كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثانية**

المادة : كيمياء فيزيائية١

المحاضرة : الاولى والثانية /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

2024 2025

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الكيمياء الفيزيائية (1)

الترمودينامياك

تمهيد

طبيعة الكيمياء الفيزيائية: الكيمياء الفيزيائية كما هو واضح من تسميتها، هي علم تطبيق طرائق الفيزياء على المسائل الكيميائية. وهو يشمل كلا من الدراسة النظرية والعملية، التجريبية منها والنظرية، لمعرفة المبادئ العامة التي تحدد سلوك المواد، وبشكل خاص، تحول إحدى المواد إلى مادة أخرى.

ولا تهتم الكيمياء الفيزيائية كثيرا بوصف المواد الكيميائية وتفاعلاتها (محط الاهتمام هو من اختصاص الكيمياء العضوية واللاعضوية).

عند اجراء دراسة للجملة، اتباع إحدى مقاربتين في هذا المجال:

المقاربة الأولى: والتي يمكن أن تسمى بالمقاربة الشاملة، تبدأ البحث منذ انطلاقها من المكونات الأساسية جدا للمادة (وهي الجسيمات الأولية أي تركز على مفهوم الجزيئات). ومن ثم الانتقال إلى بناء جمل أكبر من هذه الجسيمات.

تستخدم صفة الميكروسكوبية (Micros - باليونانية تصغير) ويمكنها بذلك تفسير الظواهر التي يتزايد تعقيدها بالارتكاز على الجسيمات العنصرية والتأثيرات المتبادلة فيما بينها.

المقاربة الثانية: التركيز البحث على المادة الماكروسكوبية (Macros - باليونانية تكبير) مثل عينة لسائل أو لصلب، والتي يمكن مشاهدتها بوساطة العين.

تجرى القياسات في هذه الحالة على مقادير ماكروسكوبية مثل: الضغط، درجة الحرارة، الحجم

* الخواص الميكروسكوبية تعتمد على التركيب الداخلي للذرات والجزيئات المكونة للنظام أما الخواص الماكروسكوبية للنظام تعتمد على التركيب الخارجي لمحتويات النظام.

الخواص الداخلية للجملة: الضغط، درجة الحرارة، الكثافة، اللزوجة، التوتر السطحي، درجة الغليان، التجمد،

الخواص الخارجية للجملة: الحجم، الكتلة، عدد مولات، الطاقة الحرة، الانتروبية، الانثالبي، السعة الحرارية.

بعض مفاهيم الميكانيك التقليدي : تتعالج أثناء دراستنا للجمل المختلفة على حساب العمل المنجز أو التغير في الطاقة المرافق لحدوث العمليات الأساسية.

I - 1 - العمل

يأخذ أشكال مختلفة منها عبارة عن تطبيق قوة عبر مسافة ، إذا انتقلت قوة مقدارها F عبر مسافة متناهية في الصغر dl ، فإن العمل المنجز

$$dw = F\,dl \text{ ---------- } (1.1)$$

- إذا كانت القوة المطبقة لا تتطابق مع اتجاه الحركة ، وإنما تصنع زاوية مقدارها θ

يصبح العمل

$$dw = F\cos\theta\, dl \text{ ---- } (1.2)$$

- يمكن مكاملة العلاقة (1.2) من أجل تعيين العمل في اتجاه وحيد ، ويمكن أيضاً تحليل القوة F إلى ثلاث مركبات F_x ، F_y ، F_z تعمل كل واحدة منها وفق اتجاه أحد محاور الإحداثيات

فمثلاً من أجل قوة ثابتة F_x تعمل وفق اتجاه محور x :

$$w = \int_{x_0}^{x} F_x\,dx = F_x(x - x_0) \text{ ---- } (1.3)$$

x_0 : الفاصلة البدئية و x الفاصلة النهائية.

- هناك بعض الحالات الهامة التي لا تكون فيها القوة ثابتة ، وهي تشمل الحالات الديناميكية

القوى المرنة والنوابض

فمثلاً قانون هوك من أجل نابض

$$F = -K_h \cdot x \text{ ---- } (1.4)$$

x : مقدار الانتقال من المركز $(x_0 = 0)$

$-K_h$: مقدار ثابت (يعرف أحياناً باسم ثابت القوة) ويربط بين القوة والانتقال

$$w = \int_0^x -K_h \cdot x\,dx = -\frac{K_h}{2}x^2 \text{ ---- } (1.5)$$

الطاقة الحركية والطاقة الكامنة : يطلق على الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب حركته اسم الطاقة الحركية وتعطى بالعلاقة

$$E_k = \frac{1}{2}mu^2$$

حيث $u = (dl/dt)$: السرعة (السرعة بالنسبة لمركز الثقل أو المرجع).

m : كتلة الجسم المادي.

