

## الفصل الثالث

### الغازات

#### المقدمة : حقائق عن الغازات

- (1) تتكون من جزيئات صغيرة مستقلة تقريبا عن بعضها البعض ولا تؤثر على بعضها باي قوى ماعدا في لحظات تصادمها .
- (2) هذه الجزيئات في حالة حركة مستمرة متصادمة مع بعضها دون ان تتلاصق .
- (3) طاقتها الحركية كافية للتغلب على القوى الضئيلة التي تربط بينها .
- (4) هذه الجزيئات متباعدة عن بعضها وتقدر المسافة بينها بعشرة امثال قطرها .
- (5) سرعتها مقاربة لسرعة الصوت في الهواء (300-400) م/ثا ولذلك يحصل التصادم بينها بحدود  $10^9$  تصادم في الثانية .
- (6) تصادمها مع جدران الاناء الذي يحويها يكون الضغط المؤثر على الجدران .
- (7) لتباعدها عن بعضها بمسافات اكبر من قطرها ادى الى انعدام الاحتكاك الداخلي بينها ولهذا السبب تعزى قابليتها على الانكماش لكونها لا تمتلك شكل محدد ولا حجم ثابت .
- (8) لكثلة معينة ومرتزة من الغاز وعند درجة حرارة ثابتة تكون اتجاهات حركة الجزيئات موزعة بالتساوي على جميع الاتجاهات اي ان معدل التغير في القيمة والاتجاه لسرع الجزيئات المختلفة يساوي صفر .
- (9) معدل الطاقة الحركية لجميع جزيئات الغاز متساوية وتعتمد على درجة الحرارة .

#### الغاز المثالي : Ideal gas

- (1) يتكون من جزيئات متناهية في الصغر (حجمها صغير جدا بالمقارنة بالمسافة بينها ومع حجم الاناء الذي يحتويها)
- (2) تامة المرونة (تصادمها مرن)
- (3) ينعلم الاحتكاك بينها لانها لا تؤثر على بعضها البعض باي قوى .
- (4) الغاز المثالي غير موجود في الحقيقة .

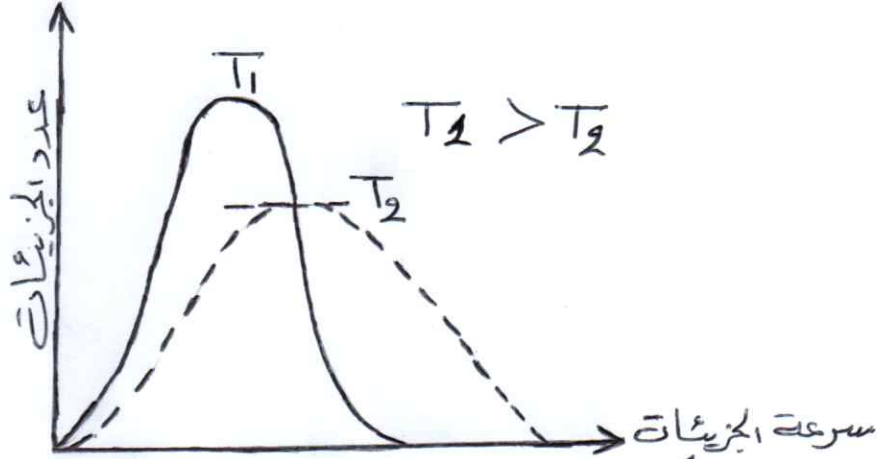
#### الغاز الحقيقي : Real Gas

- (1) جزيئاته صغيرة ومتباعدة عن بعضها البعض .
- (2) عند الظروف الاعتيادية من ضغط ودرجة حرارة تقترب خواص الغاز الحقيقية من خواص الغاز المثالي بشرط ان تكون درجة الحرارة اكبر بكثير من درجة حرارة تسييل ذلك الغاز .

