كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : كيمياء فيزياء حيوية

المحاضرة : الثانية/نظري/د.مروى

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

٦

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

المحاضرة الثانية	الكيمياء الفيزيائية الحيوية	الإثنين: 25/3/2024
قســـم علم الحياة السنة الثالثة – الفصل الثاني 2023 – 2024	الفصل الأول التحولات وقوانين الغازات	د. مروة رباح

5) التحولات:

إذا انتقلت الجملة من حالة إلى أخرى عند درجة حرارة ثابتة سميّنا التحوّل الذي تخضع له الجملة ايزوثرم (Isothermal process) أو (بالتحول المتساوي درجة الحرارة)، ويسمى التحول الحاصل تحت ضغط ثابت ايزوبار (isobar process) أو تحوّ (متساوي الضغط)، بينما يسمى التحول الذي لا يرافقه تغير في حجم الجملة الخاضعة له، ايزوخور (isochor process) أو تحولاً (متساوي الحجم)، وإذا لم تتبادل الجملة عند انتقالها من حالة إلى أخرى الحرارة مع الوسط الخارجي سمي هذا الانتقال تحولاً كظوماً (Adiabatic process) أو تحول (أديباتي).

6) الغازات المثالية:

يتكون الغاز المثالي من جسيمات مادية صغيرة جداً نسميها الجزيئات (نقاط مادية) مهملة الحجم، ولا توجد قوى تأثير متبادلة بين جزيئات الغاز (قوى تجاذب وقوى تدافع)، وإن الشروط التي تجعل الغاز أقرب إلى الحالة المثالية هي الضغوط المنخفضة و درجات الحرارة المرتفعة نسبياً، وحجم جزيئات الغاز مهملة بالنسبة للوعاء الذي يحتويه أي تحت ضغط منخفض، التصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة، حركة جزيئات الغاز حركة عشوائية دون مؤثرات خارجية.

1. قانون بويل:

درس علاقة الضغط بالحجم عند ثبات درجة الحرارة، ولقد بيّن بويل عام (1662) عند دراسته لسلوك الغازات، أن حجم كتلة معينة من الغاز تتناسب عكساً مع ضغطه، عند بقاء درجة حرارته ثابتة، أي:

$$P.V = \text{const} \quad \text{أو} \quad V \propto \frac{1}{P} \qquad (1)$$

حيث: P ضغط الغاز، V حجمه.

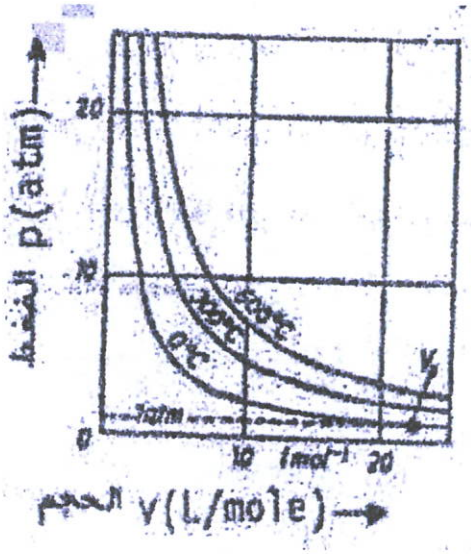
يمكن أن نكتب من أجل كتلة m من غاز مثالي موجودة عند حالة أولية ممثلة بالقيم التالية لمتحولات حالة الغاز: P_1, V_1, T_1، ولنفرض أن هذه الكتلة من الغازات انتقلت إلى حالة ثانية ممثلة كما يلي: P_2, V_2, T_2 ، يلاحظ أن الانتقال قد جرى عند درجة حرارة ثابتة، لذا، تسمى مثل هذه العملية متساوية الدرجة (إيزوثرمية) Isothermic ،

$$P_1.V_1 = K_1 \ (T = \text{const})$$
$$P_2.V_2 = K_1 \ (T = \text{const})$$

ويمكن أن نكتب استناداً إلى قانون بويل أن:

$$P_1.V_1 = P_2.V_2$$

يمكن تمثيل قانون بويل بيانيّاً، ففي جملة الإحداثيات $PV - P$ نحصل على خط مستقيم مواز لمحور الضغوط، ونحصل في الجملة $P - V$ على قطع زائد. يبيّن الشكل (2) التمثيل البياني لقانون بويل (العلاقة بين P و V).



