- النظرية الحركية للغازات :

لتفسير سلوك الغازات المثالية تم وضع عدة فروض تحدد صفات أي غاز مثالي :

١- تتكون الغازات من جزيئات صغيرة جداً، كروية الشكل، تتحرك حركة عشوائية دائمة وفق خطوط مستقيمة في جميع الاتجاهات .

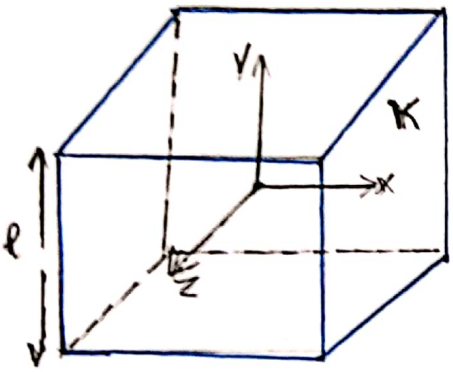
٢- تكون هذه الجزيئات بعيدة عن بعضها البعض لذلك تعتبر قوى التجاذب بينها صغيرة جداً وتكون حجوم هذه الجزيئات مهملة بالنسبة لحجم الوعاء الحاوي عليها .

٣- تصطدم هذه الجزيئات مع بعضها البعض ومع جدران الوعاء تصادمات تامة المرونة، أي أنها لا تفقد شيئاً من طاقتها الحركية، وينتج عن اصطدام الجزيئات مع جدران الوعاء الحاوي عليها ضغط الغاز .

٤- تتحرك الجزيئات الغازية بسرع مختلفة تزداد بازدياد درجة الحرارة .

- اشتقاق المعادلة الأساسية للنظرية الحركية للغازات :

العلاقة بين الحجم والضغط وطاقة الحركة لجزيئات الغاز .




نفرض لدينا عينة غازية عدد جزيئاتها N جزيء موجودة في وعاء على شكل مكعب طول ضلعه $\ell(cm)$ ،
وكتلة الجزيء الغازي $m(gr)$ وسرعته $u\ (cm/sec)$
وأن درجة حرارة الغاز ثابتة .

ينشأ عن اصطدام جزيئات الغاز بجدران المكعب ما يسمى بضغط الغاز . يعرف ضغط الغاز هو القوة التي يؤثر بها هذا الغاز على أحد وجوه المكعب

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

حيث S مساحة الوجه $S = \ell^2$ إذاً $P = \frac{F}{\ell^2}$

- تتحرك جزيئات الغاز حركة عشوائية في جميع الاتجاهات وبذلك يمكن تحليل هذه الحركة وفق ثلاث محاور أحداثية X ، Y ، Z .

نفترض أن ثلث عدد الجزيئات الغازية $\frac{1}{3}N$ تتحرك باتجاه المحور X والثلث الثاني باتجاه المحور Y والثلث الثالث باتجاه المحور Z

سندرس حركة جزيء غازي واحد على أحد الوجوه .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يسير الجزيء الواحد خلال اصطدامين متعاقبين على نفس الجدار مسافة تعادل طول ضلع المكعب ذهاباً وإياباً مسافة قدرها $2\ell$ cm ، وبذلك يكون عدد المرات التي تصطدم بها الجزيئة هذا الوجه في الثانية هو $\frac{u}{2\ell}$ .

ونظراً لأن التصادم تام المرونة فإن الجزيء يصدم الجدار ويرتد عنه بنفس السرعة التي صدم بها (لكن بإشارة مخالفة) دون أن يفقد شيئاً من طاقته الحركية .

وبذلك تكون كمية حركة الجزيء الواحد قبل الاصطدام هو $mu$ وبعد الاصطدام $-mu$

إذاً التغير في كمية الحركة لكل اصطدام $= mu - (-mu)$

$= 2mu$

وبالتالي يكون التغير في كمية الحركة للجزيء الواحد في الثانية في اتجاه واحد (الاتجاه X) :

$$2mu \times \frac{u}{2\ell} = \frac{mu^2}{\ell}$$

هذا من أجل جزيء غازي واحد يصدم الجدار

ويكون التغير في كمية حركة جميع الجزيئات التي تصدم هذا الوجه (K) في الثانية هو :

$$\frac{1}{3} N \frac{mu^2}{\ell}$$

وهذا التغير في كمية الحركة هو القوة التي يؤثر بها الغاز في أحد الوجوه

ومن علاقة الضغط نجد :

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\frac{1}{3} Nm \frac{u^2}{\ell}}{\ell^2} = \frac{1}{3} \frac{Nm u^2}{\ell^3}$$

