كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء حيوية

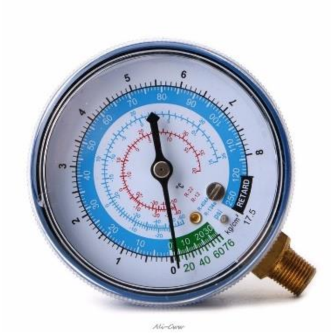
المحاضرة : الثالثة/نظري/

{{ A to Z مكتبة }}

Facebook Group : A to Zمكتبة

الفصل الثالث

الغازات المثالية



أولاً: مفهوم الغاز المثالي:

هو الغاز الذي تنطبق عليه الشروط التالية:

1- جزيئات الغاز مهملة الحجم ومرنة.

2- التصادم بين جزيئات الغاز مع بعضها البعض ومع جدران الوعاء الحاوي للغاز هو تصادم مرن.

3- حركة الجزيئات عشوائية في جميع الاتجاهات دون مؤثرات خارجية.

4- لا توجد قوى متبادلة بين الجزيئات.

ثانياً: قوانين الغاز المثالي:

تربط بين عدد المولات و كل من الضغط و درجة الحرارة و الحجم فيخضع الغاز المثالي للقوانين التالية:

- **قانون بويل:** وهو ينص على أن حجم كمية من الغاز يتناسب عكساً مع ضغطه عند ثبات كل من عدد مولاته ودرجة حرارته.

$$V \propto \frac{1}{p}$$

$$pV = cte \qquad (1)$$

- **قانون شارل:** وهو ينص على أن حجم كمية من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته عند ثبات كل من عدد مولاته وضغطه.

$$V \propto T$$

$$\frac{V}{T} = cte \qquad (2)$$

- **قانون غي لوساك:** وهو ينص على أن ضغط الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته عند ثبات كل من عدد مولاته وحجمه.

$$p \propto T$$

$$\frac{p}{T} = cte \qquad (3)$$

- **قانون أفوجادرو:** وهو ينص على أن حجم الغاز يتناسب طردياً مع عدد مولاته عند ثبات كل من درجة الحرارة والضغط.

$$V \propto n$$

$$\frac{V}{n} = cte \qquad (4)$$

أي أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحت نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي على نفس العدد من الجسيمات

$$N_a = 6{,}02 \,.\, 10^{23} \; molecles.$$

واستنادًا إلى القوانين السابقة **نرى أن** حجم الغاز يعتمد على الضغط ودرجة الحرارة وعدد المولات، ونكتب: $V \propto \frac{nT}{p}$ ومن ثم:

$$pV = nRT \qquad (5)$$

وتُدعى المعادلة الأخيرة بالمعادلة العامة للغاز المثالي، ويمكن من خلالها الحصول على قيمة ثابت الغازات R ، حيث إن المول الواحد من الغاز المثالي يشغل حجمًا قدره $22.4 \; L$ عند ضغط $1 \; atm$ ودرجة حرارة (درجة الحرارة القياسية والضغط القياسي).

ومنها:

$$R = \frac{pV}{nT}$$

$$\Rightarrow R = \frac{(1\ atm)(22,4\ l)}{(1\ mol)(273\ K)} = 0,0821\ \frac{l.atm}{mol.K^0}$$

ولكن:

$$1\ atm = 1,01325\ \times 10^5\ \frac{N}{m^2}$$

$$22,4\ l = 22,4\ \times 10^{-3}\ m^3$$

وعليه نكتب:

$$R = \frac{\left(1,01325\ \times 10^5\ \frac{N}{m^2}\right)(22,4\ \times 10^{-3}\ m^3)}{(1\ mol)(273\ K)}$$

إذاً:

$$R = 8,314\ N.m.mol^{-1}.K^{-1}$$

ومن القوانين التي يخضع لها الغاز المثالي:

قانون دالتون:

إذا وُضعت عدة غازات مثالية لا تتفاعل كيميائيًا مع بعضها البعض في وعاء، فإن كلًّا منها يتمدد في ذلك الوعاء دون أن يتأثر بوجود الغازات الأخرى، ويكون الضغط الكلي لمزيج الغازات مساويًا لمجموع الضغوط الجزئية للغازات المؤلفة للمزيج.