الشكل (2)

المنحنيات متساوية الدرجة لغاز يخضع لقانون بويل.

2. قانون شارل:

درس علاقة الحجم بدرجة الحرارة عند ضغط ثابت ووجد أنّ حجم كتلة معينة من غاز مثالي ما يتناسب طرداً مع درجة الحرارة المطلقة عند بقاء الضغط ثابتاً،

$$V \propto T \Rightarrow V = \text{const.}\, T \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const} = K_P$$

يمكن تطبيق هذه العلاقة عند حالتين:

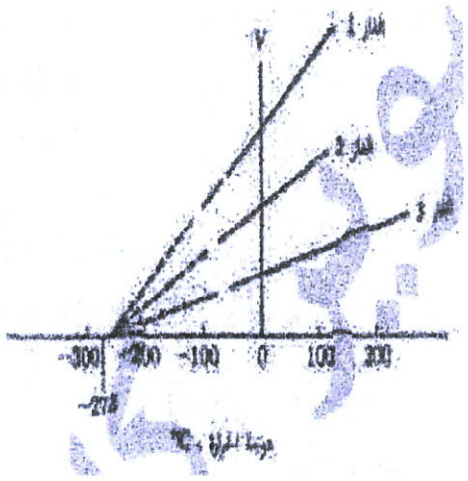
$$\frac{V_2}{T_2} = K_P \ \ (II) \qquad \frac{V_1}{T_1} = K_P \ \ (I)$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad (2)$$

لقد قادت هذه العلاقة إلى تبني سلم جديد لدرجات الحرارة يعرف باسم سلم درجات الحرارة المطلقة (درجة حرارة كالفن، K) وتعرف هذه الدرجة كما يلي:

$$T_{(K)} = 273.15 + t_{(°C)}$$

يبيّن الشكل (3) التمثيل البياني لقانون شارل (العلاقة بين V و T)



الشكل (3)

تغيّر حجم غاز ما بدلالة درجة الحرارة وعند ضغوط ثابتة مختلفة.

3. قانون غي–لوساك:

درس علاقة الضغط بدرجة الحرارة عند حجم ثابت ووجد أن ضغط كتلة معينة من غاز مثالي ما يتناسب طرداً مع درجة الحرارة المطلقة عند بقاء الحجم ثابتاً،

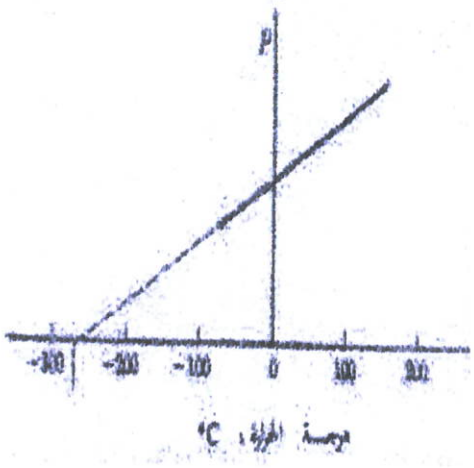
$$P \propto T \Rightarrow P = \text{const.}\, T \Rightarrow \frac{P}{T} = \text{const} = K_V$$

يمكن تطبيق هذه العلاقة عند حالتين:

$$\frac{P_2}{T_2} = K_V \ \ (II) \qquad \frac{P_1}{T_1} = K_V \ (I)$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \qquad (3)$$

يمثل قانون غي–لوساك بيانيّاً بطريقة مشابهة لقانون شارل. حيث يبين الشكل (4) التمثيل البياني لقانون غي لوساك.