حيث $\ell^3$ يعبر عن حجم المكعب ويرمز له بـ V إذاً :

$$P = \frac{1}{3} \frac{Nmu^2}{V}$$

$$\Rightarrow \boxed{P \cdot V = \frac{1}{3} Nmu^2}$$

وهي المعادلة الأساسية للنظرية الحركية للغازات

— حساب السرعة المتوسطة لجزيئات الغاز :

يمكن حساب السرعة المتوسطة لجزيئات الغاز المثالي كما يلي :

من المعادلة الأساسية لنظرية الحركة : $P \cdot V = \frac{1}{3} N m \bar{u}^2$

إذا كان لدينا 1 مول من غاز مثالي فإن عدد جزيئات الغاز يساوي عدد أفوغادرو ويرمز له بـ $N_A$ :

$$P \cdot V = \frac{1}{3} N_A m \bar{u}^2$$

وتكون حاصل ضرب عدد أفوغادرو في كتلة الجزيء الحقيقية $m$ يساوي الوزن الجزيئي للغاز $M$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أي أن:

$$P \cdot V = \frac{1}{3} M \bar{u}^2$$

ومن أجل مول واحد من غاز مثالي فإن:

$$P \cdot V = RT$$

$$RT = \frac{1}{3} M \bar{u}^2$$

إذاً

$$\Rightarrow \bar{u}^2 = \frac{3RT}{M} \Rightarrow \boxed{u = \sqrt{\frac{3RT}{M}}}$$

أي أنه يمكن حساب السرعة المتوسطة لجزيئات أي غاز عند درجة حرارة معينة باستخدام هذه العلاقة الأخيرة.

- يمكن من المعادلة الحركية للغازات استنتاج معادلة الغاز المثالي:

من المعادلة الحركية للغازات:

$$P \cdot V = \frac{1}{3} N m u^2$$

بضرب وقسمة هذه العلاقة بالعدد 2:

$$P \cdot V = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} N m u^2 \quad (1)$$

لكن متوسط الطاقة الحركية لجزيء واحد من الغاز تساوي:

$$\bar{E} = \frac{1}{2} m u^2 \Rightarrow P \cdot V = \frac{2}{3} \bar{E} \cdot N$$

ومتوسط الطاقة الحركية تتناسب طرداً مع درجة الحرارة المطلقة، أي:

$$\bar{E} \sim T \Rightarrow E = KT$$

وعدد جزيئات الغاز $N$ يتناسب مع عدد المولات $n$:

$$N \sim n \Rightarrow N = K' \cdot n$$

نعوض في العلاقة (1):

$$P \cdot V = \frac{2}{3} K K' \cdot n \cdot T$$

$$P \cdot V = n\left(\frac{2}{3} K K'\right) \cdot T$$

لكن $\frac{2}{3} K \cdot K'$ عبارة عن مقدار ثابت نرمز له بـ $R$:

$$\boxed{P \cdot V = n R T}$$

إذاً

نتوافق هذه العلاقة مع معادلة الغاز المثالي:

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

## ـ الغازات الحقيقية : الحيود عن السلوك المثالي :

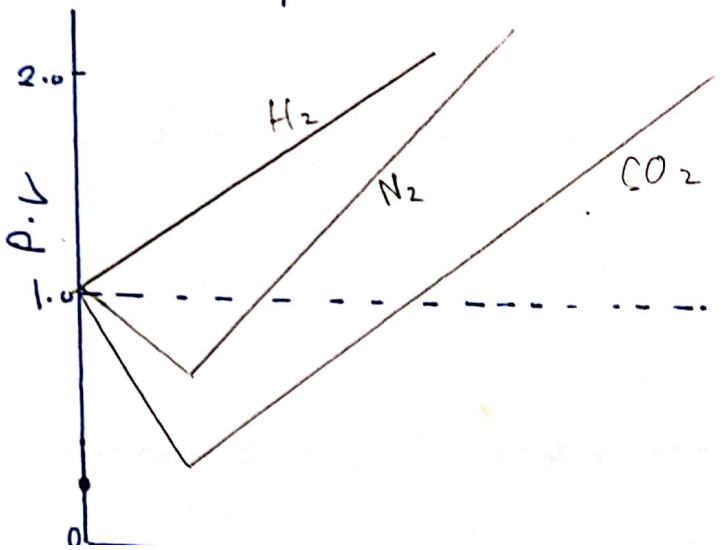
الغاز الحقيقي هو الغاز الذي توجد بين جزيئاته قوة تأثير متبادلة لا يمكن إهمالها وهذه التأثيرات ناتجة عن وجود حجم ذاتي محدد لجزيئات هذا الغاز ، وهذا ما كانت تجهله الغازات المثالية .