ب: العلاقة التي تربط بين العمل والطاقة الحركية لـ أجل نقطة مادية (استنتاج)

$$\omega = \int_{l_0}^{l} F(l).dl = \int_{t_0}^{t} F(l)\,\frac{dl}{dt}\,dt = \int_{t_0}^{t} F(l)\,u\,.dt$$

بإدخال القانون الثاني لنيوتن

$$F = m.a = m\frac{du}{dt}$$

m : الكتلة

a : تسارع الجاذبية

نعوض في العلاقة السابقة.

$$\omega = \int_{t_0}^{t} m.\frac{du}{dt}.u\,dt = m\int_{u_0}^{u} u\,du$$

تصبح العلاقة بعد إجراء التكامل وإدخال حدي التكامل إذا كانت u في نفس اتجاه du $(\cos\theta = 1)$ ومع الأخذ بعين الاعتبار تعريف الطاقة الحركية.

$$\omega = \frac{1}{2}mu_1^2 - \frac{1}{2}mu_0^2$$

نلاحظ أن الطاقة الحركية بين حالتين الأولية والنهائية لجسم مادي يساوي العمل المنجز خلال العملية.

$$\omega = E_{k_1} - E_{k_0}$$

$$\omega = \int_{l_0}^{l} F(l).dl = E_{k_1} - E_{k_0} \qquad (1.6)$$

* إذا افترضنا أن القوة لا تتغير يمكننا الحصول على علاقة أخرى كما يلي:

$$F(l)\,dl = -dE_p(l) \qquad (1.7)$$

الطاقة الكامنة (الوضعية)

يسمى التابع $E_p(l)$: الطاقة الكمونية (الكامنة) وهي عبارة عن الطاقة التي يمتلكها الجسم المادي والمتعلقة بموضعه في حقل القوى الخارجية المحيطة. وهي تتناسب مع شدة هذا الحقل.

[تدل إشارة الناقص في العلاقة على أن الطاقة الكمونية لجسم مادي تتناقص عند ابتعاده عن مصدر القوى المؤثرة عليه].

وتعرف الطاقة الكمونية: في حالة الجسم الذي يخضع لقانون هوك له أجل كتلة m موجودة على المكان x، بأنها العمل المبذول ضد قوة خارجية عند انتقال الكتلة من مكان تعتبر فيه طاقة الكامنة مساوية للصفر إلى موقع الجديد:

$$E_p = \int_0^x -F\,dx = \int_0^x k_h x\,dx = \frac{1}{2}k_h x^2 \qquad (1.8)$$

عملية الحصول على العلاقة (1.6) مشابهة للعلاقة (1.7) وهي العلاقة

$$W = \int_{l_0}^{l} F(l)\,dl = E_{p_0} - E_{p_1} = E_{k_1} - E_{k_0} \quad \ldots\ldots (1.7)$$

وبإعادة ترتيب

$$E_{p_0} + E_{k_0} = E_{k_1} + E_{p_1} \quad \ldots\ldots (1.8)$$

مجموع الطاقتين الحركية والكمونية $(E_p + E_k)$ يبقى ثابتاً خلال التحول. ويعرف هذا المجموع باسم الطاقة الميكانيكية.

الدراسة الفيزيائية الكيميائية: مهما كان نوعها يجب أن تنطلق من فصل حيز محدد في الفراغ أو مقدار معين من المادة عن الوسط الخارجي المحيط بهذا الحيز أو هذه المادة.

يسمى هذا الجزء المعزول، والذي تتركز عليه الدراسة، بالجملة (System) حيث يمكن أن تكون الجملة صلبة أو سائلاً أو غازياً.

ويمكن أن تطبق الدراسة على عدد كبير من المكونات المستقلة التي تتألف منها الجملة الماكروسكوبية

* ومن ناحية أخرى إذا كان موضوع الدراسة هو الذرات والجزيئات المستقلة فتكون عندئذ ميكروسكوبية.

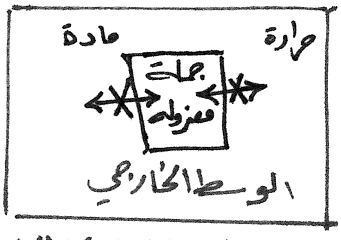
* يطلق على كل ما هو خارج نطاق الجملة اسم الوسط أو المحيط الخارجي، أما الجملة والوسط الخارجي معاً يشكلان الكون

أنواع المجال:

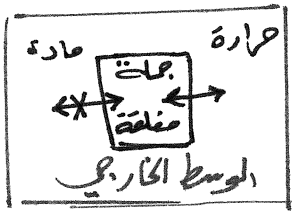
- إذا كانت المجال مفتوحة open: بأنها تتبادل الحرارة والمادة مع الوسط الخارجي.