الشكل (4)

التمثيل البياني لقانون غي–لوساك

4. قانون أفوكادرو:

افترض أفوكادرو عام(1811)، أن الحجوم المتساوية من جميع الغازات، عندما تكون موجودة عند درجة حرارة وضغط ثابتين، تحتوي على العدد نفسه من الجزئيات أو المولات، وفيما بعد تأكدت صحة هذه الفرضية وأصبحت قانوناً يحمل اسم (قانون آفوكادرو)، وهذا يعني أن:

$$V \propto n \quad \text{أو} \quad \frac{V}{n} = \text{const} \qquad (4)$$

حيث: n عدد مولات الغاز.

يعتمد الحجم الذي يشغله المول الواحد من الغاز، أي الحجم المولاري، على قيمتي الضغط ودرجة الحرارة الكائن عندهما هذا الغاز. تعطى حجوم الغازات عادة عند القيم القياسية لكل من الضغط ودرجة الحرارة:

$$(t = 0\ ^\circ\text{C} = 273.15\ \text{K}, P = 1\ \text{atm} = 101325\ \text{Pa})$$

ولقد وجد أن الحجم المولاري للغاز في هذه الشروط يساوي 22.4 L.

7) المعادلة العامة للغاز المثالي:

أظهرت الدراسات التجريبية لكل من بويل وشارل و آفوكادرو مناقشة ثلاثة علاقات للحجم يخضع لها الغاز المثالي، وهي:

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ Boyle's law}$$
$$V \propto T \text{ Charles law} \quad (5)$$
$$V \propto n \text{ Avogadro law}$$

نسمي المتغيرات (P, V, T) التي تسمح بتحديد حالة الغاز، بمتحولات الحالة، وهي ليست مستقلة عن بعضها بل مرتبطة بمعادلة بسيطة، تدعى معادلة الحالة للغاز المثالي ونحصل عليه بدمج العلاقات السابقة في معادلة واحدة.

$$V \propto n\left(\frac{1}{P}\right)(T) \quad (6)$$

ويتم تحويل التناسب في المعادلة (6) إلى مساواة عن طريق إضافة ثابت التناسب، ويرمز له بـ R ويدعى بثابت الغازات العام، فتصبح المعادلة (6) على الشكل التالي:

$$P.V = n.R.T \quad (7)$$

تدعى المعادلة (7) المعادلة العامة للغاز المثالي.

- **حساب قيمة الثابت العام للغاز المثالي R:**

يتم حساب هذا الثابت عن طريق إدراج قيم مناسبة لكل من (P, V, n, T) في المعادلة (7) وحلها للحصول على قيمة R، وسوف نستخدم واحدات الجملة الدولية (SI) والواحدات المشتقة منها والأكثر تداولاً من أجل مول واحد من الغاز عند الشروط القياسية (STP).

الواحدة	n	V	P	T
MKS	1 mole	224×10^{-3} m^3	101325 Pa	273.15 K
CGS	1 mole	22400 cm^3	1.01325×10^6 dyn/cm^2	273.15 K
شائعة	1 mole	224 Liter	1 atm	273.15 K

1) MKS:

$$R = \frac{P.V}{n.T} = \frac{101325\ \text{N/m}^2 \times 22.414 \times 10^{-3}\ \text{m}^3}{1\ \text{mole} \times 273.15\ \text{K}}$$

$$= 8.314\ \text{N.m/mole.K} = 8.314\ \text{J/mol.K}$$

2) CgS:

$$R = \frac{P.V}{n.T} = \frac{101300\ \text{dyn/cm}^3 \times 22400\ \text{cm}^3}{1\ \text{mole} \times 273.15\ \text{K}}$$

$$= 8.314 \times 10^7\ \text{dyn.cm/mole.K} = 8.314 \times 10^7\ \text{erg/mole.K}$$

3) شائعة:

$$R = \frac{P.V}{n.T} = \frac{1\ \text{atm} \times 22.4\ \text{Liter}}{1\ \text{mole} \times 273.15\ \text{K}} = 0.082\ \text{atm.Liter/mole.K}$$