## النظرية الحركية للغازات

الخواص التي ذكرناها سابقا للغازات يمكن توقعها على اساس النظرية الحركية للغازات وهذه فرضياتها :

- (1) تتكون الغازات من جزيئات متناهية في الصغر كتلتها نقطية فهي تمتلك كتلة ولا تمتلك حجما .
- (2) القوى بين الجزيئات مهملة عدا في لحظة تصادمها .
- (3) حركة الجزيئات عشوائية وبخطوط مستقيمة بين التصادمات .
- (4) جزيئات الغاز تامة المرونة وتصادمها مرن اي ان طاقتها الحركية محفوظة خلال التصادم وقد يحصل تبادل للطاقة بين الجزيئات ويمكن اهمال الطاقة المفقودة عند تصادم الجزيئات مع بعضها ومع جدران الاناء الذي يحويها . والوقت المستغرق خلال التصادم قصير جدا يمكن اهماله .
- (5) درجة الحرارة هي مقياس للطاقة الحركية التي تمتلكها الجزيئات نتيجة لحركتها .
- (6) تتوزع سرعة الجزيئات وكذلك طاقتها الحركية توزيعا معينيا يعرف بتوزيع ماكسويل - بولتزمان كدالة لدرجة الحرارة وعدد الجزيئات التي تحمل تلك السرعة كما في الشكل :



« الشكل يوضح تَوزيع عدد الجزيئات مع سرعة كدالة لدرجة الحرارة »

من الرسم نلاحظ مايتي :

- (1) معظم الجزيئات تتحرك بمتوسط السرعة .
- (2) تختلف السرعة وكذلك الطاقة باختلاف درجة الحرارة .
- (3) في درجة الحرارة الواحدة تتساوى الطاقة الحركية للغازات المختلفة حيث لو كان لدينا جزيئين من غازين مختلفين كتلة الاولى  $m_1$  والثانية  $m_2$  وسرعة الاولى  $v_1$  والثانية  $v_2$

$$\therefore \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2^2}{v_1^2} \leftrightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

مثال : سرعة جزيئة النتروجين في طبق هي 493 m/sec ماهي سرعة جزيئة الاوكسجين تحت نفس الظروف علما ان الوزن الجزيئي (الكتلة الجزيئية) للنتروجين (28 g/mole) وللاوكسجين (32 g/mole)

$$\sqrt{\frac{28 \text{ g/mole}}{32 \text{ g/mole}}} = \frac{v_0}{493} \rightarrow v_0 = ( ) \text{ m/sec}$$

عدد افوكادرو (  $N_A$  )

الحجوم المتساوية من الغازات تحت نفس الظروف من ضغط درجة حرارة وتحتوي على نفس العدد من الجزيئات او الذرات وهذا العدد يسمى عدد افوكادرو  $N_A$

وكذلك فان الكتلة الذرية او الجزيئية لاي مادة تحتوي على عدد افوكادرو من الذرات او الجزيئات

وكذلك المول الواحد من اي مادة يحتوي على  $N_A$  من الذرات او الجزيئات

مثلا الكتلة الذرية للهيدروجين 1 gm/mole تحتوي على عدد افوكادرو من ذرة الهيدروجين وان 1 gm من غاز الهيدروجين يحتوي على

$$6.02 \times 10^{23} \text{ molecule/mole } N_A$$

وان 1 Kgm من غاز الهيدروجين يحتوي على

$$N_A = 6.02 \times 10^{26} \text{ mole cules/kmole}$$

اذا كانت كتلة المول الواحد بالغم/مول هي M (الكتلة الذرية او الجزيئية) وكتلة الجزيئة هي m غم فان

$$N_A = \frac{M \text{ gm/mole}}{m \text{ gm/mole}} = 6.02 \times 10^{23} \text{ mole cules/mole}$$

مثال : احسب كتلة ذرة الهيدروجين اذا علمت ان الكتلة الذرية له هي 1 gm/mole

$$m_H = \frac{M}{N_A} = \frac{1 \text{ gm/mole}}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecules/mole}}$$

$$m_H = 6.6 \times 10^{-24} \text{ gm/molecules}$$

احسب كتلة جزيئة الاوكسجين اذا علمت ان الكتلة الذرية له هي  $16 \text{ gm/mole}$

$$m_{O_2} = \frac{16 \times 2 \text{ gm/mole}}{6.02 \times 10^{23} \text{ molecly/mole}} = 53.1 \times 10^{-23} \text{ gm/mole cules}$$

عدد المولات تحسب من العلاقة التالية

$$n = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة الجزيئية}} = \frac{N \text{ عدد الجزيئات}}{N_A \text{ عدد افوكادرو}}$$

مثال : كم مول موجود في  $105 \text{ Kgm}$  من الكربون وكم ذرة في هذه الكتلة

$$n = \frac{105 \text{ kgm}}{12 \times 10^{-3} \text{ kgm/mole}} = (8.7 \times 10^3) \text{ mole}$$

