كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الاولى

المادة : فيزياء حيوية

المحاضرة : الرابعة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم

2026

6

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

الفصل الرابع

النظرية الحركية للغازات

أولاً: فرضيات النظرية الحركية للغازات :

1) يتألف الغاز من جزيئات متناهية في الصغر يُهمل حجمها ونعتبرها نقطة هندسية ونعتبرها متماثلة.
2) تكون جزيئات الغاز تامة المرونة ولها شكل كروي.
3) يكون التصادم بين هذه الجزيئات وكذلك مع جدران الوعاء الذي يحتويها مرناً (الطاقة الحركية محفوظة).
4) تكون حركة الجزيئات عشوائية ومستمرة وبخطوط مستقيمة بين التصادمات.
5) تكون قوى التأثير المتبادلة بين جزيئات الغاز مهملة، وبالتالي نهمل طاقتها الكامنة، وتكون الطاقة الكلية للغاز عندئذ طاقة حركية.

ثانياً: نتائج النظرية الحركية للغازات:

1. يُعطى متوسط الضغط الذي يؤثر به الغاز على جدران الوعاء الحاوي بالعلاقة:

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

حيث إن: N عدد جزيئات الغاز، V حجم الوعاء الذي يتواجد فيه الغاز،

m كتلة الجزيئة الواحدة، ϑ السرعة الوسطية للجزيئة (متوسط السرعة لكل جزيئة).

2. **الطاقة الحركية الوسطية للجزيئة:** بالعودة لمعادلة الغاز المثالي:

$$PV = nRT \Longrightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

وبناءً على العلاقة (1) يمكن أن نكتب أن:

$$\frac{2}{3}\left(\frac{N}{V}\right)\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{nRT}{V}$$

$$\Longrightarrow \frac{2}{3}N\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = nRT$$

وبما أن: $n = \frac{N}{N_a}$

$$\Longrightarrow \frac{2}{3}N\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{N}{N_a}RT$$

$$\Longrightarrow T = \frac{2N_a}{3R}\left(\frac{1}{2}m\vartheta^{\,2}\right) = \left(\frac{2}{3K_B}\right)\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) \qquad (2)$$

حيث أن: $K_B = \frac{R}{N_a} = 1{,}38\,.\,10^{-23}\,J.K^{-1}$

$$\Longrightarrow \frac{3}{2}K_BT = \frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2} \qquad (3)$$

المعادلة الأخيرة تعني أن متوسط الطاقة الحركية لكل جزيئة هو $(\frac{3}{2}K_BT)$

3. درجة حرية الجزيئة:

هي عدد الإحداثيات المستقلة اللازمة لتحديد موقعها في الفراغ، ونرمز لهذا العدد بالرمز f.

إن العلاقة (3) تمثل حالة خاصة، والعلاقة العامة تُعطى بالشكل:

$$\bar{E} = \left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{f}{2}K_BT \qquad (4)$$

بالمقارنة بين العلاقتين (2و3)يتضح أن: $f = 3$

ملاحظة:

1. عندما تكون $f = 3$ هذا يعني أن الجزيئة تتحرك حركة انسحابية فقط وفق المحاور الإحداثية الثلاثةx, y, z ، ونصادف ذلك في الغازات أحادية الذرة كالآرغون.
2. عندما تكون $f = 5$ هذا يعني أن الجزيئة تتحرك حركة انسحابية ودورانية:
   i. حركة انسحابية وفق المحاور الإحداثية الثلاثة
   ii. حركة دورانية حول محورين متعامدين وعموديين على المستقيم الواصل بين ذرتين

نصادف ذلك في الغازات ثنائية الذرة كالهيدروجين.

3. عندما تكون $f = 6$ هذا يعني أن للجزيئة ثلاث درجات حرية للحركة الانسحابية، وثلاث درجات حرية للحركة الدورانية حول المحاور الإحداثية الثلاثة، ويُصادف ذلك في الغازات ثلاثية الذرة التي لا تقع على استقامة واحدة.

وبالعودة مرة أخرى للعلاقة، نجد أن الطاقة الحركية الانسحابية لجزيئة من غاز أحادي الذرة تُعطى **بالعلاقة**:

$$\bar{E} = N\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{3}{2}NK_BT = \frac{3}{2}nRT \qquad (5)$$

4. سرع جزيئات الغاز:

1. السرعة المنتجة (السرعة التربيعية الوسطية) للجزيئة الواحدة:

$$\vartheta_{rms} = \sqrt{\bar{\vartheta}^{\,2}} = \sqrt{\frac{3K_BT}{m}} = 1{,}73\sqrt{\frac{K_BT}{m}} \qquad (6)$$

2. السرعة المتوسطة للجزيئة:

وفق الدراسة الإحصائية **تبين أن:**

$$\bar{\vartheta} = \sqrt{\frac{8K_BT}{\pi.m}} = 1{,}6\sqrt{\frac{K_BT}{m}} \qquad (7)$$

3. السرعة الأكثر احتمالاً للجزيئة:

وفق الدراسة الإحصائية **تبين أن:**

$$\vartheta_{m,p} = \sqrt{\frac{2K_BT}{m}} = 1{,}41\sqrt{\frac{K_BT}{m}} \qquad (8)$$

5. المسار الحر الوسطي:

هو المسافة الفاصلة بين اصطدامين متتاليين للجزيئة الواحدة مع بقية الجزيئات، أي المسافة الوسطية التي تقطعها جزيئة واحدة من غير اصطدام، وهو يُعطى **بالعلاقة:**

$$\bar{l} = \frac{1}{\pi . \sqrt{2} . d^2 . n_V} \qquad (9)$$

حيث إن: $n_V = \frac{N}{V}$: (عدد الجزيئات الموجودة في وحدة الحجم)؛ التركيز الحجمي للجزيئات، d:قطر الجزيئة الواحدة

مسائل محلولة للفصل الرابع

المسألة الأولى:

1- احسب في الدرجة صفر مئوية السرعتين التربيعيتين الوسطتين لجزيئة الهيدروجين ولجزيئة الأكسجين، علمًا أن الكتلة المولية لكل من جزيئتي الهيدروجين والأكسجين هي: $\mu_{H_2} = 2\ g.mol^{-1}$، $\mu_{O_2} = 32\ g.mol^{-1}$.

2- احسب في الشرطين النظاميين تركيز جزيئات الأكسجين وطول المسار الحر الوسطي لهذه الجزيئات، علمًا أن قطر جزيئة الأكسجين هو $d = 3{,}6\ A^0$ وثابت بولتزمان $K_B = 1{,}38 . 10^{-23}\ J.K^{-1}$.

الحل:

1- نحسب السرعة التربيعية الوسطية بالعلاقة التالية:

$$\vartheta_{rms} = \sqrt{\frac{3K_BT}{m}}$$

كتلة جزيئة الهيدروجين:

$$m = n.\mu = \frac{N}{N_a}\mu = \frac{\mu_{H_2}}{N_a} = \frac{2 . 10^{-3}\ Kg.mol^{-1}}{6{,}02 . 10^{23}\ mol^{-1}} = 3{,}3 . 10^{-27} Kg$$

بالتالي السرعة الوسطية لجزيئة الهيدروجين:

$$\Longrightarrow \vartheta_{rms} = \sqrt{\frac{3 . 1{,}38 . 10^{-23} J.K^{-1} . 273\ K}{3{,}3 . 10^{-27} Kg}} = 1850\ m.s^{-1}$$

كتلة جزيئة الأكسجين:

$$m = \frac{\mu_{O_2}}{N_a} = \frac{32 . 10^{-3}\ Kg.mol^{-1}}{6{,}02 . 10^{23}\ mol^{-1}} = 5{,}31 . 10^{-26} Kg$$

بالتالي السرعة الوسطية لجزيئة الأكسجين:

$$\Longrightarrow \vartheta_{rms} = \sqrt{\frac{3 . 1{,}38 . 10^{-23} J.K^{-1} . 273\ K}{5{,}31 . 10^{-26} Kg}} = 461\ m.s^{-1}$$

2- لنحسب تركيز جزيئات الأكسجين في الشرطين النظاميين (درجة الحرارة 0 مئوية والضغط الجوي $1\ atm$)،

المول الواحد في الشروط النظامية يشغل حجمًا قدره $22.4\ L$

$$n = \frac{N}{N_a} \qquad ; n = 1$$

$$\Longrightarrow N = N_a$$

ولدينا التركيز:

$$n_V = \frac{N}{V} = \frac{N_a}{V} = \frac{6{,}02\ .\ 10^{23} molecles}{22{,}4\ \times 10^{-3}\ m^3} = 2{,}68\ .\ 10^{25}\ molecles.m^{-3}$$

نحسب طول المسار الحر الوسطي من العلاقة:

$$\bar{l} = \frac{1}{\pi.\sqrt{2}.d^2.n_V} = \frac{1}{\pi.\sqrt{2}.2{,}68\ .\ 10^{25}.(3{,}6\ .\ 10^{-10})^2} = 6{,}48\ .\ 10^{-8}\ m$$

أي أن طول المسار الحر الوسطي للأوكسجين بالأنجستروم يساوي $654\ A^0$

المسألة الثانية:

على فرض أن الهواء المحيط مؤلف فقط من جزيئات غاز النيتروجين N_2 والتي قطر كل منها $d = 2\ A^0$ ، **المطلوب:**

احسب المسافة التي تقطعها كل جزيئة قبل اصطدامها بالجزيئات الأخرى، وبفرض أن ضغط الهواء $10^5 pa$ ودرجة حرارته $20°C$.