المجال المغلقة: إذا كانت المجال تسمح بتبادل الحرارة دون تبادل المادة (لا تسمح بتبادل المادة) تسمى مجال مغلقة closed

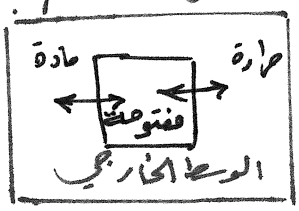
المجال المعزولة: إذا كانت هذه المجال لا تسمح لا للمادة ولا للحرارة أن تتبادل مع الوسط الخارجي عبر حدودها. يمكن الحصول على مثل هذه المجال بإحاطتها بغلاف عازل



الحدود غير منفذة لا للمادة ولا للحرارة



الحدود منفذة للحرارة وغير منفذة للمادة



الحدود منفذة للمادة والحرارة.

تعاريف هامة:

الخاصة الشدية: إذا كانت الخاصية لا تتغير عند تغير كمية المادة الموجودة (أي إذا كانت لا تتغير عند تقسيم المجال) فنقول أن هذه الخاصية بأنها شدية.

مثل: الضغط، درجة الحرارة، قرينة الانكسار .....

الخاصة السعوية: إذا كانت الخاصية تتغير مع تغير كمية المادة الموجودة، فتسمى عندئذ خاصية سعوية (متغيرة السعة). مثل: الحجم، والكتلة، ... .

ملاحظات: النسبة بين خاصيتين سعويتين تساوي خاصية شدية.

مثال: الكثافة خاصة شدية، نحصل عليها عند تقسيم خاصيتين سعويتين الكتلة والحجم

* لتعريف ووصف شروط أو حالات المجال الماكروسكوبية بشكل كامل ودقيق، يتوجب قياس أصغر عدد ممكن من خاصياتها.

ممن أجل كمية محددة من المادة من الممكن عادة كتابة معادلة تصف حالتها بدلالة متغيرات شدية. تعرف مثل هذه المعادلة باسم معادلة الحالة Equation of State

مثال: كمية المادة، درجة الحرارة والضغط. أما حجم الغاز فهو خاصية أخرى (سعوية) ستتغير عند ما تتغير درجة الحرارة والضغط، لذا فهو يتحدد من خلال معادلة الحالة التي تربط بين المتغيرات الأربعة.

* وتوضح معادلات الحالة استناداً لمعطيات تجريبية، وهي ليست معادلات عامة ناتجة عن قوانين عامة.
أي أن معادلات الحالة تعبر عن نتائج تجارب محددة تقاس فيها مقادير الحالة عند شروط معينة.
ولا تتحقق هذه المعادلات إلا في مجال قياس تلك المقادير.

حالة التوازن: إذا كانت المتغيرات التي تصف حالة الجملة لا تتغير مع الزمن، فعندها يمكن القول بأن الجملة موجودة في حالة توازن (equilibrium)، ونقول هنا، بأن حالة التوازن تتحقق عندما لا يحدث تغير مع الزمن لأي خاصة ماكروسكوبية من خاصيات الجملة.

التوازن الحراري (القانون الصفري للترموديناميك):

عند وضع جسمين درجتي حرارتيهما مختلفتين بتماس مع بعضهما لفترة من الزمن طويلة وكافية فسوف تصبح درجتا حرارتيهما متساويتين، أي ستصبحان في حالة توازن بالنسبة لدرجة الحرارة ويدل على أن الحرارة شكل من أشكال الطاقة، ستنتقل من الجسم الأسخن إلى الجسم الأبرد.
وهذا يعني أن الحرارة ليست درجة الحرارة.

ينص القانون الصفري في الترموديناميك: على أنه إذا كان جسمان متوازنين حرارياً مع جسم ثالث، فإنهما يكونان متوازنين حرارياً فيما بينهما أيضاً.

مفهوم الحرارة وقياسها: إن الإحساس البيولوجي الذي نقبل به كمؤشر فيما إذا كان الجسم ساخناً أو بارداً لا يمكنه أن يكون مؤشراً كمياً، إنما نستخدمه كمؤشر نوعي وكيفي.