الكتلة الجزيئية

كم ذرة موجودة في هذه الكتلة

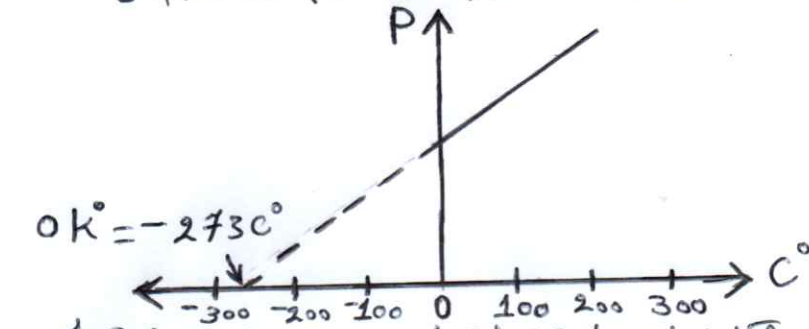
عدد افوكادرو  $\times$  عدد المولات = عدد الذرات

$$= 8.7 \times 10^3 \times 6.022 \times 10^{23}$$

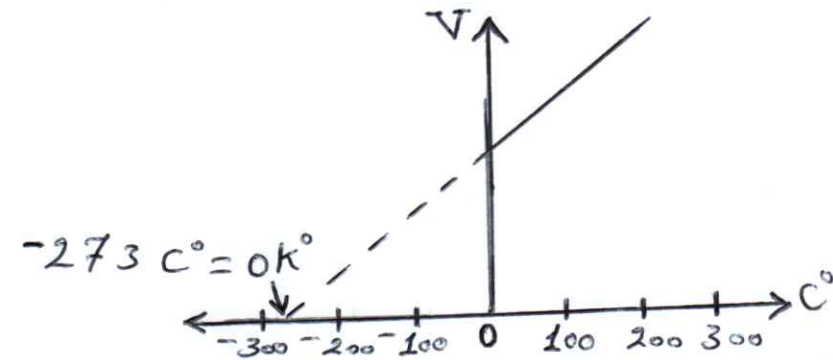
$$= ( ) \text{ atom}$$

قانون الغاز : هو قانون يحكم سلوك الغازات المثالية ويعتمد على درجة الحرارة والضغط والحجم .

1- عند تسخين غاز في وعاء محكم ( $V = \text{const}$ ) ثابت الحجم فان



2- عند تسخين نفس الكمية من الغاز تحت ضغط ثابت ( $P = \text{const}$ ) فان



شكل يوضح علاقة حجم الغاز مع درجة حرارته عند ثبات الضغط

بدمج المعادلة (1) مع المعادلة (2)

$$P V \propto T$$

$$P V = T \text{ ثابت } T \text{ بالكلفن}$$

اي عند درجة حرارة ثابتة T فان حاصل ضرب الضغط في الحجم لكمية محدودة يساوي كمية ثابتة وهذا هو قانون بويل

ان قانون الغاز المثالي ينطوي على قانونين

- (1) قانون بويل (كمية ثابتة)  $PV = \text{const}$  عند ثبوت درجة حرارة كمية معينة من الغاز .
- (2) قانون شارك كايلوساك عند ثبوت الضغط فان حجم كمية من الغاز الى درجة حرارته المطلقة تبقى كمية ثابتة في حالة التسخين او التبريد

$$V \propto T \equiv \frac{V}{T} = \text{كمية ثابتة}$$

قانون الغاز المثالي :

$$PV = nRT$$

$$\frac{\text{الكتلة}}{m} (\text{الكتلة الجزيئية}) = n = \text{عدد المولات}$$

$$R \text{ ثابت الغاز} = 8314 \text{ J/Kmole } k$$

$$8.314 \text{ J/mole } k =$$

شروط تطبيق قانون الغاز المثالي :

- 1- T بالكلفن
- 2- استخدام وحدات مناسبة لمختلف الكميات
- 3- قيمة  $R = 8314 \text{ J/K mole}$  او  $8.314 \text{ J/mole K}$
- 4- الحجم الذي تشغله الجزيئات نفسها صغير جدا (مهمل) مقارنة بالحجم الذي يشغله الغاز
- 5- ان يكون الغاز تحت ظروف بعيدة عن شروط اسالته من ضغط ودرجة حرارة . اي ان تكون درجة حرارة الغاز عالية تكفي لان يكون عدد قليل جدا من الجزيئات ترتبط ببعضها اي ان الطاقة الحركية للجزيئات كبيرة بالمقارنة بالطاقة التي تعمل على التصاق الجزيئات مع بعضها (اي عدم تكاثف الغاز)
- 6- ملاحظة : من الممكن استخدام قانون الغاز كما يلي :