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots + p_i + \cdots + p_n = \sum_{i=1}^{n} p_i \qquad (6)$$

ملاحظة 1:

1- نستخدم قانون الغازات المثالي لإيجاد قيمة p أو V أو T أو n ، وذلك إذا كانت جميع الكميات معلومة ما عدا واحدة.

عندئذ نطبق القانون بالشكل:

$$pV = nRT$$

2- نستخدم قانون الغاز المثالي لإيجاد قيمة p أو V أو T أو n تحت شروط أخرى، بشرط أن تكون معلومة تحت شروط معينة.

عندئذ نطبق القانون بالشكل:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

تطبيق 1:

عينة من غاز مثالي، فإذا كان حجمه $5L$ تحت ضغط قدره $15\ atm$ ، فاحسب حجم هذا الغاز إذا أصبح ضغطه $3\ atm$، باعتبار درجة الحرارة ثابتة.

الحل:

$$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}$$

$$;\ T_1=T_2$$

$$V_2=\frac{p_1V_1}{p_2}=\frac{(15\ atm)(5\ L)}{3\ atm}=25\ L$$

تطبيق 2:

أسطوانة ذات مكبس متحرك تحتوي على $540\ cm^3$ من غاز الأكسجين تحت ضغط يساوي $63{,}3\ K\ pa$ ، فإذا تحرك المكبس حتى أصبح حجمه $325\ cm^3$، المطلوب حساب الضغط النهائي داخل الأسطوانة، وذلك على فرض ثبوت درجة الحرارة.

الحل:

$$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}\quad ;\ T_1=T_2$$

$$p_1V_1=p_2V_2$$

$$\Longrightarrow p_2=\frac{p_1V_1}{V_2}=\frac{(63{,}3\ \text{Kpa})(540\ \text{cm}^3\ )}{(325\ \text{cm}^3)}=105{,}17\ \ \text{Kpa}$$

تطبيق 3:

ما الحجم النهائي لعينة من غاز حجمها الابتدائي يساوي $650\ cm^3$، وذلك عند درجة حرارة $25\ C^0$، إذا سُخنت إلى درجة حرارة $400\ C^0$، بفرض ثبوت الضغط.

الحل:

$$\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}\quad ;p_1=p_2$$

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

$$\Longrightarrow V_2=\frac{V_1T_2}{T_1}=\frac{650\ .\ (25+273)}{(400+273)}=\frac{193700}{673}=287{,}81\ cm^3$$

ثالثاً: الكثافة المطلقة والنسبية للغاز المثالي:

- الكثافة المطلقة لغاز مثالي هي نسبة كتلة الغاز إلى حجمه، ونكتب:

$$d = \frac{m}{V} \qquad (7)$$

وتقدر بالجملة الدولية: $[d]_{SI} = Kg.m^{-3}$، وتقدر بالجملة السغثية: $[d]_{CGS} = g.cm^{-3}$

ملاحظة 2:

عدد المولات يُعطى بإحدى العلاقتين:

$$n = \frac{m}{\mu} = \frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلة مول واحد}} \qquad (8)$$

أو

$$n = \frac{N}{N_a} = \frac{\text{عدد الجسيمات في المادة}}{\text{عدد أفوغادرو}} \qquad (9)$$

إيجاد الكثافة بدلالة الضغط ودرجة حرارة الغاز:

نعلم أن:

$$pV = nRT \Longrightarrow V = \frac{nRT}{p} \Longrightarrow d = \frac{m}{\frac{nRT}{p}} \Longrightarrow d = \frac{m\,p}{nRT} = \frac{m\,p}{\frac{m}{\mu}RT} = \frac{\mu p}{RT}$$

$$\Longrightarrow d = \frac{\mu p}{RT}$$

أي أن الكثافة تتناسب طردًا مع الضغط وعكسًا مع درجة الحرارة.