* اشتاق أول ميزان حرارة استخدمت فيه نقطتا تجمد الماء وغليان كمرجع من قبل العالم رئيمور (١٦٤٤-١٧١٠).
أما مقياس الدرجات المئوية والمسمى مقياس سيلسيوس فقد اعتمدت فيه درجة تجمد الماء عند الضغط الجوي النظامي (1atm) وأعطيت القيمة 0°C تماماً، ونقطة غليان الماء 100°C تماماً.
* يمكن تصميم معظم موازين الحرارة على حقيقة أن عمود الزئبق يغير طوله عندما تتغير درجة حرارته.
* إن درجة الحرارة θ مرتبطة مع درجتي حرارة محددتين. لنرمز إلى حالة عمود الزئبق بالطول l، عندما يكون في حالة توازنه مع بخار الماء الغالي عند الضغط (1atm) : l_{100}

l_0 : عند مجموعة التوازن مع الجليد المنصهر عند الضغط (1atm)

واذا فرضنا أن العلاقة خطية بين درجة الحرارة θ وخاصية قياس درجة الحرارة (الطول في هذه الحالة)، واذا فرضنا أن المسافة بين علامتين مقسمة إلى 100 قسم

نكتب

$$\theta = \frac{(l - l_0)}{(l_{100} - l_0)} \times (100)^\circ$$

l : الطول عند الدرجة θ.

* وهناك بعض الخاصيات التي تستخدم لقياس درجة الحرارة، لا تعتمد على تغير الطول، كما هو الحال في موازين الحرارة، فالخاصية المستخدمة هنا توازن الزئبق في بلورة الحرارة.

وهناك مواد يمكن استخدامها في صنع موازين حرارة فوق مجالات كبيرة لدرجة الحرارة وذلك بسبب التأثيرات الذرية أو الجزيئية المتبادلة داخل مادة معينة

* الضغط : يعرف الضغط P Pressure بأنه القوة التي يؤثر بها الوسط الخارجي على الجسم المغمور فيه ناظمياً، منسوبة إلى واحدة المساحة من سطح S هذا الجسم

أي أن :

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

* احد أشكال الضغط هو الضغط الذي يولده الغلاف الجوي، ويقاس عن طريق الفرق في ارتفاع عمود من الزئبق منكس فوق حوض مملوء بالزئبق. يتناسب الضغط مع الارتفاع h، أي أن

$$P = \rho g h$$

ρ : الكثافة

g : تسارع الجاذبية

h : الارتفاع

أول من استخدم العالم الإيطالي توريشيلي، ولقد عرف الضغط القياسي : بأنه الضغط الذي يولده عمود من الزئبق طوله 760 mm عند الدرجة صفر $0^\circ C$. ويعرف الضغط القياسي في الجملة الدولية (SI) بأنه الضغط الذي يعادل 101325 Pa / عملياً

باسكال

الباسكال: هو وحدة قياس الضغط في الجملة الدولية $(kg.m^{-1}.s^{-2} = N.m^{-2})$

* المقدار 133,322 Pa في هذه الجملة يكافئ الضغط الذي يولده عمود من الزئبق ارتفاعه يساوي ميليمتراً واحداً (mm).

* وبما أن الباسكال هو وحدة صغيرة غير مناسبة في كثير من الحالات لذا فقد عرفت وحدة أخرى وهي التور torr (نسبة للعالم توريشيلي)

1 atm = 760 torr

وحدة الضغط: ؟ سنتا

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\text{نيوتن}}{\text{متر}^2} = \boxed{N.m^{-2}}$$

أو $= \dfrac{Kg.m.S^{-2}}{}$ حيث $F = m \cdot g$ (الكتلة × تسارع الجاذبية)

$F = Kg.m.S^{-2} = N$ نيوتن

$$P = \frac{Kg.m.S^{-2}}{m^2} = \boxed{Kg.m^{-1}.S^{-2}}$$

760 mm Hg تعادل 101325 Pa

1 mm Hg ⇐ x

$$x = \frac{101325}{760} = 133.322 \text{ Pa}$$

هناك واحدة أخرى لقياس الضغط تسمى البار bar وهي تعادل

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 0.986923 \text{ atm}$$

ويستخدم البار في الوقت الحاضر للتعبير عن المعطيات الترموديناميكية.