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

حيث  $R$  .  $n$  ثوابت

مثال : اسطوانة تحتوي على (12L) من غاز  $O_2$  في درجة  $20^\circ C$  وضغط 15 atm فاذا اصبحت درجة حرارة الاسطوانة  $35^\circ C$  واصبح الحجم 8.5 L فكم سيكون الضغط الجديد .

$$\frac{15 \times 12}{20 + 273} = \frac{P_2 \times 8.5}{35 + 273}$$

$$\frac{180}{293} = \frac{P_2 \times 8.5}{308} \rightarrow P = 22.2 \text{ atm}$$

مثال : جد حجم 84 kg من النتروجين في ظل  $(1 \times 10^5 \text{ atm})$  ( $T = 273 \text{ K}$ ) اذا علمت ان الكتلة الجزيئية للنتروجين 28 g/mole

$$n = \frac{\text{الكتلة}}{M} = \frac{84 \text{ kg} \times 1000}{28 \frac{\text{g}}{\text{mole}}}$$

$$= 3000 \text{ mole} = 3 \text{ k mole}$$

$$PV = nRT$$

$$1 \times 10^5 \times V = 3 \times 8314 \times 273$$

$$V = ( ) m^3$$

Vander Waals Equation

معادلة فاندر فالز :

ان المعادلة العامة للغازات ( $PV = nRT$ ) تستعمل للغاز المثالي ويمكن استخدامها للغاز الحقيقي عند الضغوط الواطئة ولكن لا يصح استخدامها له عند الضغوط المتوسطة والعالية وذلك لوجود القوى الجزيئية الداخلية التي تصبح ليست بالقليلة فلا يمكن اهمالها حيث مداها يصبح مقارب للمسافة بين الجزيئات وعليه يجب ان يؤخذ تاثير كل من قوى التنافر والتجاذب بين الجزيئات عند هذه الضغوط وتوصل فاندر فالز الى معادلة للغاز الحقيقي عند الضغوط المتوسطة والعالية هي

$$\left( P + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

a.b ثوابت خاصة بكل غاز وتوجد قيمتها تجريبيا .

الطاقة الداخلية للغاز (E)

غاز يحوي على عدد (N) من الجزيئات ومعدل سرعتها  $\bar{v}$  وكتلة الجزيئة m فانه يمكن التعبير عن ضغطه بالمعادلة الاتية :

$$PV = \frac{1}{3}(Nm)\bar{v}^2$$

$$PV = nRT$$

كتلة الغاز = Nm

$$nRT = \frac{1}{3}Nm\bar{v}^2$$

$$\frac{N}{N_A} RT = \frac{1}{3} Nm\bar{v}^2 \quad , n = \frac{N}{N_A}$$

$$\frac{3R}{N_A} T = m\bar{v}^2$$

$$\text{ثابت بولتزمان } K_B = \frac{R}{N_A} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$3K_B T = m\bar{v}^2 \rightarrow \bar{v}^2 = \frac{3K_B T}{m} \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3K_B T}{m}}$$

معدل سرعة الجزيئات

ان معدل السرعة يعتمد على درجة الحرارة .

بقسمة المعادلة (1) على 2 نحصل على

$$\frac{3}{2} K_B T = \frac{1}{2} m\bar{v}^2 = \text{الطاقة الحركية للجزيئة}$$

وهي تمثل الطاقة الداخلية للجزيئة

$$\frac{1}{2} m\bar{v}^2 = \frac{3}{2} K_B T$$

الطاقة الحركية للجزيئة  $E = N \times$  ← الطاقة الداخلية للغاز

$$E = \frac{1}{2} N m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} N K_B T \dots \dots \dots (2)$$

ويمكن كتابة الطاقة الداخلية بدلالة عدد المولات

$$N = n N_A \leftarrow \text{حيث } n = \frac{N}{N_A} \text{ وبالتعويض في المعادلة (2)}$$

$$E = \frac{3}{2} n N_A K_B T, \quad K_B = \frac{R}{N_A}$$

لغاز احادي الذرة طاقة ذرته انتقالية

$$E = \frac{3}{2} n R T \quad \text{الطاقة الداخلية بدلالة } R, n \text{ ثابت الغاز}$$

$$E = \frac{3}{2} N K_B T \quad \text{بدلالة ثابت بولتزمان}$$

هاتان المعادلتان تمثلان الطاقة الداخلية (الحركية) لغاز مثالي احادي الذرة وتمتلك طاقة داخلية هي طاقة حركية انتقالية مثل غاز الهليوم والنيون .....