- عند الانتقال من حالة (1) إلى حالة (2) نكتب:

$$d_1 = \frac{\mu p_1}{RT_1} \;\;\&\;\; d_2 = \frac{\mu p_2}{RT_2}$$

وعليه:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{\frac{\mu p_2}{RT_2}}{\frac{\mu p_1}{RT_1}} = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \qquad (10)$$

- **الكثافة النسبية للغاز المثالي هي** الكثافة المطلقة للغاز المثالي على الكثافة المطلقة لكتلة حجمه من الهواء، ونكتب:

$$d_{relative} = \frac{d_{gas}}{d_{air}} = \frac{\frac{m_{gas}}{V_{gas}}}{\frac{m_{air}}{V_{air}}} = \frac{m_{gas}}{m_{air}}$$

$$d_{relative} = \frac{m_{gas}}{m_{air}} \qquad (11)$$

نستنتج أن الكثافة النسبية للغاز المثالي هي نسبة كتلة حجم من الغاز المثالي إلى كتلة الحجم نفسه من الهواء.

تطبيق 1 :أحد فيروسات القمح كتلته المولية $2\,.\,10^4\ g.mol^{-1}$، والمطلوب حساب عدد جزيئات الفيروس الموجودة في $1\ mm^3$ من محلول يحتوي $2\ mg.cm^{-3}$ ، وذلك إذا علمت أن: $N_a = 6{,}02\,.\,10^{23}\ molecles$.

الحل:

$$d = 2\ mg.cm^{-3} = \frac{2\ mg}{cm^3} = \frac{2\,.10^{-3}\ g}{(10\ mm)^3} = \frac{2\,.10^{-3}\ g}{10^3\ mm^3} = \frac{2\,.10^{-6}\ g}{mm^3} = \frac{m}{V}$$

$$m = 2\,.10^{-6}\ g \quad , \qquad V = 1\ mm^3$$

عدد مولات الفيروسات:

$$n = \frac{m}{\mu} = \frac{2\,.10^{-6}\ g}{2\,.10^4\ g.mol^{-1}} = 10^{-10}\ mol$$

عدد الفيروسات:

$$n = \frac{N}{N_a} \Longrightarrow N = n.N_a = 10^{-10}\ mol\,.6{,}02\,.10^{23}\ molecles = 6{,}02\,.\ 10^{13}$$

تطبيق 2:أحد فيروسات التبغ كتلته المولية $5\,.\,10^7\ g.mol^{-1}$ ، والمطلوب حساب عدد جزيئات الفيروس الموجودة في $1\ dm^3$ من محلول يحتوي $0{,}5\ mg.cm^{-3}$ ، وذلك إذا علمت أن $N_a = 6{,}02\,.\,10^{23}\ molecles$:

الحل:

$$d = 0{,}5\ mg.cm^{-3} = \frac{0{,}5\ mg}{cm^3} = \frac{0{,}5\,.10^{-3}\ g}{(10^{-1}dm)^3} = \frac{0{,}5\,.10^{-3}\ g}{10^{-3}dm^3} = \frac{0{,}5\ g}{dm^3} = \frac{m}{V}$$

$$m = 0{,}5\ g\ @\ \ V = 1dm^3$$

فيكون عدد مولات الفيروسات:

$$n = \frac{m}{\mu} = \frac{0{,}5\ g}{5\,.10^7\ g.mol^{-1}} = 10^{-8}mol$$

عدد الفيروسات هو:

$$n = \frac{N}{N_a} \Longrightarrow N = n.N_a = 10^{-8}mol.6{,}02\,.10^{23}\ molecles = 6{,}02\,.10^{15}$$

رابعاً: الضغط الجوي وحساب تغيره مع الارتفاع:

- **الضغط الجوي** هو الضغط الذي يُبديه الجو، ويساوي وزن عمود من الهواء أوله عند سطح البحر وآخره عند طبقات الجو العليا، وسطحه واحدة السطوح.