وتقترب الغازات الحقيقية في سلوكها من الغازات المثالية عند الضغوط المنخفضة أو درجات الحرارة المرتفعة .

فالعلاقة $\frac{P.V}{nRT} = 1$ هي صحيحة فقط من أجل الغازات المثالية ، أما في الغازات الحقيقية فإن هذه النسبة لا تساوي الواحد وإنما تساوي عددا يرمز له بالرمز $A$ يسمى بالمضاطية الغازات الحقيقية ، حيث تختلف قيمته من غاز حقيقي إلى آخر . كما تختلف قيمته بالنسبة لنفس الغاز عند ضغوط مختلفة .

وجدنا عند دراسة قانون بويل أن قيمة الجداء $(P.V)$ لعينة من غاز مثالي عند درجة حرارة ثابتة هي قيمة ثابتة $P.V = const$

ولو مثلنا بيانيا هذا الجداء مقابل الضغط لحصلنا على خط مستقيم يوازي محور الضغوط بالنسبة للغاز المثالي .




أما بالنسبة للغاز الحقيقي ، فإنه يأخذ شكلا آخر مختلف باختلاف طبيعة الغاز .

أي أن هناك انحرافا عن معادلة

يعود سبب انحراف وجود الغازات الحقيقية عن السلوك المثالي إلى :

١- إن قوى التجاذب بين جزيئات الغاز المثالي تكون مهملة ، بينما هذه القوى موجودة بين جزيئات الغازات الحقيقية .

٢- ان الغازات الحقيقية تأخذ بعين الاعتبار الحجم الذاتي الفعال لجزيئات الغاز بالنسبة لحجم الوعاء ولا تهمل كما في الغازات المثالية .

- معادلة فاندر فالس للغازات الحقيقية :

عند دراسة حالة الغازات المثالية نستخدم العلاقة $P \cdot V = nRT$ ، حتى يكون بالامكان تطبيقها على الغازات الحقيقية أدخل العالم فاندر فالس حدين هما:

الحد الاول : يأخذ بعين الاعتبار قوى التجاذب والتدافع بين جزيئات الغاز

الحد الثاني : ناتج عن وجود حجم ذاتي لجزيئات الغاز .

• اكتشف فاندر فالس في تعديله الاول على ملاحظة أنه نتيجة لوجود قوى التجاذب والتدافع بين جزيئات الغاز فإن الضغوط المقاسة تجريبياً هي أصغر من الضغوط فيما لو كان الغاز مثالياً ، لذلك أضاف إلى الضغط المقاس حداً كي يصبح مجموعهما يساوي الضغط الذي يولده الغاز الحقيقي فيما لو سلك سلوك الغاز المثالي عند نفس الشروط ، أي أن :

$$P_{\text{الحقيقي}} = P + a\frac{n^2}{V^2}$$

وجد فاندر فالس في تعديله الثاني أنه نتيجة لوجود حجم ذاتي لجزيئات الغاز فإن الحجوم المقاسة هي أكبر من الحجوم المتوقعة فيما لو كان الغاز مثالياً ، لذلك حتى نحصل على حجم الغاز الحقيقي طرحنا من الحجم المقاس مقداراً يعبر عن الحجم الذاتي لجزيئات الغاز ، أي أن :

$$V = V - nb$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بالتعويض عن قيم الضغط والحجم الجديد في معادلة الغاز المثالي:

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

$$\boxed{\left(P + a\frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT}$$

وهي معادلة فاندرفالس للغازات الحقيقية .

حيث: $a$ ، $b$ ثابتان يتعلقان بطبيعة الغاز المدروس ويعرفا بثابتي فاندر فالس .

ومن أجل جزيء غرامي واحد من الغاز الحقيقي نأخذ معادلة فاندرفالس الشكل التالي :

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

مثال:

أحسب الضغط الناتج عن 8.8 غرام من ثاني أوكسيد الكربون $CO_2$ في وعاء سعته ليتر واحد عند الدرجة $52\ C^\circ$ باستخدام :

١- معادلة الغازات المثالية .