اما الغازات الثنائية الذرة كالأوكسجين والهيدروجين ..... فانها تتصرف بطريقة مختلفة حيث تكون طاقتها الداخلية مكونة من طاقة حركية انتقالية وطاقة حركية دورانية بسبب تركيبها الجزيئي حيث يمكن تمثيل جزيئها مكونة من كرتين نقطتين متصلتين مع بعضهما بنابض حلزوني له القابلية على الانضغاط والتمدد ويمكن الجزيئية ان يدور اي انه سيمتلك طاقة دورانية لها مركبتين , بالاضافة الى ثلاث مركبات للطاقة (الحركية) الانتقالية وكل واحدة من هذه المركبات تمتلك معدل طاقة حركية مساوية الى  $\frac{1}{2} K_B T$  وهذا مايعرف بنظرية التوزيع المتساوي للطاقة .

طبقا لهذه النظرية فان الطاقة الحركية الكلية للجزيئة الواحدة هي :

$$= 2 \left( \frac{1}{2} K_B T \right) + 3 \left( \frac{1}{2} K_B T \right)$$

الدورانية                  الانتقالية

$$= \frac{5}{2} K_B T \text{ للجزيئة الواحدة}$$

$$E = \frac{5}{2} N K_B T = \frac{5}{2} n R T \text{ للغاز ككل (العدد } N \text{ من الجزيئات)}$$

عدد الجزيئات



## الطاقة الداخلية للغاز الثنائي الذرة

وقد تم اهمال بعض الطاقات الداخلية كالاhtزازية لذرات الجزيئة الثنائية وكذلك الطاقة الناتجة عن تغير قوة الربط بين الذرات .

يمكن تعريف الطاقة الداخلية للغاز : تمثل جميع انواع الطاقات التي تملكها الذرات او الجسيمات الاخرى المكونة للمادة .

الحرارة النوعية للغاز :  $C_v$  ,  $C_p$

عند تسخين الغاز سترتفع درجة حرارته وضغطه وتزداد طاقته الداخلية واذا سمح له بالتمدد فسوف ينجز شغل وقيمة الحرارة النوعية له تعتمد على اذا كان الغاز سيتمدد ام لا وبذلك يمكن ان يكون له نوعين من الحرارة النوعية

1- الحرارة النوعية عند الضغط الثابت  $C_p$

2- الحرارة للنوعية عند الحجم الثابت  $C_v$

تعريف  $C_p$  ,  $C_v$  : كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارى مول واحد من الغاز درجة حرارية واحدة مع بقاء ضغطه او حجمه ثابت على التوالي . وجد ان  $C_p$  اكبر من  $C_v$  للغازات . والسبب في ذلك ان الحرارة التي يزود بها الغاز ذو الحجم الثابت ستؤدي الى زيادة طاقته الداخلية . اما الحرارة التي يزود بها تحت الضغط الثابت فانها سترتفع طاقته الداخلية بالاضافة الى ان سينجز شغل من خلال تمدده (زيادة حجمه) تحت الضغط الثابت راجع ص 6 اي ان الغاز تحت الضغط الثابت يحتاج كمية من الحرارة اعلى مما يحتاجها تحت الحجم الثابت (من تعريف الحرارة النوعية) لرفع درجة حرارة المول الواحد منه درجة حرارية واحدة .

العلاقة بين ال  $C_p$  و  $C_v$  للغاز المثالي : اذا وضع مول واحد من غاز في اسطوانة ذات مكبس طليق الحركة ولتكن مساحة المكبس (A) . عند تزويد الغاز بالحرارة (dQ) سينزاح المكبس مسافة dx وهذا يعني ان الحجم سيزداد بمقدار dv وترتفع درجة الحرارة بمقدار dT

ان القوة التي سيسلها الغاز على المكبس (F)

