

الباب الثانى

الغازات المثالية

Ideal or Perfect Gases

تعريف :

الغاز المثالى يتكون نظريا من جزيئات دقيقة كروية الشكل كاملة المرونه لاتوجد بينها قوى جذب . والحجم الذى تشغله صغير جداً اذا ما قورن بالحجم الموجود بين هذه الجزيئات .

وطبقا لقوانين علم الفيزياء تبين العلاقة الآتية ارتباط ضغط الغاز المثالى بعدد وسرعة سريان جزيئات الغاز :-

$$P = \frac{N.M.C^2}{3} \quad (2-1)$$

حيث ان :

P = الضغط المطلق للغاز .

N = عدد جزيئات الغاز الموجوده فى وحدة حجم .

M = الوزن الجزيئى للغاز .

C = السرعه المتوسطه للجزيئات .

$$C = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2 + \dots + C_N^2}{N}} \quad (2-2)$$

ويمكن كتابة العلاقة المذكوره سابقا لضغط الغاز المثالى كما يلى :-

$$P = \frac{2}{3} N \left(\frac{MC^2}{2} \right) \quad (2-3)$$

اى ان الضغط النوعى للغاز المثالى يساوى بمدى ثلثى الطاقه الكينيتيكيه للجزيئات المحتوى عليها فى وحدة حجم . فاذا فرض ان حجم الغاز يساوى V فيكون :

$$PV = \frac{2}{3} N.V \left(\frac{MC^2}{2} \right) \quad (2-4)$$

$$= \frac{2}{3} n \left(\frac{MC^2}{2} \right) \quad (2-5)$$

حيث ان :

$NV = n$ = عدد الجزيئات الموجوده فى الحجم V

ومن النظرية الكينيتيكية للغازات نجد أن الطاقة الكينيتيكية تتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة للغاز أى ان :

$$\frac{MC^2}{2} \propto T \quad (2-6)$$

حيث :

$$T = \text{درجة الحرارة المطلقة للغاز (} ^\circ\text{C} + 273.15 \text{) درجة حرارة كلفن}$$

أو $= (^\circ\text{F} + 459.67) \text{ درجة حرارة رانكن .}$

قوانين الغازات :

١- قانون بويل : Boyle's Law

يتناسب ضغط الغاز (P) مع حجمه (V) تناسبا عكسيا تحت درجة حرارة ثابتة
أى ان

$$PV = \text{Constant} \quad (2-7)$$

٢- قانون شارل : Char'l's Law

عند ثبوت الضغط ، الاحجام المتساوية من جميع الغازات المثالية تتمدد أو تنكمش بنفس المقدار للتغير الثابت فى درجة حرارة الغازات .

أى ان

$$\frac{V}{T} = \text{Constant} \quad (2-8)$$

٣- قانون أفوجادرو Avogadro's Law

عند ثبوت كلا من ضغط الغاز ودرجة حرارته ، تحتوى الاحجام المتساوية من جميع الغازات المثالية على اعداد متساوية من الجزيئات . أى ان كثافة أى غاز تتناسب مع الوزن الجزيئى لهذا الغاز فمثلا ٢٢ جم O_2 ، ٢٨ جم N_2 ، ٢ جم H_2 ، ٤٤ جم CO_2 ... الخ تشغل نفس الحجم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين .

الغازات المثاليه

هذا الوزن الذى يختلف باختلاف الغازات ويشغل تقريبا نفس الحجم يسمى (المول) mol وقد وجد ان حجمه يساوى ٢٢.٤ لتراً تحت الضغط الجوى ودرجة الحرارة العاديه (760 mm Hg - 0°C or 14.7 lbf/in² - 32°F)

٤- قانون جول Joule's Law

الطاقه الداخليه لغاز مثالى تعتمد على درجة حرارته فقط ولا تعتمد على حجمه او الضغط الواقع عليه .

$$\Delta U = m \cdot c_v \cdot \Delta t \quad (2-9)$$

٥- القانون العام للغازات المثاليه Universal Ideal Gas Law

وهو نتيجة لقانونى بويل وشارل :

$$PV = n R_0 T \quad = \quad \text{or} \quad Pv = R_0 T \quad (2-10)$$

وحيث يسمى الثابت " R_0 " بالثابت العام للغازات وقيمته بالوحدات المختلفه

كما يأتى:

$$\begin{aligned} R_0 &= 1545 \quad \text{lbf. ft/lb mol. R} \\ &= 848 \quad \text{Kp.m/k mol. K} \\ &= 8314.4 \quad \text{N.m/k mol. K} \\ &= 8.3144 \quad \text{KJ/k mol. K} \\ &= 1.986 \quad \text{BTU/lb mol. R} \\ &= 1.986 \quad \text{Cal/gm mol. K} \\ &= 1.986 \quad \text{K Cal/k mol. K} \end{aligned}$$