- **علاقة الضغط الجوي بالارتفاع:**

الضغط الجوي هو ثقل عمود من الهواء الذي ارتفاعه من ارتفاع طبقة الغلاف الجوي الأرضي، وسطح مقطعه واحدة السطوح.
ومن هذا التعريف يتبين لنا أن الضغط الجوي يتناقص مع الارتفاع عن سطح البحر.
والآن، بأخذ محوراً شاقولياً oz موجباً نحو الأعلى بحيث ينطبق مبدؤه على سطح البحر و لنفرض طبقة رقيقة من الهواء سطح مقطعها يساوي واحدة السطوح و سماكتها dz فيكون ضغطها :

$$dp = -d\,.\,g\,.\,dz \qquad (12)$$

تدل الإشارة السالبة (_) في المعادلة على أن الضغط الجوي يتناقص عندما يزداد الارتفاع عن سطح البحر.

إذا فرضنا أن الهواء عبارة عن غاز مثالي، فنكتب من أجل مول واحد منه:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{\mu p}{RT} \qquad (13)$$

حيث μ الكتلة المولية للهواء و V حجم مول واحد من الهواء.

وبعد تعويض d بقيمتها في المعادلة (12) نحصل على العلاقة التالية:

$$dp = -\frac{\mu p}{RT}\,.\,g\,.\,dz$$

أي أن:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{\mu g}{RT}\,dz \qquad (14)$$

فإذا فرضنا أن g و T ثابتان و مستقلان عن الارتفاع ،فنحصل بمكاملة المعادلة (14) بعد أخذ الشروط الابتدائية بعين الاعتبار على العلاقة التالية :

$$p = p_0\, e^{-\frac{\mu g}{RT}.z} \qquad (15)$$

p_0 : الضغط الجوي على سطح البحر.

يمكننا كتابة العلاقة (15) بعد التعويض عن الثوابت بقيمتها على الشكل التالي:

$$p = p_0\, e^{-\frac{z}{8000}} \qquad (16)$$

حيث تقدر z بوحدة المتر (m).

ومن هذه العلاقة يتبين لنا أن الضغط يتناسب بشكل أسي مع الارتفاع عن سطح البحر.

تمارين محلولة

تمرين 1:

احسب عدد مولات غاز مثالي يشغل الحجم $300\ L$ في الدرجة $20\ C^0$ والضغط الجوي $2\ atm$ ، علمًا أن حجم الغاز في الشرطين النظاميين هو $22.4\ L$

الحل: ننطلق من معادلة الغاز المثالي العامة أو نطبقها على الغاز في الحالة الراهنة وفي حالة الشروط النظامية

$$pV = nRT$$

حالة 1:

$$(p = 2\ atm\ ; V = 300\ L\ ; t = 20\ C^0)$$

$$2\,.\,300 = n\,R\,(273{,}15 + 20)$$

حالة 2:

$$(p = 1\ atm\ ; V_0 = ?\ L\ ; t = 0\ C^0)$$

$$1\,.\,V_0 = n\,R(273{,}15)$$

بتقسيم العلاقتين (1 و2) في الحالتين نجد أن:

$$\frac{V_0}{600} = \frac{n\,R(273{,}15)}{n\,R(293{,}15)} \Longrightarrow V_0 = 559{,}065\ L$$

$$1\ mol \longrightarrow 22{,}4\ L$$

$$n\ mol\ \longrightarrow 559{,}065\ L$$

$$\Longrightarrow n = \frac{559{,}065}{22{,}4} = 24{,}958\ mol$$

تمرين 2:

تحتوي أسطوانة على $12\ l$ من الأكسجين في الدرجة $20\ C^0$ والضغط $15\ atm$، ترتفع درجة حرارة الغاز حتى الدرجة $35\ C^0$ بينما ينخفض الحجم إلى 8.5 لتر و**المطلوب :**احسب الضغط النهائي للغاز على فرض أنه غاز مثالي.