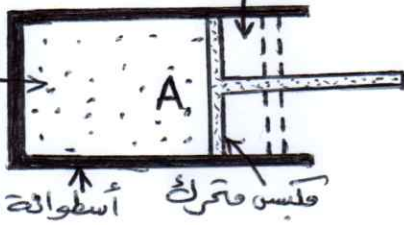
$$P = \frac{F}{A}$$

$$\therefore F = PA$$

هذه القوة ستنتج شغلا (dw)

$$dw = Fdx$$

$$dw = PA dx = P dv \dots \dots (1)$$



شكل يوضح التحقق من العلاقة بين  $C_p$  و  $C_v$

«  $C_p$  و  $C_v$  »

ومن تعريف الحرارة النوعية  $C_p$  عند الضغط الثابت

$$C_p = \frac{dQ}{n \Delta T} \quad n = \text{عدد المولات}$$

$$dQ = C_p n dT$$

وترفع درجة حرارة مول واحد

$$dQ = C_p dT \dots \dots \dots (2)$$

اما عندما نثبت الحجم فان الحرارة الداخلة تعمل فقط على زيادة الطاقة الداخلية بمقدار (du)

$$du = C_v dT \dots \dots \dots (3) \quad \text{لمول واحد فقط}$$

وعندما يتغير كل من الضغط والحجم وترتفع درجة الحرارة فان القانون الاول في الترموداينمك

$$dQ = dw + du$$

يطبق عليها وبالتعويض من (1) (2) (3) في هذه المعادلة :

$$\therefore C_p dT = P dV + C_v dT \dots \dots \dots (4)$$

واذا طبقنا القانون العام للغاز المثالي قبل وبعد تسخينه

$$PV = RT \quad \text{قبل التسخين}$$

$$P(V + dV) = R(T + dT) \quad \text{بعد التسخين}$$

$$P dV = R dT$$

نعوض في العلاقة (4) عن  $P dV$

$$C_p dT = R dT + C_v dT$$

$$C_p = R + C_v$$

$$C_p - C_v = R \quad \text{للغاز المثالي}$$

$$R = 8.314 \text{ J/K mole}$$

$$\cong 2 \text{ Cal/K}^\circ \text{ mole}$$

هذه العلاقة تصح بصورة تقريبية للغاز الحقيقي

حساب الـ  $C_p$  و  $C_v$  للغاز المثالي (احادي الذرة)

عندما ترتفع درجة حرارة مول واحد من غاز مثالي ثابت الحجم بمقدار  $dT$  فان طاقته الداخلية تزداد بمقدار  $du$

$$du = C_v dT \dots \dots \dots (1)$$

وكما ذكرنا سابقا فان الغاز المثالي الاحادي الذرة تكون طاقته الداخلية عبارة عن حركة انتقالية فقط لمول واحد

$$E = u = \frac{3}{2}RT$$

$$du = \frac{3}{2}R dT \dots \dots \dots (2)$$

بمقارنة المعادلتين (1) و (2)

$$C_v = \frac{3}{2}R$$

$$R = 8.31 \text{ J/mole.K}$$

$$C_v = \frac{3}{2} \times 8.31$$

$$= 12.5 \text{ J/mole.K}$$

$$C_p = R + C_v$$

$$C_p = \frac{5}{2}R = 20.8 \text{ J/mole.K}$$

وللغاز ثنائي الذرة : بنفس الطريقة السابقة

$$C_v = \frac{5}{2}R$$

$$C_p = \frac{7}{2}R$$

راجع الجدول (3-1) ص 98

النسبة بين  $C_p$  و  $C_v$  تسمى ( $\gamma$ ) وهي تختلف باختلاف عدد الذرات في الغاز

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.67 \text{ احادي الذرة}$$

$$= 1.4 \text{ ثنائي الذرة}$$

$$= 1.3 \text{ متعدد الذرات}$$

يستفاد من قيمة  $\gamma$  في حساب سرعة الصوت في الغاز وفي المعادلات التي تتعلق بالتغيرات الترموديناميكية وتفيد في اعطاء معلومات عن عدد ذرات جزيئة الغاز

الانتروبي  $\Delta S_e(s)$  (التغير في الانتروبي)

مقياس لعدم الانتظام (مقياس الفوضى)

$$\Delta s = \frac{\Delta Q}{T}$$

$\Delta Q$  كمية الحرارة التي تدخل الى نظام درجة حرارته (T) بالكلفن

فاذا كانت  $\Delta s = +$  فالنظام انتقلت اليه كمية من الحرارة واكسبته فوضى او عشوائية في حركة ذراته او جزيئاته .