مثال: اذا كان ضغط غاز داخل وعاء يساوي 114 mm Hg، احسب قيمة هذا الضغط معبراً عنه بالواحدات:

atm، $N.m^{-2}$، bar، $dy\,cm^{-2}$، $g\,cm^{-2}$، torr

الحل: [1] لدينا وفقاً لتعريف الضغط الجوي

1 atm = 760 mmHg

114 mmHg

P ؟

$$P = 114 \text{ mmHg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = \boxed{0.15 \text{ atm}}$$

٣- الضغط بواحدة $N.m^{-2}$:

760 mmHg = 1 atm = 101325 (Pa) $N.m^{-2}$

114 mmHg ⟷ P ?($N.m^{-2}$)

$$P = 114\ mmHg \times \frac{101325\ N.m^{-2}}{760\ mmHg} = \boxed{15198.9\ N\,m^{-2}}$$

٤- الضغط بواحدة البار (bar) :

1 bar = 100 kPas = 0,986923 atm

760 mmHg = 1 atm = 1,013 bar

114 mmHg ⟷ P bar

$$P = 114\ mmHg \times \frac{1,013\ bar}{760\ mmHg} = \boxed{0.15195\ bar}$$

٤- الضغط بواحدة ($dyn.cm^{-2}$) :

760 mm Hg = 1013250 dyen cm^{-2}

114 mm Hg ⟷ P dyen.cm^{-2}

$$P = 114\ mmHg\ \frac{1013250}{760\ mmHg} = \boxed{151998\ dyen.cm^{-2}}$$

٥- الضغط بواحدة ($g.cm^{-2}$)

760 mmHg = 1033,2 $g.cm^{-2}$

114 mmHg = P $g.cm^{-2}$

$$P = 114\ mmHg \times \frac{1033,2}{760\ mmHg}\ g.cm^{-2} = \boxed{154.98\ g.cm^{-2}}$$

٦- الضغط بواحدة (torr) :

760 mmHg = 760 torr

114 mmHg ⟷ P torr

$$P = 114\ mmHg \times \frac{760\ torr}{760\ mmHg} = \boxed{114\ torr}$$

بعض التحويلات :

$760\ mmHg = 1\ atm = 760\ (torr)$

$1\ atm = 760\ (torr)$ أو

أي $torr = mmHg$

$1\ bar = 100\ (kPa) = 0,986923\ (atm)$ أو

$1\ bar = 0.986923\ (atm)$

$1\ atm = 1,01325\ (bar)$

$1\ atm = 101325\ (Pa)$ أو $N.m^{-2}$

$1\ atm = 1033.2\ (g.cm^{-2})$

$1\ atm = 760\ (torr)$

$1\ atm = 101,325\ (kPa)$

المحاضرة الثانية

قوانين الغازات

1- قانون بويل : يدرس العلاقة بين الضغط والحجم

$P \sim \frac{1}{V}$

$V \sim \frac{1}{P}$

$V = k\frac{1}{P} \Rightarrow PV = K$ (ثابت)

$PV = const$ (ثابت)

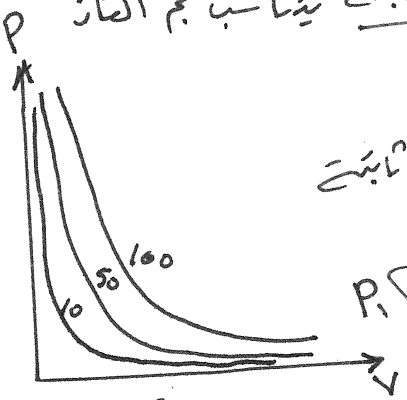
k ثابت التناسب يتعلق بكمية الغاز وطبيعته

V : الحجم

P : الضغط

العلاقة صحيحة عند (n , T) ثابتين

قانون بويل ينص [من أجل كمية محددة من غاز وعند درجة حرارة ثابتة يتناسب حجم الغاز عكسيا مع الضغط].



العلاقة بين الحجم والضغط عند ثبات درجة الحرارة .

تمثل العلاقة بين الحجم والضغط علاقة قطع زائد ، وبثبات درجة الحرارة تتمركز هذه المنحنيات بالمنحنيات مساوية الدرجة .

* اذا كان لدينا عينة غازية انتقلت من وضع يكون فيه حجم V_1 وضغط P_1 لحالة ثانية يتم الضغط والحجم فيها P_2, V_2 .

أي

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

مثال: يبلغ حجم كمية معينة من غاز $1000cm^3$ تحت الضغط الجوي الاعتيادي.
ما هو الحجم الذي يشغله هذا الغاز تحت ضغط مقداره 10 atm ؟ وما هو الضغط اللازم لإرجاع الغاز لحجم مقداره $20\ cm^3$ ؟ علماً أن جميع التحولات تتم في درجة حرارة ثابتة وسلك هذا الغاز سلوك الغاز المثالي.