الحل: إن هذه المسافة تمثل طول المسار الحر الوسطي للجزيئات، **أي أن**:

$$\bar{l} = \frac{1}{\pi.\sqrt{2}.d^2.n_V}$$

من معادلة الغاز المثالي:

$$PV = nRT$$

ولكن:

$$n = \frac{N}{N_a} \quad \& \quad R = K_B N_a$$

$$\Longrightarrow PV = nK_B T$$

ومن تعريف التركيز، وبناءً على العلاقة الأخيرة يمكن أن نكتب أن:

$$n_V = \frac{N}{V} = \frac{P}{K_B T} = \frac{10^5}{(1{,}38\ .\ 10^{-23}\ J.K^{-1})(293{,}15)} = 2{,}5\ .\ 10^{25}\ molecles.m^{-3}$$

وبالتالي يكون المسار الحر الوسطي مساويًا لـ:

$$\bar{l} = \frac{1}{\pi.\sqrt{2}.(2\ .\ 10^{-10})^2.(2{,}5\ .\ 10^{25})} = 2{,}27\ .\ 10^{-7}\ m = \ 2250\ \ A^0$$

وتبين هذه القيمة أن المسافة أكبر من القطر بحوالي 1000 مرة.

المسألة الثالثة:

يحتوي بالون حجمه $0{,}3\ m^3$ على $2\ mol$ من غاز الهيليوم في الدرجة 20°C على فرض أن الغاز يسلك سلوك الغاز الكامل، **المطلوب:**

1- احسب الطاقة الحركية الكلية للجزيئات.

2- احسب الطاقة الحركية الوسطية للجزيء الواحد.

الحل:

1- نحسب الطاقة الحركية الكلية من العلاقة:

$$E = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}(2)(8{,}31)(293) = 7{,}3\ .\ 10^3\ J$$

2- نحسب الطاقة الحركية الوسطية للجزيء من العلاقة:

$$\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{3}{2}K_BT$$

$$\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{3}{2}(1{,}38\ .\ 10^{-23}\ J.K^{-1})(293\ K) = 6{,}07\ .\ 10^{-21}\ J$$

المسألة الرابعة:

يحتوي صندوق مكعب الشكل على غاز كامل في الشرطين النظاميين، فإذا كان عدد جزيئات الغاز في الوعاء مساويًا إلى 6×10^9، **المطلوب:**

أوجد طول ضلع هذا المكعب.

الحل:

إن معادلة الحالة للغاز المثالي يمكن كتابتها بالشكل:

$$PV = nRT = K_BNT$$

فيكون الحجم:

$$\Longrightarrow V = \frac{NK_BT}{P} = \frac{(6\ .\ 10^9)(1{,}38\ .\ 10^{-23}\ J.K^{-1})(273\ K)}{10^5 N.m^2}$$

$$V = 2{,}24\ .\ 10^{-16} m^3$$

وبما أن حجم المكعب $V^3 = L^3$، بالتالي طول ضلع المكعب:

$$L = V^{\frac{1}{3}} = (2{,}24\ .\ 10^{-16})^{\frac{1}{3}} = 6{,}1\ .\ 10^{-6} m$$

المسألة الخامسة:

احسب الطاقتين الحركيتين لجزيء من غاز أحادي الذرة في الدرجتين 27°C و 127°C ، علمًا أن ثابت بولتزمان $K_B = 1{,}38\ .\ 10^{-23}\ J.K^{-1}$

الحل:

نحسب الطاقة للجزيئة من العلاقة $\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{3}{2}K_BT$ عند درجتي الحرارة المختلفتين:

أولًا: عند الدرجة $300\ K$

$$\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right) = \frac{3}{2}(1{,}38\ .\ 10^{-23}\ J.K^{-1})(300\ K) = 6{,}21\ .\ 10^{-21} J$$

ثانيًا: عند الدرجة $400\ K$

$$\left(\frac{1}{2}m\bar{\vartheta}^{\,2}\right)=\frac{3}{2}(1{,}38\,.\,10^{-23}\,J.K^{-1})(400\,K)=8{,}28\,.\,10^{-21}J$$

نحسب طاقة المول الواحد من العلاقة $E=\frac{3}{2}RT$ عند درجتي الحرارة المختلفتين:

أولًا: عند الدرجة $300\ K$

$$E=\frac{3}{2}RT=\frac{3}{2}\ (8{,}31)\,.\,(300)=3739{,}5\,J$$

ثانيًا: عند الدرجة $400\ K$

$$E=\frac{3}{2}RT=\frac{3}{2}\,.\,(8{,}31).\,(400)=4986\ J$$

المسألة السادسة:

بيّن أن طول المسار الحر الوسطي للجزيئات من أجل الغاز الكامل يُعطى بالعلاقة الآتية :

$$\bar{l}=\frac{K_BT}{\sqrt{2}.\pi.d^2.P}$$

الحل:

$$\bar{l}=\frac{1}{\pi.\sqrt{2}.d^2.n_V}$$

$$PV=nRT$$

$$;n=\frac{N}{N_a}\quad\&\quad R=K_BN_a$$

$$\Longrightarrow PV=\frac{N}{N_a}.K_BN_a.T$$

$$PV=NK_BT$$

$$\Longrightarrow n_V=\frac{N}{V}=\frac{P}{K_BT}$$

$$\bar{l}=\frac{K_BT}{\pi.\sqrt{2}.P.d^2}$$

انتهى الفصل الرابع

مكتبة A to Z