نستنتج ممّا سبق بعض العلاقات الهامة:

$$1\ \text{Joule} = 10^7\ \text{erg}$$

$$1\ \text{cal} = 4.18\ \text{Joule}$$

$$R = 1.997 \text{ cal/mole.K}$$

إنّ المعادلة (7) معادلة الحالة للغاز المثالي، وهي واحدة من أكثر المعادلات أهمية في الكيمياء الفيزيائية. إذا اعدنا ترتيب هذه المعادلة، فسوف نحصل على علاقة مفيدة، تسمح لنا بحساب الكتلة المولية للغاز:

$$P = \frac{n}{V} RT = \frac{(m/M)}{V} . RT = \frac{\rho}{M} RT$$

$$M = \rho \frac{RT}{P} \qquad (8)$$

حيث: n كمية المادة، وهي عبارة عن حاصل قسمة الكتلة m على الكتلة المولية M، و m/V كثافة الغاز ρ.

<u>مثال:</u>

احسب الكتلة المولية الوسطية للهواء عند سطح البحر والدرجة $0\ C^o$، علماً بأنّ كثافة الهواء تساوي $1.29\ kg\ m^{-3}$.

الحل:

إنّ الضغط عند سطح البحر يساوي 1 atm أو 101325 Pa. باستخدام المعادلة (8) نجد أنّ:

$$M = \rho \frac{RT}{P} = \frac{1.29 \times 8.314 \times 273.15}{101325}$$

$$M = 0.0289 \text{ kg mol}^{-1}$$

$$M = 28.9 \text{ g mol}^{-1}$$

8) المعنى الفيزيائي للثابت العام للغازات المثالية R:

إنّ للثابت العام للغازات المثالية معنىً فيزيائياً محدّداً. يمكن الوصول إليه انطلاقاً من المعادلة العامة للغاز المثالي. إذا سخنت جملة غازية مثالية تحوي مولاً واحداً، عند درجة حرارة (T) والضغط (P)، درجة مئوية واحدة تحت ضغط ثابت فيتغير حجمها وتزداد درجة حرارتها بمقدار درجة واحدة وفق ما يلي:

$$P.V = R.T \qquad (I)$$
$$P.V' = R(T+1) \qquad (II)$$

بطرح المعادلة (I) من المعادلة (II) نجد أن:

$$P(V'-V) = R.T + R - R.T = R$$
$$P\,\Delta V = R$$

وحيث إنّ جداء الضغط بالحجم يمثل العمل $\left(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m^2}} \times \mathrm{m^3} = \mathrm{N.m}\right)$ والذي يساوي بدوره الثابت العام للغازات (R) أي أنّهُ يمثل العمل الناتج عن تمدد حجم مول واحد من غاز مثالي عند ارتفاع درجة حرارته درجة مئوية واحدة تحت ضغط ثابت.

9) مزيج الغازات – الضغط الجزئي:

- **قانون دالتون:**

عبّر العالم دالتون عن العلاقة التي تربط الضغط الكلي لمزيج غازي بضغوط كل من الغازات المكونة له بقوله: إنّ الضغط الكلي لمزيج غازي موجود في حجم محدّد، يساوي مجموع الضغوط الجزئية التي يملكها كل غاز فيما لو شغل وحده كل الحجم الذي يشغله المزيج، وعند الدرجة نفسها من الحرارة، فلو كان لدينا مزيج غازي يحوي n_a مول من A و n_b مول من B و n_c مول من C نجد أن:

$$P_a.V = n_a.R.T \qquad (I)$$

$$P_b.V = n_b.R.T \qquad (II)$$

$$P_c.V = n_c.R.T \qquad (III)$$

$$P_{\text{total}} = P_a + P_b + P_c = \frac{n_a + n_b + n_c}{V} R.T$$

$$P_{\text{total}}.V = n_{\text{total}}.R.T \qquad (IV)$$

بتقسيم المعادلة (I) على المعادلة (IV) نجد أن:

$$\frac{P_a}{P_{\text{total}}} = \frac{n_a}{n_{\text{total}}} = X_a \Rightarrow P_a = X_a.P_{\text{total}}$$

$$P_i = X_i.P_{\text{total}} \qquad (8)$$

حيث: X_i تمثل الكسر المولي للمكون (i) في المزيج الغازي.

انتهت المحاضرة الثانية.....

مكتبة A to Z