الحل:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{1 \times 1000}{10} = \boxed{100\ cm^3}$$

$V_1 = 1000 cm^3$
$P_1 = 1\ atm$
$P_2 = 10\ atm$
$V_2 = ?\ cm^3$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

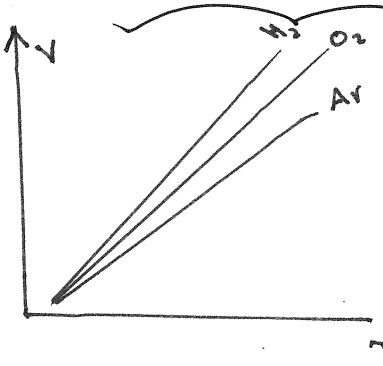
$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{1 \times 1000}{20} = \boxed{50\ atm}$$

$V_2 = 20\ cm^3$
$P_2 = ?$
$V_1 = 1000 cm^3$
$P = 1\ atm$

ملاحظات: الغاز المثالي: يعرف بأنه الغاز الذي تكون خواصه موصوفة بعلاقات بسيطة بحيث تكون قوى التأثير المتبادل بين جزيئاته صغيرة لا درجة يمكن إهمالها دون أن يؤثر ذلك على صحة النتائج الناجمة عن هذه الفرضية.

$$T(K) = t(^\circ C) + 273.15$$

2- قانون شارل - غي لوساك: يدرس العلاقة بين درجة الحرارة وحجم كمية معينة من غاز عند ضغط ثابت



$V \sim T$

$V = kT$

T: درجة حرارة مطلقة
V: حجم الغاز
k ثابت تناسب يعتمد على ضغط الغاز وجزيئاته

$\frac{V}{T} = k$ ثابت

$\frac{V}{T} = const$ ثابت

العلاقة صحيحة عند (P، n ثابتين)

نص قانون شارل - غي لوساك

[حجم كمية معينة من غاز عند ضغط ثابت تتناسب طرداً مع درجة الحرارة المطلقة]

إذا احتوت كمية معينة من غاز عند ضغط ثابت تشغل حجماً مقداره V_1 عند الدرجة T_1 فإنها تشغل عند الدرجة T_2 حجماً مقداره V_2 بحيث تتحقق العلاقة:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const.}$$

مثال: لدينا كمية من غاز البروبان تشغل عند الدرجة (25°C) والضغط (1 atm) حجماً مقداره 1312 ml احسب حجم هذه الكمية في الدرجة صفر مئوية مع ثبات الضغط.

الحل:

$V_1 = 1312$ ml

$V_2 = ?$ ml

$T_1 = 25 + 273.15 = 298.15$ k

$T_2 = 0 + 273.15 = 273.15$ k

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1312}{298.15} = \frac{V_2}{273.15} \Rightarrow$$

$$V_2 = \frac{273.15 \times 1312}{298.15} = 1201.99 \text{ ml} = 1.202 \text{ liter}$$

3- علاقة الضغط بدرجة الحرارة (قانون أمونتون): يدرس هذا القانون العلاقة بين درجات الحرارة وضغط الغاز في حال ثبات الحجم.

حيث بينت الدراسات التجريبية أن الضغط يزداد بارتفاع درجة الحرارة ويكون معدل الزيادة في الضغط مساوياً 1/273.15 من الضغط الأصلي عندما ترتفع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة.

P: الضغط

T: درجة الحرارة

k ثابت يتعلق طبيعة بكمية الغاز وحجمه وطبيعته

$$P \sim T$$

$$P = kT$$

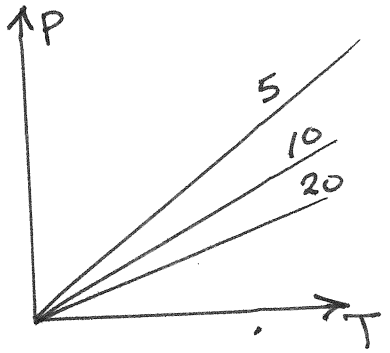
ينص قانون آمونتون [إن ضغط كمية معينة من غاز يتناسب طرداً مع درجة حرارتها المطلقة وذلك عند ثبات الحجم].

ويمكن كتابة العلاقة من أجل درجتين من الحرارة، وعند حجم ثابت

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

$$\frac{P}{T} = k$$

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$ العلاقة صحيحة بثبات (n, V)



(ثابت V)

مثال: وعاء حجمه ثابت يحوي على غاز المثالي درجة الحرارة (29 °C) والضغط (65 atm) ماذا يصبح ضغط الغاز اذا سخن هذا الوعاء الى الدرجة (95 °C).