الحل:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

$$p_2 = \frac{p_1V_1T_2}{T_1V_2}$$

$$T_1 = 273{,}15 + 20 = 293{,}15\ K$$

$$T_2 = 273{,}15 + 35 = 308{,}15\ \ K$$

$$p_2 = \frac{15\ atm\,.\,308{,}15\ \ K.\,12\ L}{293{,}15\ K\,.\ 8{,}5\ L} = 22{,}26\ L$$

تمرين 3:

احسب الكثافة المطلقة لغاز الهيليوم He وكثافته بالنسبة للهواء في الشرطين النظاميين، إذا علمت أن الكتلة الذرية للهيليوم هي 4، والكتلة الجزيئية للهواء هي29

الحل:

نطبق قانون الكثافة المطلقة على غاز الهليوم:

$$d_a = \frac{m_{He}}{V_{He}}$$

لدينا:

$$d_a = \frac{4\ gr}{22,4\ L} = 0,17\,\frac{gr}{L}$$

وكثافته بالنسبة للهواء:

$$d_r = \frac{d_a\ \text{للهيليوم}}{d_a\ \text{للهواء}} = \frac{\frac{4}{22,4}}{\frac{29}{22,4}} = \frac{4}{29} = 0,137$$

تمرين 4:

احسب الحجم الذي سيشغله 6.02×10^{22} جزيء من الهيدروجين عند الشروط النظامية، علمًا أن الكتلة الذرية للهيدروجين تساوي1

الحل:

$$n = \frac{N}{N_a} = \frac{6,02\,.\,10^{22}\ molecles}{6,02\,.\,10^{23}\,\frac{molecles}{mol}} = 0,1\ mol$$

$$pV = nRT$$

$$\Longrightarrow V = \frac{nRT}{p} = \frac{(0,1\ mol)\left(0,0821\ \frac{l.atm}{mol.K^0}\right)(273,15\ K)}{1\ atm} \Longrightarrow V = 2,24\ L$$

تمرين 5:

لدينا أسطوانة مغلقة طولها $l = 100\ Cm$ ومساحة مقطعها $S = 40\ Cm^2$، ومقسّمة بواسطة مكبس قابل للحركة إلى قسمين متساويين، يحتوي كل منهما على الهواء في درجة صفر مئوية وتحت الضغط الجوي النظامي. **المطلوب:**

1. نحرك المكبس مسافة قدرها $40Cm$، احسب ضغط الهواء في قسمي الأسطوانة، علمًا أن درجة حرارة الغاز تبقى ثابتة.
2. ما هي القوة اللازمة لتثبيت المكبس في نهاية المرحلة السابقة؟
3. احسب في هذه الشروط الكثافة المطلقة للهواء في قسمي الأسطوانة، علمًا أن الكثافة المطلقة للهواء في الشروط النظامية هي $d_o = 1.3\ kg.m^3$

الحل:

1. عندما نحرك المكبس مسافة قدرها $40\ cm$ ، يصبح طول القسم الأول من الأسطوانة $l_1 = 10\ cm$ ،