مثال : ما مقدار التغير في الانتروبي عندما يتحول 10Kg ماء الى بخار بدرجة 100°C

$$\Delta Q = 10 \times 10^3 \times 540 = 54 \times 10^5 \text{ Cal}$$

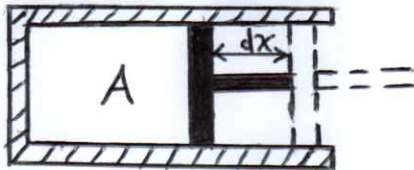
$$\Delta s = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{54 \times 10^5 \text{ Cal}}{100 + 273} = \frac{5400000}{373} = ( ) \text{ Cal/K}^\circ$$

الشغل المنجز بواسطة الغاز :-

غاز حجمه الابتدائي  $V_1$  وضغطه  $P_1$

يمكنه ان ينجز شغل فيتمدد الى حجم  $V_2$

تحت ضغط  $P_2$



الشكل يوضح الشغل المنجز بواسطة الغاز

$$dw = F \cdot dx$$

$$F = PA$$

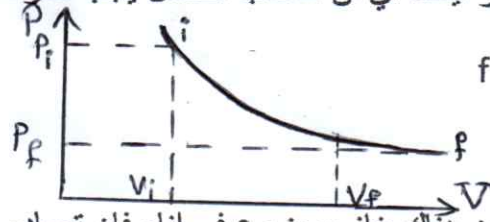
$$dw = PAdx$$

$$dw = PdV$$

$$w = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

لكن P ليس كمية ثابتة فهو متغير ايضا اي ان لحساب التكامل يجب معرفة كيفية تغير P مع V ايضا

شكل يوضح الشغل وعلاقته بالمسار



اي يعتمد على المسار من i الى f

اي من (1) الى (2)

ضغط الغاز المثالي : عندما يكون هناك غاز موضوع في اناء فان تصادم جزيئاته مع جدران الاناء هو ضغط الغاز بسبب القوة الناتجة عن هذا التصادم لوحدة المساحة وتكون هذه القوة

1- ثابتة تقريبا

2- متوسط القوة عامودي على السطح

وحدة ضغط الغاز هي (N/m<sup>2</sup>)

$$PV = \frac{1}{3} Nm\bar{u}^2$$

$$P = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \left( \frac{1}{2} m\bar{u}^2 \right)$$

$$P = \frac{2}{3} n_0 \left( \frac{1}{2} m\bar{u}^2 \right) \dots \dots \dots (1)$$

حيث n<sub>0</sub> عدد الجزيئات لوحدة الحجم

( $\frac{1}{2} m\bar{u}^2$ ) الطاقة الحركية (الانتقالية) لجزيئات الغاز

المعادلة (1) تعني ان الضغط يساوي ثلثي الطاقة الحركية لجزيئات الغاز في وحدة الحجم

ومن معادلة الغاز المثالي

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V} \dots \dots \dots (2)$$

من (1) و (2)

$$\frac{n}{V}RT = \frac{2}{3}n_0 \left(\frac{1}{2}m\bar{u}^2\right)$$

بما ان  $n_0 = \frac{N}{V}$

$$\therefore \frac{n}{V}RT = \frac{2N}{3V} \left(\frac{1}{2}m\bar{u}^2\right)$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$\frac{R}{N_A}T = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2}m\bar{u}^2\right)$$

$$T = \frac{2N_A}{3R} \left(\frac{1}{2}m\bar{u}^2\right)$$

$$T = \frac{2}{3} \frac{1}{K_B} \left(\frac{1}{2}m\bar{u}^2\right)$$

$$K_B = \frac{R}{N_A} \text{ ثابت بولتزمان}$$

اذن يمكن التعبير عن درجة الحرارة بدلالة الطاقة الحركية الانتقالية للجزيئات

## مسائل الفصل الثالث

س1/ دائما تكون وحدة درجة الحرارة بالكلفن

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\text{الكتلة gm}}{\text{الكتلة الجزيئية mole}} = \frac{N}{N_A}$$