معادلة الغاز المثالي (معادلة الحالة)

وجدنا سابقاً

$V \underset{(T,n)}{\sim} \frac{1}{P}$ (وفقاً لبويل)

$V \underset{(T,P)}{\sim} n$ (وفقاً لأفوغادرو)

(إن حجوماً متساوية لغازات مختلفة عند درجة حرارة وضغط ثابت تحوي نفس عدد الجزيئات)

$V \underset{(P,n)}{\sim} T$ (وفقاً لشارل)

بجمع القوانين السابقة نستطيع أن نكتب

$V \sim \left(\frac{1}{P}\right)(n)(T)$

$V = k\, nT\left(\frac{1}{P}\right)$

$V = RnT\frac{1}{P}$

$\Rightarrow \boxed{PV = nRT}$

k ثابت تناسب R ثابت الغازات العامة

إن الثابت R لا يتعلق بكمية الغاز أو طبيعته وإنما يتعلق بطبيعة الواحدات المستخدمة للتعبير عن الضغط والحجم وعليه حساب قيمة R في الجملة الدولية.

الحجم بالأمتار المكعبة m^3

والضغط بالنيوتن على المتر المربع $N.m^{-2}$

أما

س: استنتج واحدة ثابت الغازات العامة

$R = \frac{P.V}{nT}$

$\frac{N.m^{-2} \times m^3}{mol \times K} = R = \frac{101325 \times \left(\frac{22.4139}{1000}\right)}{1 \times 273,15}$

$\frac{N.m}{mol.K} = R = 8,31441$

$\frac{J}{mol.K} = \boxed{R = 8,314\ J.mol^{-1}.K^{-1}}$

س١: استنتج قيمة ثابت الغازات العامة في الشروط النظامية. مع تعميم.

من أجل مول واحد ($n=1$) بدلالة الضغط ($P=1\ atm$) و ($T=273.15\ K$)

عندئذ يكون الحجم مساوياً وفقاً لأفوغادرو إلى 22.4138.

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \times 22.4138}{1 \times 273.15} = 0.082055$$

$$\frac{atm \cdot l}{mol \cdot K} \Rightarrow R = l.atm.mol^{-1}.K^{-1}$$

$$l.atm.K^{-1}mol^{-1}$$

$$R = 82.055\ cm^3 atm.mol^{-1}.K^{-1}$$ ← الأكثر استخداماً

$$R = 0.082\ l.atm\ K^{-1}mol^{-1}$$

س١: استنتج قيمة واحدة ثابت الغازات العامة مع تغيير في الجملة العنيفة.

يقدر الضغط في الجملة العنيفة (dyn/cm^2)

الحجم بالسنتيمتر مكعب (cm^3)

(SI) بالدولية $R = 8.3144\ J.K^{-1}.mol^{-1}$

للتحويل للجملة العنيفة نضرب الجول بـ 10^7 للتحويل لـ erg

$$R = 8.3144 \times 10^7\ erg.K^{-1}.mol^{-1}$$ ⇐ $(erg\ 10^7 = 1\ J)$ لأن

كما أن لها واحدة أخرى وهي بدلالة الكالوري

حل حرارة واحدة 1 حريرة يعادل 4.184 جول

J 8.3144 وبالتالي R

$$R = \frac{8.3144}{4.184} = 1.987\ cal.K^{-1}mol^{-1}$$

$$R = 1.987\ cal\ K^{-1}mol^{-1}$$

ملاحظة

يعرف الحجم في الجملة الدولية SI أيضاً بوحدة الديسيمتر مكعب، والمألوف هو اللتر.

$$1\ liter = 1\ dm^3$$

* عدد المولات للغاز = كتلة المادة (الغاز) مقسوم على الكتلة المولية لهذه المادة (الغاز)

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

n ← mol
m ← كتلة الغاز gr
M ← الكتلة المولية للغاز gr/mol

* الكثافة: هي كتلة واحدة الحجوم وهي حاصل قسمة الكتلة على الحجم

الكثافة $\rho = \frac{m}{V}$ ← gr / cm^3

يمكنه تطبيق معادلة الغاز المثالي على معطيات مثل لحساب الكتلة المولية للغاز

$$PV = nRT$$

بما أن $n = \frac{m}{M}$

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

$$PM = \frac{m}{V}RT$$

$$M = \frac{\rho RT}{P}$$

علاقة هامة

وهي القانون لحساب الكتلة المولية للغاز بمعرفة المعطيات السابقة

* يمكن تطبيق معادلات الغازات الكاملة (المثالية) من أجل كمية معينة من غاز تخضع في البداية P_1, V_1, T_1 انتقلت لحالة ثانية P_2, V_2, T_2.

