قانون الغاز المثالي The perfect Gas law or the ideal Gas law

عندما نحاول إيجاد علاقة مابين المتغيرات المذكورة في القوانين السابقة قانون بويل وقانون شارل وقانون غايلوساك وقانون افوكادرو نجد بأنه بإمكاننا الحصول على المعادلة الآتية:

$$PV \propto nT \qquad (19-1)$$

إن ثابت التناسب الذي يمكن وضعه في المعادلة السابقة ثم إيجاد تجريبياً ووجد بإنه ثابت لكل الغازات لذا فقد سمي بثابت الغازات (Gas Constant) ويرمز له بالرمز (R).

$$\therefore Pv = nRT \qquad (20-1)$$

تمثل المعادلة بمعادلة الغاز المثالي perfect gas or Ideal gas equation وهي من المعادلات المهمة جداً في الكيمياء الفيزياوية وتستخدم في اشتقاق الكثير من المعادلات الثرموديناميكية للغازات كما إنها تستخدم لتحديد خواص الغازات عند ظروف معينة وممكن أن تعطي نتائج عند تغيير الظروف وكما يأتي:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \qquad (21-1)$$

الغاز المثالي وثابت الغاز Ideal Gas and Gas constnt

يعد الغاز مثالياً أو تاماً (Ideal or perfect gas) إذا وافق الشروط:

أ. تخضع العلاقة بين ضغطه وحجمه ودرجة حرارته المعادلة العام للغازات او ما تعرف بمعادلة الحالة State equation

$$PV = nRT \qquad (20-1)$$

ii. تعتمد طاقة الغاز على درجة حرارته فقط ولا تعتمد على ضغطه أو حجمه.

iii. السعة الحرارية للغاز المثالي يجب أن تكون ثابتة.

توجد حالة الغاز المثالي عندما تسلك الجزيئات سلوكاً أشبه بنقاط كتلة لا تتداخل فيما بينها أي إنها لا تتنافر ولا تتجاذب مع بعضها البعض وان الطاقة الكلية

لهذا الغاز تتمثل بالطاقة الحركية وتتناسب مباشرة مع درجة الحرارة المطلقة وبسبب عدم وجود طاقة كامنة والتي تنشأ من القوى الداخلية بين جزيئات الغاز المثالي، فإن طاقة الغاز لا تتغير عند تغير حجمه أو تغير المسافة بين جزيئاته.

نحسب قيمة R بسهولة باستخدام القانون العام للغازات ويحتل مول واحد من أي غاز حجم (22.4l) في الظروف القياسية (standard temperature and pressure) (STP) وعندها تكون درجة الحرارة مساوية إلى الصفر المئوي وضغط واحد جو

$$R = \frac{PV}{nT} \dots\dots (22-1)$$

$$R = \frac{(1\ atm)(22.4L)}{(1\ mole)(273.15k)} = 0.082\ atm\ L\ mol^{-1}k^{-1}$$

وكما نلاحظ إن وحدات R نمثل

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)V}{nT} = \frac{force.length}{mol.k}$$

حيث إن V/A=L أي إن قسمة الحجم/المساحة تعطي الطول (length)

$$\frac{volume}{Area} = length$$

R= force. Length. $Mol^{-1}.k^{-1}$

وحاصل ضرب القوة في الطول هو الشغل أو الطاقة، لذا فإن وحدات الثابت R تعتمد على وحدات الطاقة

$$R = \frac{Energy}{mole.K} = Energy.mole^{-1}K^{-1}$$

وبذلك يمكن الحصول على قيم عددية مختلفة لثابت الغاز R وحسب وحدات الطاقة المستخدمة

i–L. atm

R= 0.08205 L.atm. $mole^{-1}.K^{-1}$

= 0.0831441 L.Bar K^{-1} mol^{-1}

= dyne cm^{-2}

وبما إن ضغط ١ جو يمثل ٧٦.٠ سم زئبق وكثافة الزئبق= ١٣.٥٩٥غم سم$^{-٣}$ بدرجة الصفر المئوي.

1 atm= 76cm * 13.595 gm cm^{-3} * 980 cm s^{-1}

1 atm= 1.0132* 10^6 gm cm^{-1} s^{-1}= 1.0132* 10^6 dyne cm^{-2}

Dyne= gm. cm. s^{-1}

وحيث إن التحصيل الأرضي a=980cm s^{-1}

وبالتالي فإن R تحسب كالأتي، حجم مول واحد من الغاز المثالي في وعاء (22414 m) بالظروف القياسية وان (1m) يساوي (1.00027 cm^3) أي الحجم (22414.6 cm^3)

$$\therefore R = \frac{1.0132 \times 22414.6}{1 * 273.15} = 8.314 * 10^7 ery.mol^{-1}K^{-1}$$

iii- calary

1 calary= 4.148*10^7 ery

$$\therefore = R = \frac{8.314 * 10^7}{4.184 * 10^7} = 1.987\ calary.K^{-1}.mol^{-1}$$

IV- Joule or K. Joule

1 calary= 4.187 Joule

$\therefore$R= 4.184 * 1.987= 8.314 Joul K^{-1} mol^{-1}

= 8.314 JK^{-1} mol^{-1}

= 8.134* 10^{-3} KJ K^{-1} mol^{-1}

= 0.008314 KJ K^{-1} mol^{-1}

والجدول التالي يبين قيم ثابت الغاز بالوحدات المختلفة.

القيمة العددية والوحدات للثابت R
8.31441 J K^{-1} mol^{-1}

0.082067 atm L K^{-1} mol^{-1}
1.98719 cal K^{-1} mol^{-1}
8.31441 m^3 pa K^{-1} mol^{-1}
0.0831441 L Bar K^{-1} mol^{-1}

بعض الصيغ الأخرى للمعادلة العامة للغازات المثالية

يمكن الاستفادة من المعادلة العامة للغازات لحساب بعض الخواص الأخرى للغازات مثلاً وزن الغاز (w) ووزنه الجزيئي والكثافة وكالآتي:

$$PV = nRT \dots\dots (20-1)$$

$$PV = \frac{W}{M}RT \dots\dots (23-1)$$

M الوزن الجزيئي للغاز

$$\therefore M = \frac{WRT}{PV} \dots\dots (24-1)$$

ولحساب الكثافة وهي كتلة وحدة الحجم

$$\rho = \frac{W}{V}$$

$$\therefore M = \frac{\rho RT}{P} \rightarrow \rho = \frac{PM}{RT} \dots\dots (25-1)$$

$$\text{Or } \rho M = PRT \rightarrow P = \frac{\rho RT}{M} \dots (26-1)$$

ملاحظة: أي كمية مقسومة على عدد المولات n فتعرف بالكمية المولارية مثلاً الحجم المولي V_m

$$V_m = \frac{V}{n}$$

M الكتلة المولية (الوزن الجزيئي)

$$M = \frac{W}{n}$$

الكثافة المولية ρ_m

$$\rho_m = \frac{\rho}{n} = \frac{gm}{cm^3}/mole = \frac{gm}{mol} * \frac{1}{cm^3} = \frac{M}{V}$$

كذلك ممكن أن تكتب المعادلة العامة للغازات بصيغة التركيز المولي

$$\text{molarity} = \frac{n}{v}$$

$$p = [molarity]RT$$

$$molarity = \frac{n}{v}, \qquad molity = \frac{n}{w}$$