بما ان مطلوب كتلة جزيئة واحدة

$$\therefore N = 1$$

$$\therefore \frac{m}{M} = \frac{1}{N_A}$$

$$m_{CO_2} = \text{كتلة الجزيئة} = \frac{M}{N_A} = \frac{(14 + 16 \times 2)}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{44}{6.02} \times 10^{-23}$$

$$= ( \quad \times 10^{-23} ) \text{ gm}$$

وهكذا لبقية الجزيئات

س<sup>2</sup>

$$PV = nRT$$

$$PV = nRT$$

$$40 \times 1 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-3} = n \times 8.314 \text{ J/mole K} \times (10 + 273)$$

$$n = \frac{2 \times 10^3}{8.314 \times 273} = ( \quad ) \text{ mole}$$

$$(\text{مول}) \frac{2 \times 10^3}{8.314 \times 273} = n = \frac{m}{M} = \frac{m \text{ gm}}{14 \text{ gm/mole}}$$

$$m = 14 \text{ gm/mole} \times \frac{2 \times 10^3}{8.314 \times 273} \text{ mole}$$

$$= ( \quad ) \text{ gm}$$

س<sup>3</sup>

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

$$\frac{32}{-5 + 273} = \frac{P_2}{30 + 273}$$

$$P_2 = - ( \quad ) \text{ باوند / انج}^2$$

س 4/

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

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

$$= \frac{75(543 + 273)}{3900(30 + 273)} V_1$$

$$V_2 = ( ) V_1$$

س 5/

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

$$\frac{1}{27 + 273} = \frac{P_2}{100 + 273}$$

$$P_2 = 1.243 \text{ atm}$$

س 6/

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

$$\frac{2.5}{10 + 273} = \frac{3.5}{T_2}$$

$$T_2 = 296.2 \text{ K}^\circ$$

س 7/

$$\text{الكثافة} = \frac{m}{V}$$

$$22.4 \text{ m}^3 = (1 \text{ K mole})$$

$$1 \text{ K mole} = \frac{m}{M} = \frac{m}{29 \text{ Kgm/K mole}}$$



$$m = 29 \text{ Kgm}$$

$$\therefore \rho = \frac{29 \text{ Kgm}}{22.4 \text{ m}^3} = 1.29 \text{ Kg/m}^3$$

س 18

$$\bar{u} = \sqrt{\frac{3K_B T}{m}}$$

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

$$= \sqrt{\frac{3R}{m N_A} T}$$

$$N_A m = M = 28 \text{ Kgm/K mole}$$

$$\therefore \bar{u} = \sqrt{\frac{3 \times 8314 \times 273}{28 \text{ Kgm/K mole}}}$$

$$= ( \quad ) \text{ m/sec}$$

### 15-3 مسائل الفصل الثالث

- 1- جد قيمة كتلة الجزيء الواحد من ثنائي اوكسيد الكاربون  $CO_2$  والاكسجين  $O_2$  والنروجين  $N_2$  مع العلم ان الكتلة الذرية للكاربون C والاكسجين O والنروجين هي 12 و 16 و 14 على التوالي.
- 2- جد كتلة النروجين التي يحتويها خزان سعته 5 لتر عند درجة حرارة مقدارها  $(0^\circ C)$  وضغط مقداره 40 جو؟
- 3- كان ضغط الهواء في اطار سيارة عند درجة حرارة  $(-5^\circ C)$  يساوي 32 psi باوند لكل إنج مربع ماهي قيمة الضغط اذا ارتفعت درجة حرارة الاطار الى  $30^\circ C$  مع بقاء حجم الاطار ثابتاً.
- 4- تعرض الغاز الموجود في مكبس فجأة عندما كانت درجة حرارته  $30^\circ C$  وضغطه  $75\text{ cm}$  الى قيمة نهائية للضغط هي  $3900\text{ cmHg}$  ودرجة حرارة نهائية  $543^\circ C$ . جد قيمة الحجم النهائي للغاز بدلالة حجمه الابتدائي.
- 5- أغلق وعاء عند درجة حرارة  $27^\circ C$  وضغط جوي ابتدائي مقداره (1 جو). جد قيمة الضغط النهائي اذا ارتفعت درجة حرارة الوعاء الى  $100^\circ C$ .
- 6- في يوم بارد كانت درجة الحرارة  $(10^\circ C)$  وكان ضغط اطار مركبة يقرأ  $2.5$  جو. وبعد رحلة طويلة ارتفعت درجة حرارة الاطارات مما ادى الى ارتفاع الضغط في الاطارات الى  $3.5$  جو. جد قيمة درجة حرارة الاطارات بعد انتهاء الرحلة.
- 7- جد قيمة كثافة الهواء بـ  $(Kg/m^3)$  تحت الظروف القياسية ، علماً بأن معدل الكتلة الجزيئية للهواء حوالي  $29.0$  غرام.
- 8- جد جذر معدل مربع سرعة جزيئات غاز النروجين في الهواء عند الظروف القياسية.