وطول القسم الثاني $l_2 = 90\ cm$ ،يصبح حجم القسم الأول من الأسطوانة:

$$V_1 = S\,.\,l_1 = (40\ cm^2)(10\ cm) = 400\ cm^3$$

بينما يصبح حجم القسم الثاني من الأسطوانة:

$$V_2 = S\,.\,l_2 = (40\ cm^2)(90\ c\ m) = 3600\ cm^3$$

حيث أن الحجم البدائي V_0 لكل من قسمي الأسطوانة كان:

$$V_0 = S\,.\frac{l}{2} = (40\ cm^2)(50\ cm) = 2000\ \ cm^3$$

والآن بتطبيق معادلة الغاز المثالي على الجزء الأول منها:

$$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p_1V_1}{T_1}; T_0 = T_1 \Longrightarrow p_0V_0 = p_1V_1 \Longrightarrow p_1 = \frac{p_0V_0}{V_1}$$

$$\Longrightarrow p_1 = \frac{76\ cmHg\ (2000\ \ cm^3)}{(400\ \ cm^3)} = 380\ cmHg$$

أيضاً بتطبيق معادلة الغاز المثالي على الجزء الثاني منها نجد:

$$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{p_2V_2}{T_2} \Longrightarrow p_2 = \frac{p_0V_0}{V_2}$$

$$p_2 = \frac{76\ cmHg(2000\ \ cm^3)}{(3600\ \ cm^3)} = 42{,}2\ cmHg$$

2. لكي نثبت المكبس يجب أن نطبق عليه قوة تحسب من العلاقة:

$$F = S\ (p_1 - p_2)$$

$$= (40\,.\,10^{-4}m^2)(380 - \ 42{,}2)\left(\frac{1{,}01325\,.\,10^5}{76}Pa\right) = 1801\ N$$

3. لنحسب الكثافة المطلقة للهواء في القسم الأول:

$$\frac{d_1}{d_0} = \frac{p_1 T_1}{p_0 T_0} \Longrightarrow d_1 = (1{,}3\ Kg.m^{-3})\frac{380\ cmHg}{76\ cmHg} = 6{,}5\ Kg.m^{-3}$$

بينما تكون الكثافة المطلقة للهواء في القسم الثاني:

$$\frac{d_2}{d_0} = \frac{p_2 T_0}{p_0 T_2} \Longrightarrow d_2 = d_0 \frac{p_2}{p_0} \Longrightarrow d_2 = (1{,}3\ Kg.m^{-3})\frac{42{,}2\ cmHg}{76\ cmHg} = 0{,}72\ Kg.m^{-3}$$

تمرين 6:

يوضع $3\ mol$ من غاز كامل في وعاء مكعب الشكل، طول ضلعه $0.2\ m$

المطلوب:

1. احسب القوة التي يؤثر بها الغاز على كل وجه من أوجه المكعب، على فرض أن درجة حرارة الغاز هي $20\ C^0$
2. كم تصبح هذه القوة عندما تزداد درجة حرارة الغاز حتى الدرجة $100\ C^0$؟

الحل:

1. تُعطى القوة المؤثرة على أي من أوجه المكعب بالعلاقة:

$$F_1 = p\,.S \qquad (1)$$

حيث أن: P:ضغط الغاز، S:مساحة سطح وجه المكعب لكن من معادلة الحالة للغاز المثالي:

$$p = \frac{nRT}{V} \qquad (2)$$

$$\Longrightarrow F_1 = \frac{nRT_1}{V}.S = \frac{nRT_1}{l} \qquad (3)$$

حيث أن: L : طول ضلع المكعب، وبالتعويض عددياً بالعلاقة (3) نجد:

$$F_1 = \frac{nRT_1}{l}$$

$$= \frac{(3\ mol)(8{,}314\ J.mol^{-1}.K^{-1})(293{,}15\ K)}{0{,}2\ m} = 36558\ N = 3{,}6\,.10^4\ N$$

$$F_2 = \frac{nRT_2}{l}$$

$$= \frac{(3\ mol)(8{,}314\ J.mol^{-1}.K^{-1})(373{,}15\ K)}{0{,}2\ m} = 46535\ N = 4{,}6\,.10^4\ N$$

انتهى الفصل الثالث