علاقة عامة

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

مثال: احسب الكتلة المولية الوسطية للهواء عند سطح البحر والدرجة 0°C، علماً أن كثافة الهواء تساوي $1,29\ kg.m^{-3}$.

الحل: إن الضغط عند سطح البحر يساوي 101325 Pa أو 1atm

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{M}RT$$

$$M = \frac{m}{V}\frac{RT}{P} = \frac{\rho RT}{P}$$

نعوض

$$M = \frac{1,29 \times 8,314 \times 273,15}{101325}$$

$$M = 0,0289\ kg.mol^{-1} = 28,9\ g.mol^{-1}$$

مثال: اسطوانة فولاذية حجمها 100 liter كم كيلوغرام من الأزوت موجود ضمن هذه الاسطوانة عند درجة 20°C والضغط 10 MPa ضغطاً بالكامل.

الحل:

$$Pv = nRT$$

$$Pv = \frac{m}{M}RT$$

$$m = \frac{PvM}{RT} = \frac{10.10^{6}\ (Nm^{-2}) \times (0.1\ m^{3}) \times 28\ g.mol^{-1}}{8.314 \times 293.15\ N.m.K^{-1}mol^{-1}\ K}$$

$$m = 11488.362\ g = \boxed{11.4883\ Kg}$$

مثال: غاز مثالي موجود عند الدرجة 50°C والضغط 101 KPa. أوجد تركيز هذا الغاز مقدراً بالمول/ليتر.

ملاحظات:

$1A^{\circ} = 10^{-10}\ m = 10^{-8}\ Cm$ انغستروم

$1\mu = 10^{-6}\ m$

الحجم: الوحدة الأساسية هي m^3، ويعرف بأنه الليتر حالياً يساوي ويعتبر مكعب واحد.

الكتلة: هي الكيلوغرام في الجملة الدولية، وتستخدم أحياناً وحدة الـ gr للتمييز في الكتابة.

درجة الحرارة: تستخدم الكلفن

الزمن: بالثانية وعادة استخدام واحدات أكبر

شدة التيار: بالأمبير

كمية المادة: بالمول: هو كمية المادة التي تحتوي على عدد من (الوحدات) الأولية يساوي عدد الذرات في 12 g من الكربون 12 $\left({}^{12}_{6}C\right)$

التركيز والمولالية:

حالة تركيز تعني كمية المادة مقسومة على حجم المحلول. ووحدتها في الجملة الدولية هي $mol.m^{-3}$ لكنه تستخدم الوحدة $mol.l^{-1}$ للمولية M

المولالية: هي كمية المادة المنحلة مقسومة على كتلة المذيب ووحدتها $mol.kg^{-1}$ ونرمز لها بالرمز m بالمائل كتابتها للتمييز بينها وبين المتر m.

النظرية الحركية - الجزيئية للغازات المثالية :

يرتكز النموذج الحركي الجزيئي للغاز على عدد من الفرضيات البسيطة ، وسوف نبين كيف أن هذا النموذج سيقودنا الى قوانين الغاز المثالي ، وبما أن هذا النموذج للغاز المثالي يتفق مع سلوك الغازات الحقيقية .

١- يفترض في هذا الغاز أنه يتألف من دقائق أو جسيمات صغيرة (ذرات - جزيئات) أبعادها الفعلية أصغر كثيراً بالمقارنة مع المسافات الفاصلة بينها .

٢- توجد هذه الدقائق في حالة حركة دائمة وعشوائية ، لذا فإنها تملك طاقة حركية وهي تخضع خلال حركتها إلى تصادمات فيما بينها أو مع جدران الإناء الموجودة فيه .

٣- لا توجد قوى تجاذب ولا قوى تنافر بين الدقائق .

٤- التصادمات بين الدقائق الغاز تصادمات مرنة ، لذا لا يحدث تفريغ للطاقة الحركية عند حدوث الاصطدامات ، فلا تتحول الطاقة الحركية الى حرارة ، الأمر الذي يفسر لماذا لا تتغير درجة حرارة غاز معزول مع الزمن ، ولعل أهم فرضيتين في هذا المجال هما :

٥- تتناسب الطاقة الحركية الانسحابية المتوسطة E_K لجزيئات الغاز طرداً مع درجة الحرارة المطلقة أي أن :

$$E_K = CT$$

C مقدار ثابت

٦- تمتلك جميع الغازات عند درجة حرارة معينة نفس القيمة المتوسطة للطاقة الحركية الانسحابية ، أي أن المقدار الثابت C في العلاقة السابقة هو ثابت عام وقيمته واحدة من أجل جميع الغازات .