وتكون V فى هذه الحاله هى الحجم المولى للغاز .
والقانون العام ينطبق على الغازات المثاليه فقط . لذلك فان جميع الغازات التى تكون عند درجة حرارة بعيدة لا يمكن تطبيقه عليها وكذلك على الابخره المختلفه (بخار الماء مثلاً) لان جزئياتها تكون ملاصقه لبعضها ولا يمكن اهمال طاقة الشغل الكامنه لضغط الجزئيات الى بعضها أو فصلها عن بعضها .

٦- قانون دالتون للضغط الجزئى Dalton's Law

ضغط مخلوط من الغازات او الابخره يساوى مجموع الضغوط الفرديه لكل غاز او بخار كما لو كانت موجوده بمفردها تحت نفس درجه الحراره وفى نفس الحجم الذى يشغله المخلوط أى ان :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad (2-11)$$

ووزن المخلوط يكون مجموع اوزان الغازات المكونه له :

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots \quad (2-12)$$

وباستخدام القانون العام للغازات باعتبار V هى الحجم الكلى لجزئيات الغاز :

$$V = \frac{m}{M} \cdot R_o \cdot T \quad (2-13)$$

حيث ان :

$$m = \text{الوزن الكلى للغاز (كتلة الغاز)}$$

$$M = \text{الوزن الجزئى للغاز}$$

$$n = \frac{m}{M} = \text{عدد الجزئيات فى الغاز}$$

ولمخلوط من الغازات او الابخره موجوده فى حجم V

$$\therefore \frac{m \cdot R_o \cdot T}{M \cdot P} = \frac{m_1 \cdot R_o \cdot T}{M_1 \cdot P_1} = \frac{m_2 \cdot R_o \cdot T}{M_2 \cdot P_2} = \dots \quad (2-14)$$

$$\therefore \frac{m}{M \cdot P} = \frac{m_1}{M_1 \cdot P_1} = \frac{m_2}{M_2 \cdot P_2} = \dots \quad (2-15)$$

٧- قانون اماجات للحجوم الجزئيه Amagat's Law

حجم مخلوط من الغازات او الابخره يساوى مجموع الاحجام الفرديه لكل غاز او بخار كما لو كانت موجوده بمفردها تحت نفس درجه الحراره وتحت الضغط الواقع على المخلوط .
أى ان :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (2-16)$$

مثال :

خزان من الصلب حجمه ٢ متر مكعب يحتوى على هواء جاف عند ضغط مانومتري ٢ر٧٥ بار ودرجة حرارة ٢٠°م، احسب وزن الهواء الموجود داخل الخزان . ماهو الوزن اللازم اضافته من النتروجين الجاف الى هواء الخزان لكي يرتفع ضغط المخلوط إلى ٤ر١٥ بار عند نفس درجة الحرارة .

الحل :

$$\text{Atmospheric Pressure} = 1.013 \text{ bar}$$

$$\text{Absolute Pressure of Air} = 2.75 + 1.013 = 3.763 \text{ bar}$$

$$\text{Absolute Pressure of mixture} = 4.15 + 1.013 = 5.163 \text{ bar}$$

$$\text{Manometric Pressure of nitrogen} = 5.163 - 3.763 = 1.4 \text{ bar}$$

ويمكن حساب وزن الهواء باستخدام القانون العام للغازات .

$$\begin{aligned} \text{Mass of Air } (m) &= \frac{P.V.M}{R_o.T} \\ &= \frac{3.763 \times 10^5 \times 2 \times 28.97}{8314.4 \times (20 + 273.15)} = 8.95 \text{ kg} \end{aligned}$$

ويمكن حساب وزن النتروجين من نتيجة قانون دالتون :

$$\frac{m_1}{M_1.P_1} = \frac{m_2}{M_2.P_2}$$

أى ان :

$$\frac{8.95}{28.97 \times 3.763 \times 10^5} = \frac{m_2}{28.02 \times (1.4 + 1.013) \times 10^5}$$

$$\therefore \text{Mass of Nitrogen } (m_2) = 5.55 \text{ kg.}$$