥ ثانية لتنتشر خلال ثقب صغير تحت ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة . أوجد الزمن اللازم الذى تستغرقه نفس الكمية من غاز البروم (Br_2) لتنتشر خلال نفس الثقب وتحت نفس الظروف .

(الجواب : ١٠٧ ثانية)

١٠ — برهن مع ذكر الفروض اللازمة كيف يمكننا استنباط المعادلة التجريبية $PV = nRT$ من نظرية الحركة الجزيئية للغاز .

١١ — ما عدد جزيئات الغاز التى يحتوى عليها إناء سعته لتر مفرغ إلى ضغط قدره 10^{-4} مم ز وعند درجة حرارة الصفر المئوى :

١٢ — أوجد درجة الحرارة التى عندها سرعة جزيئات غاز الميثان تتساوى وسرعة جزئيات غاز النتروجين عند درجة الصفر المئوى ، ثم أوجد قيمة هذه السرعة .

١٣ — أحسب النسبة بين سرعة جزيئات غاز البروبان (C_3H_8) إلى الميثان (CH_4) فى نفس المخلوط وعند نفس درجة الحرارة .

(الجواب : ١ : ١,٦٦)

١٤ — احسب الضغط الناشئ عن 10^{23} جسيم من جسيمات غاز يزن كل منها 10^{-22} جرام فى وعاء حجمه ١ لتر إذا علم أن الجذر التربيعى لمتوسط مربع السرعة يساوى 10^5 سم فى الثانية . احسب الطاقة الحركية الكلية للجسيمات ودرجة الحرارة .