٢- معادلة فاندرفالس علماً أن ثابتي فاندرفالس لغاز $CO_2$ هما:

$$a = 3.612 \ \ atm.L^2.mol^{-2}$$

$$b = 0.0428 \ \ lit.mol^{-1}$$

الحل:

١- في حالة الغاز المثالي :

$$P \cdot V = nRT \quad \Rightarrow \quad P = \frac{n \cdot RT}{V}$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نحسب عدد مولات الغاز $CO_2$ حيث: $M_{CO_2} = 12 + 32 = 44\ gr.mol^{-1}$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{8.8}{44} = 0.2\ mol$$

$$T = 273 + 25 = 298\ K$$

نعوض في المعادلة $p = \frac{nRT}{V} = \frac{0.2}{1} \times 0.082 \times 298$

$$\Rightarrow p = 4.9\ atm$$

ج- حساب الضغط في حالة الغاز الحقيقي:

$$\left(p + a\frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

$$p = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

$$p = \frac{0.2 \times 0.082 \times 298}{1 - 0.2 \times 0.0428} - \frac{3.612 \times (0.2)^2}{1}$$

$$\Rightarrow p = 4.8\ atm$$

---

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

# مسائل

١- تشغل كتلة من الاوكسجين 5 lit عند ضغط 740 mmHg .
عين حجم نفس الكتلة من الغاز عند الضغط 760 mmHg وعند ثبوت درجة الحرارة

٢- تحتوي خزان من الحديد الصلب على غاز ثاني اوكسيد الكربون عند درجة الحرارة 27 °c وضغط 12 atm . احسب ضغط الغاز الداخلي اذا سخن الخزان الى الدرجة 100 °c .

٣- يشغل غاز الامونيا حجماً قدره 20 lit عند درجة الحرارة 5 °c والضغط 760 mmHg . احسب الحجم عند درجة الحرارة 300 °c والضغط 800 mmHg .

٤- ايهما ينتشر بسرعة أكبر غاز الآزوت $N_2$ أم غاز الهيدروجين $H_2$ وما هي نسبة معدل انتشار الغازين .

٥- ما هي الكتلة الحجمية لغاز ثاني اوكسيد الكربون $CO_2$ وذلك في الدرجة 100 °c والضغط 0.947 atm .

٦- وضع 7 gr من غاز الآزوت و 16 gr من غاز الاوكسجين و 3 gr من غاز الهيدروجين في وعاء مغلق سعته 800 lit عند الدرجة 50 °c . والمطلوب حساب :
أ- الضغط الجزئي لكل غاز بعد المزج والضغط الكلي للمزيج مفترضاً انه مثالي .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ج- كثافة غاز الاوكسجين في شروط المسألة .

د- سرعة انتشار غاز الازوت بالنسبة لغاز الهيدروجين .

٧- تشغل عينة من غاز مثالي حجماً قدره 0.212 lit في الشرطين القياسيين ، سخنت هذه العينة الى الدرجة 78 °c فاصبح ضغطها مساوياً 471 mmHg ، احسب :

١- الحجم الذي تشغله هذه العينة في الشروط الجديدة .

٢- عدد الجزيئات الغرامية في هذه العينة .

٨- وضع 8 gr من غاز ثاني اوكسيد الكربون و 6 gr من غاز الاوكسجين وكمية غير معروفة من غاز النتروجين في وعاء مغلق حجمه 10 lit عند الدرجة 27 °c فاحدثت ضغطاً كلياً قدره 1,05 atm ، باعتبار ان المزيج الغازي مثالياً احسب :

١- عدد المولات الكلية للمزيج الغازي .

٢- الكسر الجزيئي لكل غاز

٣- الضغط الجزئي لكل غاز

٤- كمية غاز النتروجين في الوعاء .

٩- يشغل مول من غاز النتروجين حجماً مقداره 1 lit في الدرجة 100 °c احسب الضغط الذي يحدثه هذا الغاز وذلك .

١- عندما يسلك الغاز سلوك الغاز المثالي .

٢- عندما يسلك سلوك الغاز الحقيقي .

حيث : $a = 1.39\ lit\ atm\ mol^{-2}$ ، $b = 0.03913\ lit.mol^{-1}$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

١٠ - أحسب :

أ- ماحوالحجم الذي يشغله 1.25 gr من غازالاوكسجين المشبع ببخار الماء عندالدرجة 25°c وتحت ضغط كلي قدره 749 mmHg ، علماً ان ضغط بخار الماء عندالدرجة 25°c يساوي 23.8 mmHg .

ب - ما هو عدد مولات الماء .

١١ - جمعت عينة من غاز الاوكسجين المجمع فوق سطح الماء حجمها 271 $cm^3$ عند درجة الحرارة 20°c وتحت ضغط قدره 763 مم زئبق ، اذا علمت أن ضغط بخار الماء عند نفس هذه الدرجة من الحرارة يساوي 17.5 مم زئبق ، أحسب :

١- حجم الاوكسجين الجاف عند الشروط القياسية .

٢- عدد مولات غاز الاوكسجين .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner