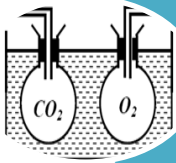


الباب الثالث

الحرارة



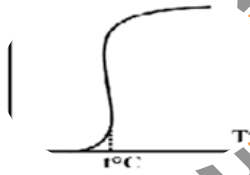
الفصل الاول

• قوانين الغازات

$$KE = \frac{3}{2}KT = \frac{1}{2}mV^2$$

الفصل الثاني

• نظرية الحركة لجزيئات الغاز



الفصل الثالث

• فيزياء درجات الحرارة المنخفضة

سلسلة مذكرات سيبدأ في الفيزياء،

اعداد وتنفيذ أ / زكريا مفتار

٩.٣.٢٠٢٠.١٠.١

• قوانين الغازات

✋ الحركة العشوائية : هي الحركة العشوائية والمستمرة التي تتحرك بها جزيئات الغاز وفي أثناء حركتها تتصادم مع بعضها البعض ومع جدران الاناء الحاوي لها.

• تجربة توضح ان جزيئات الغاز تتحرك حركة عشوائية مستمرة

- ① ادخل براون دخان شمعة في صندوق زجاجي جاف ونظيف ② قام بتسليط ضوء شديد علي الصندوق
- ③ تتبع حركة جزيئات الدخان داخل الصندوق بواسطة ميكروسكوب
- **الملاحظة :** دقات الكربون تتحرك حركة عشوائية في خطوط مستقيمة تسمى الحركة البرونية
- **تفسير الحركة البرونية :** ١. تتحرك جزيئات الغاز في جميع الاتجاهات عشوائياً وبسرعات مختلفة
٢. تصدم جزيئات الكربون مع بعضها البعض وكذلك مع جزيئات الهواء
٣. وفي لحظة معينة يكون عدد التصادمات مع جزيء الغاز من أحد الجوانب أكبر من الجانب الآخر فيتتحرك الجزيء مسافة قصيرة في اتجاه معين (في خط مستقيم) بتوالي التصادمات يتكرر ذلك عشوائياً
- **تجربة توضح ان جزيئات الغاز يملك مسافات بينية كبيرة جدا**
- **الخطوات :-**

ننكس مخبارا مليئا بغاز النشادر فوق اخر مملوء بغاز كلوريد الهيدروجين الاكبر كثافة .

• **الملاحظة :-**

تكون سحابة بيضاء من كلوريد الامونيوم تنمو وتنتشر حتى تملأ المخبرين .

• **التفسير :-**

- ١- تنتشر جزيئات غاز كلوريد الهيدروجين الاكبر كثافة الي اعلي متخلله المسافات الجزيئية لغاز النشادر متحدة مع جزيئات غاز النشادر مكونه جزيئات كلوريد الامونيوم التي تنتشر وتملاء المخبر العلوى
- ٢- تنتشر جزيئات غاز النشادر الى اسفل الاقل كثافة متخلله المسافات الجزيئية لغاز كلوريد الهيدروجين وتتحد مع جزيئات كلوريد الهيدروجين مكونه جزيئات كلوريد الامونيوم التي تنتشر وتملاء المخبر السفلى .
- **الاستنتاج :-**

توجد بين جزيئات الغاز مسافات فاصلة كبيرة نسبيا تعرف المسافات الجزيئية.

علال الغازات قابلة للانضغاط

جـ : لوجود المسافات الجزيئية الكبيرة نسبيا فتسمح بتقارب جزيئات الغاز عند تعرضه للضغط فيقل الحجم الذي يشغله الغاز .

علال لا تظهر صعوبة في تجارب قياس التمدد الحرارى في حالة الجوامد والسوائل

جـ : لان قابليتها للانضغاط صغيرة جدا لذا يمكن اهمالها .

علال تجارب قياس التمدد الحرارى لغاز معقدة

- جـ : لان حجم الغاز يمكن ان يتغير بتغير كل من الضغط او درجة الحرارة او كليهما .
- ✍ **ملاحظات** لاجراء دراسة تامه حول سلوك الغاز يجب مراعاة وجود ثلاث متغيرات هي
- ① الحجم ② الضغط ③ درجة الحرارة .

● نص القانون :-

عند ثبوت درجة الحرارة يتناسب حجم كمية معينة من غاز تناسباً عكسياً مع ضغطه أو عند ثبوت درجة الحرارة يكون حاصل ضرب حجم كمية معينة من غاز في ضغطها مقداراً ثابتاً.

⇨ تجربة بويل ⇨

⇨ الفرض من التجربة :- ① تحقيق قانون بويل

② دراسة العلاقة بين ضغط كمية معينة من غاز وحجمها عند ثبوت درجة الحرارة

⇨ تركيب الجهاز :- كما بالشكل المقابل عبارة عن

① انبوتين (أ) و (ب) الانبوبة (أ) مثبتة ومزودة بمحبس ومدرجة من اعلى الاسفل والانبوبة (ب) مفتوحة وقابلة للحركة لاعلى ولأسفل

② كلا الانبوتين مثبتتان على قائم راسي ويتصلان معا بانبوبة اخرى من المطاط بهما جميعاً كمية مناسبة من الزئبق

③ مسطرة مدرجة وبارومتر زئبقي

⇨ الخطوات :-

① الضغط الجوي باستخدام البارومتر.

② نفتح صنبور الانبوبة (أ) ونحرك الانبوبة (ب) الى اعلى والى اسفل حتى يصبح سطح الزئبق في الانبوبة (أ) عند منتصفها تقريباً فيكون سطحاً الزئبق في الانبوتين في مستوى افقى واحد لان الانبوتين مفتوحتان.

$$P_1 = P_a \quad P_2 = P_a + h \quad P_3 = P_a - h$$

③ نغلق الصنبور ونقيس حجم الهواء المحبوس وليكن $(Vol)_1$ وضغطه P_1 حيث $P_1 = P_a$

④ نحرك الانبوبة (ب) الى اعلى مسافة مناسبة وعندئذ نقيس حجم الهواء المحبوس $(Vol)_2$ ونقيس فرق ارتفاع الزئبق في الفرعين وليكن h_1 ويصبح ضغط الهواء المحبوس $P_2 = P_a + h_1$

⑤ نكرر الخطوة السابقة مرة اخرى على الاقل ونعين $(Vol)_3$ و P_3 بنفس الكيفية.

⑥ نحرك الانبوبة (ب) الى اسفل مسافة مناسبة وعندئذ نقيس حجم الهواء المحبوس $(Vol)_4$ ونقيس فرق ارتفاع الزئبق في الفرعين وليكن h_2 ويصبح ضغط الهواء المحبوس $P_2 = P_a - h_2$

⑦ نكرر الخطوة السابقة مرة اخرى على الاقل ونعين $(Vol)_5$ و P_5 بنفس الكيفية.

⑧ ندون النتائج في جدول ثم نرسم علاقة بيانية نجد ان العلاقة بين الضغط والحجم علاقة عكسية

$$P \propto \frac{1}{V_{ol}}$$

$$\Rightarrow PV_{ol} = const$$

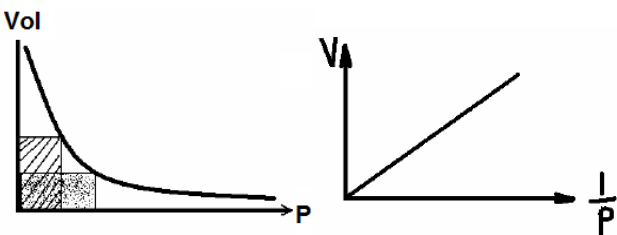
$$\therefore P_1 V_{ol1} = P_2 V_{ol2}$$

● احتياطات التجربة :-

١- يجب ان تكون العوامل الاتية ثابتة :-

درجة الحرارة T - الضغط الجوي P_a - كتلة الغاز m

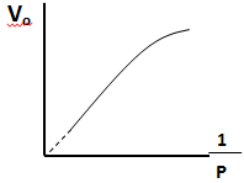
٢- يوجد قيمة معينة للضغط يبدأ بعدها ظهور انحناء في الخط المستقيم تدل على عدم خضوع الغاز لقانون بويل



فكر

① حجم فقاعة الهواء عند سطح البحر اكبر منها عند القاع؟

② متى يشذ الغاز عن قانون بويل وضع بالرسم البياني ؟



جـ : يمكن للغاز ان يشذ عن قانون بويل في حالة الضغوط العالية حيث تتقارب الجزيئات جدا من بعضها ويبدأ الغاز في التحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة وقد يتحول الى الحالة الصلبة وحينئذ لا تنطبق قوانين الغازات و المدى الذي يخضع فيه الغاز لقانون بويل هو الخط المستقيم وبداية الانحناء تدل على بداية عدم خضوع الغاز لقانون بويل

ملاحظات كل المسائل

✍ غاز في S . T . P تعني غاز في معدل الضغط ودرجة الحرارة وتعني ان :-

① درجة حرارة الغاز 273 كلفن او صفر سلزيوس ② ضغط الغاز 76 سم زئبق

③ حجم المول من الغاز = 22.4 لتر

✍ في حالة خلط عدة غازات في اناء واحد فان :-

حجم كل غاز على حدة = حجم الاناء الذي يتم فيه الخلط

الضغط الكلي للخليط = مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز اي

$$PV_{ol} = P_1V_{ol1} + P_2V_{ol2} + P_3V_{ol3}$$

✍ في مسائل الفقاعة :-

عندما ترتفع الفقاعة من اسفل الماء الى اعلى حتى تصبح تحت سطح الماء مباشرة فان حجم الفقاعة يزداد لان الضغط الواقع على الفقاعة يقل طبقا لقانون بويل ويصبح :-

$$P_1 = P_a \quad P_2 = P_a + hpg$$

مع ملاحظة ان حجم الفقاعة = حجم الكرة = $\frac{4}{3}\pi r^3$

✍ عند حساب ارتفاع الماء الذي يدخل اسطوانه مساحة مقطعها A عند تنكسها وغمرها في الماء :-

$$P_1 = P_a \quad \text{قبل غمر الاسطوانه في الماء}$$

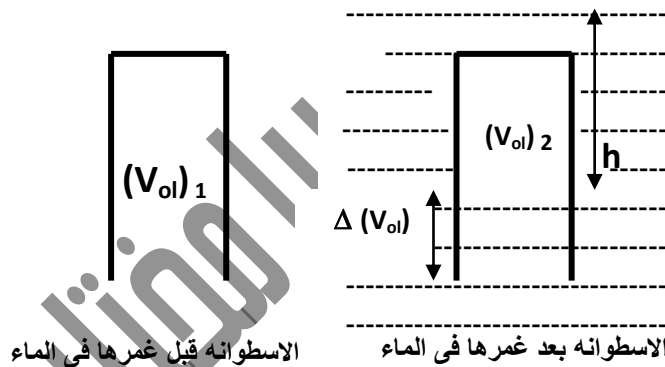
$$(Vol)_1 \quad \text{قبل غمر الاسطوانه في الماء}$$

$$P_2 = P_a + hpg \quad \text{بعد غمر الاسطوانه في الماء}$$

$$(Vol)_2 \quad \text{بعد غمر الاسطوانه في الماء}$$

$$\Delta (Vol) = (Vol)_1 - (Vol)_2$$

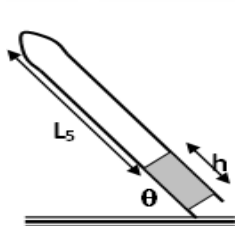
$$h_1 = \frac{\Delta Vol}{A} \quad \text{ويحسب ارتفاع الماء من العلاقة :-}$$



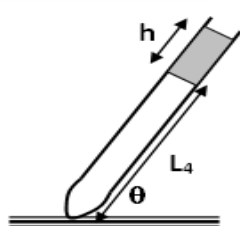
الاسطوانه قبل غمرها في الماء

الاسطوانه بعد غمرها في الماء

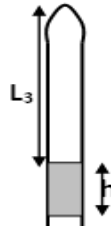
✍ في مسائل الانبوبة الشعرية



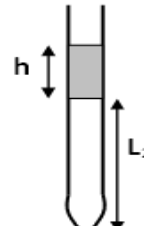
$$P_5 = P_a - h \sin \theta$$



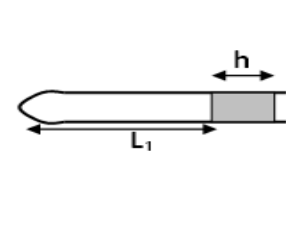
$$P_4 = P_a + h \sin \theta$$



$$P_3 = P_a - h$$



$$P_2 = P_a + h$$



$$P_1 = P_a$$

وطبقا لقانون بويل يصبح :-

$$P_1L_1 = P_2L_2 = P_3L_3 = P_4L_4 = P_5L_5 \quad \text{وحيث ان مساحة المقطع ثابتة}$$

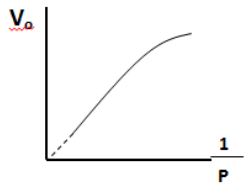
س لديك انبوبة شعيرية بها خيط من الزئبق يحبس كمية من الهواء وضع كيف يمكن استخدامها لتحقيق يمكن تحقيق قانون بويل ؟

① نجعل الانبوبة افقية تماما ثم نعين طول عمود الهواء المحبوس L_1 وهو مقياسا لحجم الهواء لان الانبوبة منتظمة المقطع وضغط الهواء المحبوس $P_1 = P_a$

② نجعل الانبوبة راسيا تماما وفتحها لافى ثم نعين طول عمود الهواء المحبوس L_2 وضغط الهواء المحبوس $P_2 = P_a + h$

③ نجعل الانبوبة راسيا تماما وفتحها لاسفل ثم نعين طول عمود الهواء المحبوس L_3 وضغط الهواء المحبوس $P_3 = P_a - h$

④ نلاحظ ان حاصل ضرب ضغط عمود الهواء فى طوله = مقدار ثابت



⑤ نضع النتائج فى جدول ونرسم علاقة بين الحجم على المحور الراسى ومقلوب الضغط على المحور الافقى فنجد ان العلاقة طردية وميل الخط المستقيم مقدار ثابت .

أمثلة محلولة

مثال ١ كمية من غاز النشادر تشغل حجما قدره $2.4m^3$ تحت ضغط $10^5 N/m^2$ احسب حجم هذه الكمية تحت ضغط $0.8 \times 10^5 N/m^2$

الحل

$$P_1 V_{ol1} = P_2 V_{ol2}$$

$$10^5 \times 2.4 = (0.8 \times 10^5) V_{ol2}$$

$$\therefore V_{ol2} = 3m^3$$

مثال ٢ فقاعة من الهواء حجمها $0.2cm^3$ على عمق $20m$ فى الماء الذى كثافته $1000kg/m^3$ اوجد حجمها عند سطح الماء علما بان الضغط الجوى $1.013 \times 10^5 N/m^2$

الحل

$$P_1 = P_a + \rho h g$$

$$P_1 = 1.013 \times 10^5 + 1000 \times 20 \times 9.8 = 2.97 \times 10^5 N / m^2$$

$$\therefore P_1 V_{ol1} = P_2 V_{ol2}$$

$$\therefore 2.97 \times 10^5 \times 20 = 1.013 \times 10^5 V_{ol2}$$

$$\therefore V_{ol2} = 0.58cm^3$$

مثال ٣ خلط 8Liter من غاز النيتروجين وضغطه 76cmhg مع 16 Liter من الهيدروجين وضغطه 75cmhg فى اناء مغلق سعته 20 Liter احسب ضغط الخليط بفرض ثبوت درجة الحرارة

الحل

$$\therefore P V_{ol} = P_1 V_{ol1} + P_2 V_{ol2}$$

$$P \times 20 = 76 \times 8 + 75 \times 16$$

$$\therefore P = 90.4cmhg$$

مثال ٤ وضع بالون من المطاط به هواء محبوس حجمه $500cm^3$ وتحت ضغط 2atm فى اناء مكعب الشكل طول ضلعه 10cm ثم أحكم غلق الإناء احسب الضغط النهائي عند انفجار البالون داخل الإناء باهمال حجم المطاط وثبوت درجة الحرارة

الحل

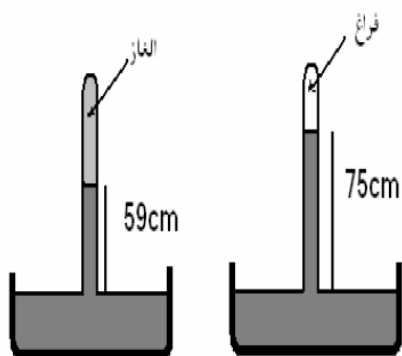
$$\therefore P V_{ol} = P_1 V_{ol1} + P_2 V_{ol2}$$

$$\therefore P \times 1000 = 2 \times 500 + 1 \times 500$$

$$\therefore P = \frac{1000 + 500}{1000} = 1.5atm$$

مثال ٥ إذا كان ارتفاع الزئبق في أنبوبة بارومترية منتظمة المقطع 75cm وكان الفراغ فوق الزئبق طوله 9cm فإذا كانت مساحة مقطع الأنبوبة 1cm^2 فكم يكون حجم الهواء تحت الضغط الجوي الذي إذا أدخل في الخيز فوق الزئبق يجعل عمود الزئبق ينخفض إلى ارتفاع 59 cm عند نفس درجة الحرارة

الحل



$$H = 75 + 9 = 84\text{cm} \quad \text{ارتفاع الأنبوبة}$$

الضغط الجوي وقت اجراء التجربة 75cmhg

$$V_{ol1} = 84 - 59 = 25\text{cm}^3 \quad \text{عند ادخال الهواء يكون}$$

$$P_1 = 75 - 59 = 16\text{cmhg}$$

المطلوب حجم الغاز V_{ol2} عندما يكون ضغطه P_2 يساوي الضغط الجوي

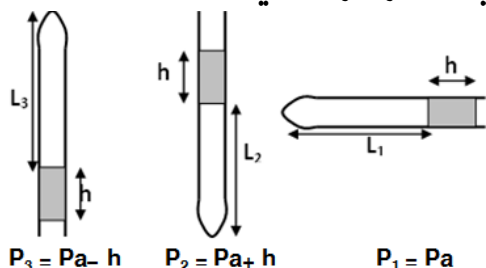
$$\therefore P_1 V_{ol1} = P_2 V_{ol2}$$

$$\therefore 16 \times 25 = 75 \times V_{ol2}$$

$$\therefore V_{ol2} = 5.33\text{cm}^3$$

مثال ٦ أنبوبة شعيرية منتظمة المقطع بها خيط من الزئبق طوله 3cm وضعت افقية فكان طول عمود الهواء المحبوس بها 30cm احسب طول عمود الهواء بها اذا وضعت راسية ① والفوهة الي اعلي ② والفوهة الي اسفل ($p_a = 76\text{cmhg}$)

الحل



$$\therefore P_1 L_1 = P_2 L_2 = P_3 L_3$$

$$76 \times 30 = (76 + 3)L_2 = (76 - 3)L_3$$

$$\therefore L_2 = 28.8\text{cm}, \quad L_3 = 31.23\text{cm}$$

مثال ٧ كتله من غاز حجمها 600cm³ اوجد حجمها اذا نقص الضغط

عليها بمقدار الربع بفرض ثبوت درجة الحرارة

الحل

$$\therefore P_1 V_{ol1} = P_2 V_{ol2}$$

$$\therefore P \times 600 = \frac{3}{4} P \times V_{ol2}$$

$$\therefore V_{ol2} = 800\text{cm}^3$$

تارين

١. مقدار من الهواء حجمه 10 لتر وضغطه 2 ضغط جوي احسب حجمه تحت الضغط الجوي المعتاد ()
٢. خلط 10 لتر من غاز النروجين ضغطه 70 cmhg مع 15 لتر من الهيدروجين ضغطه 70 cmhg في إناء مقفل سعته 10 احسب ضغط الخليط بفرض ثبوت درجة الحرارة
٣. أنبوبة شعيرية منتظمة المقطع بها هواء جاف محبوس بعمود من الزئبق ارتفاعه 10cm فإذا كانت الأنبوبة مغلقة من احد طرفيها وكان طول عمود الهواء المحبوس بها 15cm عندما تحمل الأنبوبة راسيا والفوهة لأعلي و 17cm عندما تكون الأنبوبة افقيه احسب الضغط الجوي ثم احسب طول عمود الهواء عندما تكون الفوهة لأسفل (75cmhg- 19.615cm)
٤. أنبوبة شعيرية منتظمة المقطع طولها 20cm مفتوحة من احد طرفيها بها خيط من الزئبق طوله 4cm في منتصفها تماما في درجة 27c استخدمت كترموتر احسب اقصى درجة حرارة يمكن قياسها (327c)

٥. اذا كان ارتفاع الزئبق 75cm في انبوبة بارومترية منتظمة المقطع مساحة مقطعها 1cm² وكان طول الفراغ فوق الزئبق 12cm فاوجد حجم الهواء تحت الضغط الجوي الذي اذا ادخل في الحيز فوق سطح ليجعل عمود الزئبق ينخفض الي ارتفاع 55cm عند ثبوت درجة الحرارة (8.53cm³)
٦. انبوبة بارومترية مساحة مقطعها 1cm² وارتفاع الزئبق بها 76cm فاذا كان طول الفراغ فوق الزئبق 5cm احسب حجم الهواء تحت الضغط الجوي اللازم ادخاله فوق الزئبق بحيث ينخفض الزئبق في الانبوبة 6cm عند ثبوت درجة الحرارة (66/76 cm³)
٧. الازهر ٢٠١١ انبوبة بارومترية مساحة مقطعها 1cm² فاذا كان طولها فوق الزئبق 30cm ومستوي الزئبق داخلها في نفس مستواه في الحوض فاذا رفعت الانبوبة لأعلى حتي صار ارتفاع الزئبق فيها 38cm فوق مستواه في الحوض احسب ارتفاع الانبوبة فوق الزئبق علما بان الضغط الجوي (76cmhg)
٨. ملبس عديم الاحتكاك داخل اسطوانة مغلقة الطرفين موجود في منتصفها وكان الضغط علي جانبي المكبس = 75cmhg فاذا حرك المكبس ببطء الي اليمين وقل حجم الجزء الايمن الي النصف اوجد الفرق في الضغط علي جانبي المكبس وكذلك القوة المؤثرة عليه اذا كانت مساحة مقطع الانبوبة 3.5cm² (100cmhg)
٩. كمية من غاز النيتروجين حجمها 10Litter تحت ضغط 15cmhg عند درجة 25C خلطت مع كمية من غاز الاكسجين عند نفس الدرجة وضغطها 50cmhg في اناء مغلق سعته 5Litter فصار ضغط الخليط 120cmhg اوجد حجم الاكسجين قبل الخلط بفرض ثبوت درجة الحرارة اثناء الخلط (9Litter)
١٠. اسطوانة حجمها 250cm³ مفتوحة من الطرف السفلي فقط نكست راسيا في ماء عميق ثم غمرت حتي عمق 10m احسب ارتفاع الماء الذي يدخله عند ذلك علما بان مساحة قاعدتها 20 cm² (6.15)
١١. اذا كان حجم فقاعة من الهواء 3cm³ عند قاع بحيرة عمقها 90m كم يبلغ حجم هذه الفقاعة عند سطح البحيرة معتبرا الضغط الجوي يعادل ضغط عمود من ماء البحيرة طوله 10m (30cm³)
١٢. اسطوانة بها صنبور تحتوي علي 2kg من غاز ضغطه 10atm اذا فتح الصنبور وتسربت كمية من الغاز احسب كتله ما تسرب بعد ان يتوقف تسرب الغاز بفرض ثبوت درجة الحرارة (1.8Kg)

تجربة توضح اثر الحرارة علي حجم الغاز

الغرض من التجربة :-

اثبات ان الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بمقادير متساوية تحت ضغط ثابت .

الخطوات :-

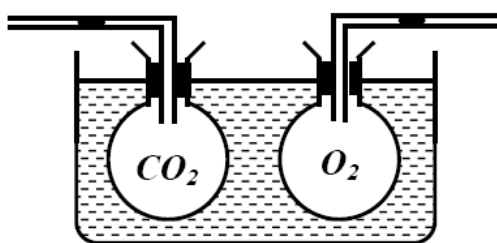
١. نأخذ دورقين متساويين في الحجم تماما وفوهة كل منهما مسدودة بسدادة من المطاط تنفذ منه انبوبة زجاجية مثنية على شكل زاوية قائمة بها خيط من الزئبق طوله 2 سم او 3سم احدهما مملوء بالاكسجين والاخر مملوء بثاني اكسيد الكربون .

٢. نغمر الدورقين في حوض به ماء كما بالشكل ثم نضيف قليلا من الماء الساخن ونلاحظ المسافة التي يتحركها خيط الزئبق في كل منهما

المشاهدة :-

يتحرك خيطا الزئبق مسافتين متساويتين

الاستنتاج :- الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بمقادير متساوية اذا ارتفعت درجة حرارتها بنفس المقدار عند ثبوت الضغط .



➤ العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة عند ثبوت الضغط

وقد وجد بالتجربة العملية ان مقدار الزيادة في حجم الغاز ΔV_{ol} عند رفع درجة حرارته يتوقف على

$$\Delta V_{ol} \propto (V_{ol0})^0 c$$

① حجم الغاز الاصلي عند درجه صفر

$$\Delta V_{ol} \propto \Delta t$$

② مقدار الارتفاع في درجات الحرارة

$$\Delta V_{ol} \propto (V_{ol0})^0 c \Delta t$$

$$\therefore \Delta V_{ol} = \alpha_v (V_{ol0})^0 c \Delta t$$

حيث ان المقدار α_v يسمى معامل التمدد الحجمي لغاز تحت ضغط ثابت ونحسب من العلاقة $\alpha_v = \frac{\Delta V_{ol}}{V_{ol0} \Delta t}$

✚ معامل التمدد الحجمي

➤ تعريفه: هو مقدار الزيادة في وحدة الحجم من الغاز عند درجة صفر سليزيوس اذا ارتفعت درجة حرارتها درجة واحدة عند ثبوت الضغط

او هو النسبة بين الزيادة في حجم الغاز الى حجمه الاصلي عند صفر سليزيوس لكل ارتفاع في درجة الحرارة مقداره درجة واحدة عند ثبوت الضغط

$$\alpha_v = \frac{\Delta V_{ol}}{V_{ol0} \Delta t} \quad \text{➤ وحدة قياسه: } ^\circ K^{-1}$$

⚠ لاحظ ان التغير في حجم الغاز عند تسخينه لا يتوقف على نوع الغاز اي ان معامل التمدد الحجمي لجميع الغازات مقدار ثابت تحت ثبوت الضغط ويساوي $1/273$ كلفن⁻¹

عل معامل التمدد الحجمي تحت ضغط ثابت له نفس القيمة لجميع الغازات ويساوي $1/273$ كلفن⁻¹

ج: لان الحجم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بنفس القدر اذا رفعت نفس درجات الحرارة عند ثبوت الضغط

عل الحجم المتساوية من الغازات المختلفة تتمدد بنفس القدر اذا رفعت نفس درجات الحرارة عند ثبوت الضغط

معامل التمدد الحجمي تحت ضغط ثابت له نفس القيمة لجميع الغازات $1/273$ كلفن⁻¹

تجربة شارل لتعيين

● الغرض من التجربة :- ١. تحقيق قانون شارل.

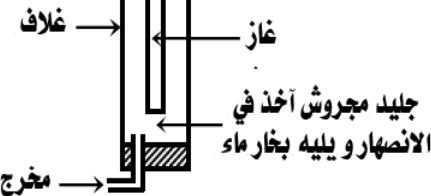
٢. تعيين معامل التمدد الحجمي لغاز عند ثبوت الضغط.

● الخطوات :-

① نملأ الغلاف بجليد مجروش اخذ في الانصهار ثم نتركه فتره مناسبة

حتى يبرد الهواء داخل الانبوبة الى $0^\circ C$ ثم نعين طول عمود الهواء المحبوس

والذي يعتبر مقياسا لحجمه لان الانبوبة منتظمة المقطع (V_{ol})



② نفرغ الغلاف من الجليد والماء ثم نمرر بخار ماء يغلي في الغلاف من اعلى الى اسفل وننتظر فترة مناسبة حتى

تصبح درجة حرارة الهواء المحبوس $100^\circ C$ ونقيس طول عمود الهواء المحبوس والذي يتخذ مقياسا لحجمه $(V_{ol})_{100}$

$$\alpha_v = \frac{\Delta V_{ol}}{V_{ol0} \Delta t} = \frac{V_{ol100} - V_{ol0}}{V_{ol0} \times 100} \quad \text{③ نعين معامل التمدد الحجمي من العلاقة :-}$$

$$\alpha_v = \frac{1}{273} K^{-1} \quad \text{:- ووجد ان}$$

٥ احتياطات التجربة :- ١ - ان يكون الضغط الجوي ثابت اثناء التجربة .

٢ - ان تكون الانبوبة منتظمة المقطع (علل) حتى يكون طول عمود الهواء المحبوس مقياسا لحجمه.

٣ - ان يكون الهواء المحبوس جافا وذلك بوضع قطرة من حمض الكبريتيك المركز في الانبوبة (علل) حتى تمتص بخار الماء لان ضغط بخار الماء يختلف عن ضغط الهواء الجاف مما يعطى نواتج غير د

٤ - نسجل قراءات الحجم عند عدم تحرك قطرة الزئبق (علل) للتأكد من درجة حرارة الغاز المحبوس تساوى درجة حرارة المراد القياس عندها .

٥ - دخول بخار الماء الذي يغلى من الفتحة العليا (علل) ليسخن الهواء المحبوس بسرعة ولا يتكثف حيث يخرج من الفتحة السفلى .

✋ قانون شارل :-

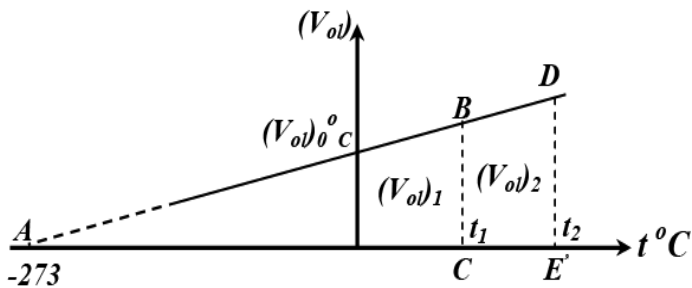
يتناسب حجم كمية معينة من غاز تناسبا طرديا مع درجة حرارته الكلفينية عند ثبوت الضغط .
او عند ثبوت الضغط يزداد حجم كمية من غاز بمقدار $1/273$ من حجمها الاصلى عند صفر سلسيوس لكل ارتفاع في درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة (سيليزية او كلفنية)

📖 مامعني ان معامل التمدد الحجمى لغاز تحت ضغط ثابت يساوى $1/273$ كلفن^{-١}

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

✋ الصيغة الرياضية

✎ تعيين الصفر المطلق عمليا



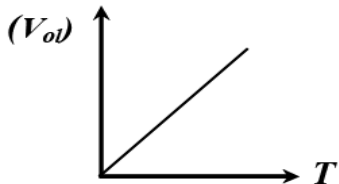
⊙ اذا استخدمنا الجهاز السابق ياخذ عدة قراءات

للحجم عند درجات حرارة مختلفة ثم مثلناها بيانيا

فاننا نحصل على خط مستقيم لا يمر بنقطة الاصل

ويقطع محور وامتداده يقطع محور السينات عند -273°C (الصفر كلفن)

⊙ من الشكل البياني نجد ان ΔABC , ΔADE متشابهان فيكون $\frac{BC}{AC} = \frac{DE}{AE}$



$$\frac{(V_{ol})_1}{273 + t_1} = \frac{(V_{ol})_2}{273 + t_2}$$

$$\frac{(V_{ol})_1}{T_1} = \frac{(V_{ol})_2}{T_2}$$

ومنها

✋ الصفر المطلق (الصفر كلفن) : هو درجة الحرارة التى ينعدم عندها حجم الغاز نظريا عند ثبوت الضغط

⚡ لاحظ ان الغاز عند وصوله للصفر كلفن فانه يبدأ فى التحول من حالته الغازية ثم الى الحالة السائلة ثم

الى الحالة الصلبة ولا تنطبق عليه قوانين الغازات .

⚡ لاحظ ان درجة الحرارة الكلفنية (T) = درجة الحرارة السيليزية (t) + 273

⚡ لاحظ ان ضغط الهواء المحبوس فى جهاز شارل = ضغط قطرة الزئبق + الضغط الجوى (وهو ثابت اثناء التجربة)

س لديك انبوبة شعيرية بها خيط من الزئبق يحبس كمية من الهواء وضع كيف يمكن استخدامها لتعيين حرارة سائل؟

① نضع الانبوبة راسيا وفتحها لاعلى فى اناء به جليد مجروش اخذ فى الانصهار $T_1 = 273^{\circ}\text{K}$ ثم نعين

طول عمود الهواء المحبوس والذي يتخذ مقياسا للحجم لان الانبوبة منتظمة المقطع $(Vol)_1$

② نضع الانبوبة راسيا وفتحها لاعلى فى السائل والذي درجة حرارته T_2 ثم نعين طول عمود الهواء المحبوس

والذى يتخذ مقياسا للحجم لان الانبوبة منتظمة المقطع $(Vol)_2$

③ نعوض فى العلاقة :- $\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_2} = \frac{T_1}{T_2}$ بمعلومية كل من T_1 , $(Vol)_1$, $(Vol)_2$ يمكن تعيين T_2

① يمكن تعيين معامل التمدد الحجمي من العلاقات الآتية :- $\alpha_v = \frac{\Delta V_{ol}}{V_{ol0} \Delta t} = \frac{V_{ol100} - V_{ol0}}{V_{ol0} \times 100}$

$$\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_2} = \frac{1 + \alpha_v t_1}{1 + \alpha_v t_2}$$

② عند استخدام الأنبوبة الشعرية التي تحتوي على قطرة من الزئبق كترموتر فان :-

أقصى درجة حرارة يمكن تعيينها هي التي يصبح عندها.....

طول عمود الهواء المحبوس = طول الأنبوبة - طول قطرة الزئبق وهي داخل الأنبوبة

مثال ١ إذا كان حجم من غاز في صفر درجة سيلزيوس 450 cm^3 فما حجمه عند درجة 91°C بفرض ثبوت الضغط

الحل $\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{450}{(V_{ol})_2} = \frac{273}{91 + 273} = 600 \text{ cm}^3$

مثال ٢ دورق به هواء سخن من 15°C الي 87°C فكم نسبة ما خرج من الهواء الي ما كان موجودا

$$\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_1 + V_{ol}'} = \frac{288}{360}$$

$$\therefore \frac{V_{ol}'}{(V_{ol})_1} = 0.25 = 25\%$$

مثال ٣ أنبوبة شعرية طولها 20 cm بها قطرة زئبق طولها 4 cm في المنتصف تماما كانت درجة الحرارة 27°C احسب اكبر

درجة حرارة يمكن قياسها باستخدام هذه الأنبوبة كم مومتر غازي ثابت الضغط

الحل

أقصى درجة حرارة عندما تصل القطرة الي نهاية الأنبوبة $\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$$\therefore \frac{8}{27 + 273} = \frac{16}{T_2} \Rightarrow T_2 = 600^\circ \text{K}$$

تدريب ١ رفعت درجة حرارة كمية محبوسة من غاز من درجة 27°C الي 87°C عند ثبوت الضغط فزاد حجمها 4 cm^3

اوجد حجم الغاز عند كل من الدرجتين $(20 \text{ cm}^3 - 24 \text{ cm}^3)$

تدريب ٢ اناء اسطواني له مكبس عديم الاحتكاك يحبس كمية من الهواء حجمها 4560 cm^3 عند الصفر سيلزيوس

وعندما سخن الاناء اصبحت درجة حرارة الهواء داخله 100°C احسب المسافة التي يتحركها المكبس حتي

يظل الضغط ثابت اذا علمت ان مساحة مقطع المكبس 250 cm^2 (8 cm)

تدريب ٣ كمية من غاز في درجة حرارة 17°C رفعت درجة حرارتها بمقدار 100°C مع بقاء ضغطها ثابت فزاد

حجمها بمقدار 2.5 cm^3 اوجد حجمها قبل التسخين (7.25 cm^3)

تدريب ٤ اذا كان طول عمود الهواء المحبوس اسفل الزئبق في أنبوبة شعرية راسية والفوهة لاعلي هو 15 cm عندما

كانت درجة الحرارة 27°C ثم وضعت في سائل يغلي فاصبح طول عمود الهواء المحبوس 20 cm احسب درجة

غليان السائل

تدريب ٥ إذا كان طول عمود هواء في أنبوبة شعرية وهو محبوس بقطرة من الزئبق هو 25 cm في درجة 27°C

احسب طولها في درجة 99°C ثم احسب معامل التمدد الحجمي للهواء

تدريب ٦ اذا كانت كثافة الهيدروجين في S.T.P 0.009 Kg/m^3 احسب حجم كتله مقدارها 1 gram من

الهيدروجين عند 200°C وتحت الضغط المعتاد

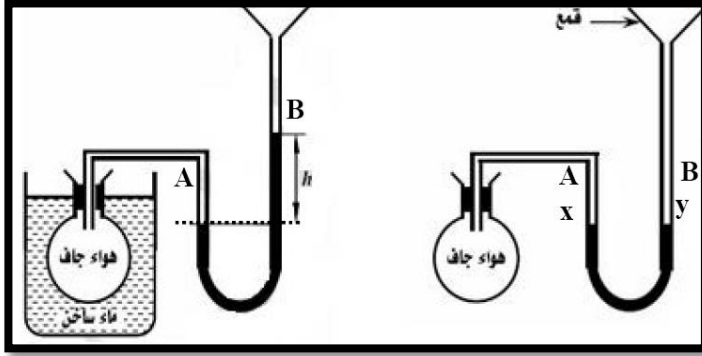
تجربة توضح العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة الحرارة

الغرض من التجربة :-

اثبات ان الضغوط المتساوية من الغازات المختلفة تزداد بنفس المقدار اذا ارتفعت درجة حرارتها بنفس المقدار عند ثبوت الحجم .

الخطوات :-

1 تجزئ دورقا زجاجيا مسدودا بسدادة مطاطية تنفذ منه انبوبة ذات شعبتين A , B وتحتوى على كمية



مناسبة من الزئبق فيستقر سطحى الزئبق فى الشعبتين فى مستوى افقى واحد عند العلامة X فيكون ضغط الهواء المحبوس مساويا للضغط الجوى ونعين درجة الحرارة ولتكن $t_1^{\circ}C$.

2 نغمر الدورق فى حوض به هواء دافىء درجة

حرارته $t_2^{\circ}C$ فنلاحظ انخفاض سطح الزئبق فى

الشعبة A اسفل العلامة X ويرتفع فى الشعبة B

3 نصب زئبقا فى الفرع B حتى يعود الزئبق الى العلامة X لكى يصبح حجم الهواء المحبوس

فى الدورق وهو فى $t_2^{\circ}C$ يساوى حجم الغاز المحبوس وهو فى $t_1^{\circ}C$

4 نعين فرق ارتفاعى الزئبق فى الفرعين وليكن h اى ان ضغط الهواء المحبوس زاد بمقدار h سم زئبق نتيجة

ارتفاع درجة الحرارة من $t_1^{\circ}C$ الى $t_2^{\circ}C$.

5 نجري التجربة السابقة عدة مرات مع ملء الدورق بغاز مخالف فى كل مرة ونعين الزيادة فى ضغط الغاز عند ثبوت حجمه بارتفاع درجة الحرارة بنفس المقدار.

الاستنتاج :-

الضغوط المتساوية من الغازات المختلفة تزداد بنفس المقدار اذا ارتفعت درجة حرارتها بنفس المقدار عند ثبوت الحجم

العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة الحرارة عند ثبوت الحجم

وقد وجد بالتجربة العملية ان مقدار الزيادة فى ضغط الغاز ΔP عند رفع درجة حرارته يتوقف على

1 ضغط الغاز الاصلى عند درجه صفر $\Delta P \propto P_0$

2 مقدار الارتفاع فى درجات الحرارة $\Delta P \propto \Delta t$

$$\Delta P \propto P_0 \Delta t$$

$$\therefore \Delta P = \beta_p P_0 \Delta t$$

حيث ان المقدار β_p يسمى معامل الزيادة لضغط الغاز تحت حجم ثابت ولحسب من العلاقة $\beta_p = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta t}$

معامل زيادة ضغط الغاز β_p - هو مقدار الزيادة فى وحدة الضغوط من الغاز وهى فى درجة الصفر

سليزيوس اذا ارتفعت درجة حرارتها درجة واحدة عند ثبوت الحجم .

او هو النسبة بين الزيادة فى ضغط الغاز الى ضغطه الاصلى عند صفر سليزيوس لكل ارتفاع فى درجة

الحرارة مقداره درجة واحدة عند ثبوت الحجم . $\beta_p = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta t}$ وحدة قياسه K^{-1} ١٢٥

١- معامل زيادة ضغط الغاز تحت حجم ثابت يساوي 1/273 كلفن

ملاحظة: ان التغير في ضغط الغاز عند تسخينه لا يتوقف على نوع الغاز اي ان معامل زيادة ضغط الغاز

جميع الغازات مقدار ثابت تحت ثبوت الحجم ويساوي 1/273 كلفن - ١

تجربة جولي

١- الغرض من التجربة :- ١- تحقيق قانون الضغوط

٢- تعيين معامل زيادة ضغط الغاز عند ثبوت الحجم

الخطوات :-

١ نعين الضغط الجوي وقت اجراء التجربة باستخدام البارومتر

٢ ندخل في المستودع 1/7 حجمه زئبق ليظل حجم الهواء داخل المستودع ثابت في جميع درجات الحرارة .

٣ نغمر المستودع A في كأس به ماء ثم نصب زئبق في الفرع الخالص حتى يرتفع الزئبق في الفرع الاخر عند العلامة X .

٤ نسخن الماء في الكأس حتى يغلي وننتظر حتى يقف انخفاض سطح الزئبق في الفرع المتصل بالمستودع .

٥ نجرك الفرع الخالص C الى اعلى حتى يرتفع الزئبق في الفرع الاخر الى العلامة X ثم نقيس فرق ارتفاع الزئبق في الفرعين

وليكن h ويصبح ضغط الغاز المحبوس $P_{100} = P_a + h$

٦ نجرك الفرع C الى اسفل ثم نوقف التسخين ونترك

المستودع لتتخفض درجة الحرارة الى 90 oC ثم نجرك الفرع الخالص الى اعلى حتى يرتفع الزئبق في الفرع المتصل

بالمستودع الى العلامة X ثم نعين فرق ارتفاع الزئبق وليكن h1

٧ نكرر العمل السابق عدة مرات عند درجات حرارة مختلفة

وفي كل مرة نحسب ضغط الغاز المحبوس عند ثبوت الحجم بنفس الكيفية السابقة .

٨ نعين معامل زيادة ضغط الغاز من العلاقة :-

$$\beta_p = \frac{\Delta P}{P_o \Delta t}$$

وجود ان :- $\beta_p = \frac{1}{273} K^{-1}$

احتياطات التجربة :-

١ - يوضع 1/7 حجم المستودع زئبق (علال) حتى يصبح حجم الغاز داخل المستودع ثابت اثناء تجربته حيث

معامل التمدد الحجمي للزئبق سبع امثال معامل التمدد الحجمي للزجاج .

٢ - يتم تسخين الهواء في المستودع باستخدام حمام مائي دافئ (علال) حتى تنتقل الحرارة مباشرة من اللهب مباشرة

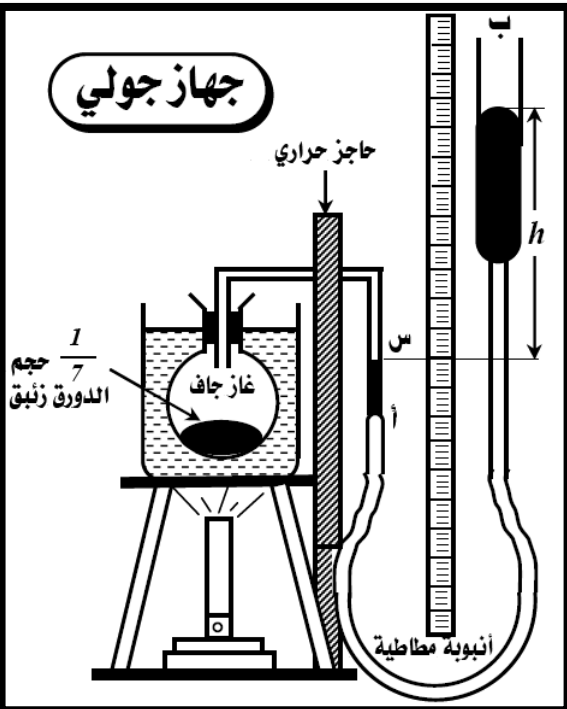
٣ - يكون الجزء الغير مغمور من الانبوبة المتصلة بالمستودع صغير (علال) حتى يمكن اهمال التغير في حجم الهواء بها

٤ - يكون الهواء داخل المستودع جافا (علال) لان وجود اي قطرة ماء تتحول الى بخار ماء له ضغط مختلف عن

ضغط الهواء الجاف مما يعطى نتائج غير دقيقة .

٥ - خفض الانبوبة القابلة للحركة لاسفل قبل ترميد المستودع (علال) حتى لا يندفع الزئبق داخل المستودع بسبب

انكماش الهواء المحبوس نتيجة لتبريده.

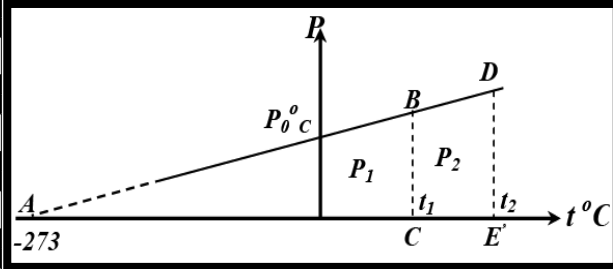


قانون جولي (الضغط)

يتناسب ضغط كمية معينة من غاز تناسباً طردياً مع درجة حرارته الكلفينية عند ثبوت الحجم .
أو عند ثبوت الحجم يزداد ضغط كمية من غاز بمقدار $1/273$ من ضغطها الأصلي عند صفر سلسيوس لكل ارتفاع في درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة (سيليذية أو كلفينية)

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{الصيغة الرياضية :-}$$

تعيين الصفر المطلق عملياً



إذا استخدمنا الجهاز السابق ياخذ عدة قراءات للضغط عند درجات حرارة مختلفة ثم مثلناها بيانياً فاننا نحصل على خط مستقيم لا يمر بنقطة الأصل ويقطع محور امتداده يقطع محور السينات عند -273°C
من الشكل البياني نجد أن $\triangle ABC$ ، $\triangle ADE$ متشابهان فيكون

$$\frac{BC}{AC} = \frac{DE}{AE}$$

$$\frac{P_1}{273 + t_1} = \frac{P_2}{273 + t_2}$$

الصفر المطلق (الصفر كلفن) :- هو درجة الحرارة التي ينعدم عندها ضغط الغاز نظرياً عند ثبوت الحجم .
ويلاحظ أن الغاز عند وصوله للصفر كلفن فإنه يبدأ في التحول من حالته الغازية ثم إلى الحالة السائلة ثم إلى الحالة الصلبة ولا تنطبق عليه قوانين الغازات .

معامل زيادة ضغط الغاز تحت حجم ثابت له نفس القيمة لجميع الغازات ويساوي $1/273$ كلفن⁻¹

جـ : لأن الضغوط المتساوية من الغازات المختلفة تزداد بمقادير متساوية عند رفع درجة حرارتها بنفس المقدار عند ثبوت الحجم .

الضغوط المتساوية من الغازات المختلفة تزداد بمقادير متساوية عند رفعها نفس درجات الحرارة عند ثبوت الحجم

جـ : لأن معامل زيادة ضغط الغاز تحت حجم ثابت له نفس القيمة لجميع الغازات ويساوي $1/273$ كلفن⁻¹

يمكن تعيين معامل زيادة ضغط الغاز من العلاقات الآتية :- $\beta_p = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta t} = \frac{P_{100} - P_0}{P_0 \times 100}$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1 + \beta_p t_1}{1 + \beta_p t_2}$$

مثال ١ وصل مانومتر بمستودع للغاز عند سفح جبل حيث درجة الحرارة 27°C والضغط الجوي 75cmHg فكان سطحا الزئبق في الفرعين في مستوي أفقي واحد وعندما صعد به شخص إلى قمة الجبل حيث درجة الحرارة 3°C لم يحدث تغير لسطحي الزئبق في المانومتر احسب ارتفاع الجبل علماً بأن كثافة الزئبق 13600Kg/m^3 وكثافة الهواء 1.02Kg/m^3

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{75}{P_1} = \frac{300}{276}$$

الحل

$$\therefore P_2 = 69\text{cmHg}$$

$$\therefore \Delta P = P_1 - P_2 = 75 - 69 = 6\text{cmHg}$$

$$\therefore \rho_1 h_1 g = \rho_2 h_2 g \Rightarrow 13600 \times 6 \times 10^{-2} = 1.02 \times h_2$$

$$\therefore h_2 = \frac{136 \times 6}{1.02} = 800\text{m}$$

القانون العام للغازات

حاصل ضرب حجم كمية معينة من غاز في ضغطها مقسوما على درجة حرارتها على تدرج كلفن يساوي مقدار ثابت .

● استنتاج القانون العام للغازات

من قانون بويل $\therefore V_{ol} \propto \frac{1}{P}$ من قانون شارل $\therefore V_{ol} \propto T$

فيصبح $\therefore V_{ol} \propto \frac{T}{P}$

$$\therefore V_{ol} = \text{const} \frac{T}{P} \quad \therefore \frac{PV_{ol}}{T} = \text{const}$$

● الصيغة الرياضية :- ① $\frac{PV_{ol}}{T} = \text{const}$ او $PV_{ol} = nRT$ حيث n عدد مولات الغاز

$$\frac{P_1 V_{ol1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{ol2}}{T_2}$$

② القانون العام بدلالة الكثافة :- $\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2}$ بفرض ثبوت الكتلة

③ القانون العام بدلالة الكتلة :-

عند تغير الكتلة وثبوت الحجم نعوض في العلاقة السابقة عن الكثافة $\frac{P_1}{m_1 T_1} = \frac{P_2}{m_2 T_2}$

✋ الثابت العام للغازات

➤ تعريف كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة مول واحد من الغاز درجة واحدة كلفنية

➤ وحدة قياسه : J/mol.°k

📖 **مما يعني ان الثابت العام للغازات = 8.31 J/mol.°k**

جـ : اي ان كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة مول واحد من الغاز درجة واحدة كلفنية = 8.31 J

➤ حساب الثابت العام للغازات

اذا اخذنا مول واحد من الغاز في معدل الضغط ودرجة الحرارة (S.T.P) حيث الضغط يساوي 76cmhg ودرجة الحرارة تساوي الصفر سيلزيوس وحجم المول 22.4 لتر

$$R = \frac{PV_{ol}}{T} = \frac{76 \times 13600 \times 10^{-2} \times 9.8 \times 22.4 \times 10^{-3}}{273} = 8.31 \text{ J / mol}^\circ \text{K}$$

📝 ملاحظات كالم المسائل

١- عند خلط عدة غازات :-

فان عدد المولات للخليط = عدد مولات الغاز الاول + عدد مولات الغاز الثاني + عدد مولات الغاز الثالث

$$n = n_1 + n_2 + n_3$$

$$\frac{PV_{ol}}{T} = \frac{P_1 V_{ol1}}{T_1} + \frac{P_2 V_{ol2}}{T_2} + \frac{P_3 V_{ol3}}{T_3}$$

٢- في حالة انتفاخين متصلين ببعضهما وعند تغير الظروف مثل درجة الحرارة والحجم والضغط

$$\frac{P_1 V_{ol1}}{T_1} + \frac{P_2 V_{ol2}}{T_2} = P \left(\frac{V_{ol1}}{T_1} + \frac{V_{ol2}}{T_2} \right)$$

مثال ١ فقاعة هوائية علي عمق 10m تحت سطح الماء العذب حيث درجة الحرارة 7°C وكان حجمها 23cm^3 احسب حجمها قبل ان تصل الي السطح مباشرة بفرض ان درجة حرارة السطح 17°C

الحل

$$\therefore \frac{P_1 V_{ol1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{ol2}}{T_2}$$

$$\frac{1.013 \times 10^5 \times V_{ol}}{290} = \frac{1.993 \times 10^5 \times 23}{280}$$

$$\therefore V_{ol} = 46.68\text{cm}^3$$

مثال ٢ كتله من غاز الاكسجين تشغل حجما قدرة 550 لتر عند 5°C وتحت ضغط $1.013 \times 10^5 \text{N/m}^2$ احسب قيمة الحجم عند درجة 30°C وتحت ضغط $1.066 \times 10^5 \text{N/m}^2$

الحل

$$\therefore \frac{P_1 V_{ol1}}{T_1} = \frac{P_2 V_{ol2}}{T_2}$$

$$\frac{1.013 \times 10^5 \times 550}{278} = \frac{1.066 \times 10^5 \times V_{ol2}}{293}$$

$$\therefore V_{ol2} = 570\text{L}$$

مثال ٣ غاز حجمه 15 لتر من غاز النيتروجين في درجة حرارة 20°C فاذا رفعت درجة حرارتها الي 30°C فأصبح الحجم 15.512L في نفس الضغط احسب من ذلك معامل التمدد الحجمي للغاز بفرض ثبوت الضغط

الحل

$$\frac{(V_{ol})_1}{(V_{ol})_2} = \frac{1 + \alpha_v t_1}{1 + \alpha_v t_2}$$

$$\frac{15}{15.512} = \frac{1 + \alpha_v \times 20}{1 + \alpha_v \times 30} \Rightarrow \therefore \alpha_v = 3.663 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

مثال ٤ اذا كانت كثافة غاز النيتوجين عند درجة الحرارة والضغط القياسي هي 1.25Kg/m^3 فعين كثافة النيتروجين عند درجة الحرارة 42°C وتحت ضغط قيمته $0.97 \times 10^5 \text{N/m}^2$

الحل

$$\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2}$$

$$\frac{1.013 \times 10^5}{1.25 \times 273} = \frac{0.97 \times 10^5}{\rho_2 \times 115} \Rightarrow \rho_2 = 1.04 \text{Kg} / \text{m}^3$$

مثال ٥ احسب كثافة غاز الميثان عند درجة حرارة 20°C وتحت ضغط $5 \times 10^5 \text{N/m}^2$ علما بان الوزن الجزيئي له 16

الحل كثافة الميثان في S.T.P

$$\rho = \frac{m}{V_{ol}} = \frac{0.016}{0.0224} = 0.714 \text{Kg} / \text{m}^3$$

$$\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2} \Rightarrow \therefore \frac{1.013 \times 10^5}{0.714 \times 273} = \frac{5 \times 10^5}{\rho \times 293} \Rightarrow \therefore \rho = 3.29 \text{Kg} / \text{m}^3$$

الندم علي السكوت خير من الندم عن القول

مع تحياتي

أ/ زكريا مختار ٠١٠٧٢٠٧٣٠٩

الفصل السابع

النظرية الحركية للغازات

عند دراسة سلوك الغاز يوجد نوعين من الدراسات

أولا الدراسة الماكروسكوبية للغاز :-

هى دراسة خواص الغاز من حيث الضغط والحجم ودرجة الحرارة وهذه الدراسة ادت الى استنتاج قوانين الغازات وهى مبنية على المشاهدات العملية .

الدراسة الميكروسكوبية للغاز :-

هى دراسة حركة جزيئات الغاز العشوائية وادت الى استنتاج فروض نظرية الحركة مثل طاقة حركة الجزي وكمية تحرك الجزيء .

فروض نظرية الحركة للغازات:

- 1 يتكون الغاز من جزيئات يمكن اعتبارها كرات صغيرة تامة المرونة وتتبع قوانين نيوتن للحركة .
- 2 المسافات الجزيئية للغازات كبيرة نسبيا لذلك يمكن اهمال حجم جزيئات الغاز بالنسبة للحجم الذى يشغله الغاز.
- 3 قوى التماسك الجزيئية بين جزيئات الغاز ضعيفة جدا يمكن اهمالها لذا سرعة الجزيئات تكون كبيرة
- 4 الجزيئات لها طاقة حركة بينما طاقة الوضع صفر.
- 5 تتحرك جزيئات الغاز باستمرار حركة عشوائية بسبب تصادمها مع بعضها ومع جدران الاناء وتحرك بين التصادمات المتتالية فى خطوط مستقيمة .
- 6 التصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة .
- 7 الغاز فى اتزان حرارى مع جدار الاناء .

متوسط المسار الحر :- متوسط المسافة التى التى يتحرك فيها الجزيء قبل التصادم مع جزيء اخر

علل متوسط المسار الحر ثابت لجميع الغازات

جـ : لانه لا يتوقف على كتلة جزيء الغاز كما ان طاقة الوضع للجزيئات = صفر (لذلك) فان حجم معين من غاز فى S.T.P يحتوى على نفس العدد من الجزيئات بصرف النظر عن نوع الغاز .

علل يمكن اهمال حجم الغاز بالنسبة الى الحجم الكلى للغاز

جـ : لان حجم جزيئات الغاز صغير جدا بالنسبة للمسافات البينية بين جزيئات الغاز

علل سرعة جزيئات الغاز ثابتة رغم تصادمها معا ومع جدران الاناء الحاوى

جـ : لان التصادمات الحادثة تصادمات مرنة لا ينتج عنها اى فقد فى الطاقة

المول Mole : هو كمية المادة التى لها كتلة بالجرام تساوي الوزن الذري او الجزيئي للمادة الجرامية لعنصر

وقد اتفق العلماء ان المول من اى غاز يحتوى على عدد ثابت من الذرات او الجزيئات يسمى عدد أفوجادرو ويساوى 6.023×10^{23} ذرة

عدد أفوجادرو : هو عدد الذرات الموجودة فى مول من العنصر

أو هو عدد الجزيئات الموجودة فى مول من المادة (المركب)

قانون أفوجادرو: "الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوى على نفس العدد من الجزيئات إذا كانت

تحت الظروف من الضغط ودرجة الحرارة"

علل المول من اى الغاز تحت نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة يشغل حجم ثابت ؟

جـ : لان المول من الغاز فى S.T.P يحتوى على نفس العدد من الجزيئات والمسافات بينها ثابتة لا تتغير من غاز لآخر فيكون للمول نفس الحجم .

استخدام نظرية الحركة للغازات في:

- 1 حساب كثافة الغاز
- 2 حساب ضغط الغاز
- 3 حساب درجة الحرارة

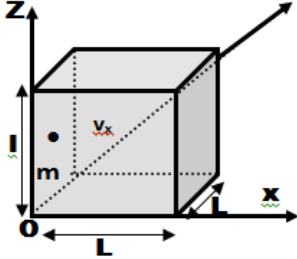
أولاً: حساب كثافة الغاز: (ρ) كجم/م³

نفرض انه لدينا غاز حجمه (V_{ol}) ويحتوي على (N) جزيئاً وكتلة الجزيء الواحد (m) فإن:-

$$\rho = \frac{m}{V_{ol}} = \frac{N \times m}{V_{ol}} = n_o m$$

كثافة الغاز في ضوء نظرية الحركة: تساوي عددياً مجموع كتل جزيئات الغاز في وحدة الحجم

ثانياً: حساب ضغط الغاز (P)



1 نتصور أن لدينا وعاء مكعب الشكل طول ضلعه L يحتوي على جزيء واحد من الجزيئات وكتلة الجزيء (m) ويتحرك الجزيء بسرعة متوسطة في اتجاه X هي V_x وبالتالي الضغط المؤثر على جدران الوعاء لتصادم جزيء الغاز مع هذه الجدران. وحيث الضغط P هو القوة العمودية لوحدة المساحات حيث $P = \frac{F}{A}$

2 كمية الحركة الخطية للجزيء قبل التصادم P_L تكون $P_L = mV_x$

3 كمية التردد بعد التصادم $-mV_x$

4 وبالتالي التغير في كمية الحركة تساوي الفرق بين كمية الحركة قبل التصادم وبعده ولأن التصادم مرن

$$\Delta P_L = -mV_x - mV_x = -2mV_x$$

5 وطبقاً لقانون نيوتن الثاني فإن القوة التي يؤثر بها الجزيء على الجدار $F = \frac{\Delta P_L}{\Delta t} = \frac{2mV_x}{\Delta t}$

6 الدفع الذي يعطيه الجزيء للجدار يحسب من العلاقة

$$I_{imp} = F\Delta t = \Delta P_L = 2mV_x$$

7 وحيث ان الفترة الزمنية التي يرتطم بها الجزيء بالجدار صغيرة جداً وغير معروفة ويصعب تحديدها فاننا

$$t_{av} = \frac{2L}{V_x}$$

نعين الزمن المتوسط بين تصادمات الجزيئات مع جدران الاناء

8 وتكون القوة التي يؤثر بها الجزيء على الجدار $F_{av} = \frac{\Delta P_L}{\Delta t} = \frac{2mV_x}{2L/V_x} = \frac{mV_x^2}{L}$

9 ويكون الضغط المؤثر على جدران الاناء $\therefore P = \frac{NmV_x^2}{V_{ol}} = \rho V_x^2$

10 واذا كان عدد الجزيئات N

10 وبالتعميم للاتجاهات الثلاثة (X, Y, Z) نجد أن: $V^2 = V_x^2 + V_y^2 + V_z^2$

ولأن حركة الجزيئات متساوية الاحتمال فإن: $V_x^2 = V_y^2 = V_z^2$

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

وحيث لا توجد أفضلية لاتجاه عن الآخر لذلك $V^2 = 3V_x^2$ وبالتالي

حيث V^2 متوسط مربع سرعات جزيئات الغاز و ρ هي كثافة الغاز

❗ **لا حظ:** ① متوسط سرعة جزيئات الغاز V^2 تتوقف على درجة الحرارة فقط للغاز الواحد $V^2 \propto T$

② لحساب عدد التصادمات التي يحدثها جزيء الغاز في الثانية حيث $V = \frac{V}{2L}$ متوسط سرعة جزيء الغاز

③ يزداد ضغط الغاز بزيادة معدل التصادمات مع جدران الاناء ويكون ذلك بنقص طول المسار او رفع درجة الحرارة

④ كثافة الغاز تختلف باختلاف نوع الغاز لذا فإن جذر متوسط مربع سرعة جزيئات الغاز يقل بزيادة كثافته

هيدروجين أصغر من ρ للأكسجين ، لذلك فإن V للأكسجين تكون أصغر من V للهيدروجين ، لأن العلاقة

$$\text{بين جذر متوسط مربع سرعة جزيئات الغاز ، } \sqrt{\rho} \text{ عكسية عند ثبوت درجة الحرارة } \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

⑤ ثبوت درجة حرارة واحدة جذر متوسط مربع سرعة الجزيئات عكسيا مع الجذر التربيعي لكتلة الجزيء

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

$$V = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

⑥ لحساب جذر متوسط سرعة الجزيئات

$$\therefore n = \frac{N}{V_{oL}} = \frac{3P}{mV^2}$$

⑦ لحساب عدد الجزيئات لوحدة الحجم

علل

الرغم أن الضغط يحسب بدلالة جذر متوسط مربع سرعة جزيئاته إلا أن تغير الضغط لا يغير من سرعة جزيئاته ؟

جـ : لأن العلاقة بين الضغط والكثافة علاقة طردية عند ثبوت درجة الحرارة فيظل المقدار $\sqrt{\frac{3P}{\rho}}$ ثابت

علل

لا يوجد غازي الهيدروجين والهيليوم في جو الأرض ؟

جـ : لأن جذر متوسط مربع سرعة جزيئاتها كبير جداً لصغر كثافتهما ، أكبر من سرعة الهروب (الإفلات) لذا

تستطيع الإفلات من الجاذبية الأرضية

ثالثاً : حساب درجة الحرارة :

$$\textcircled{1} \therefore P = \frac{1}{3} \rho V^2 = \frac{1}{3} \frac{Nm}{V_{oL}} V^2$$

$$\textcircled{2} \therefore 3PV_{oL} = NmV^2 \rightarrow \therefore PV_{oL} = nRT$$

$$\textcircled{3} \therefore 3nRT = NmV^2$$

$$\textcircled{4} \therefore 3RT = N_A mV^2$$

وعندما يكون عدد المولات واحد مول يكون عدد الجزيئات عدد افوجادرو

$$\textcircled{5} \therefore K = \frac{R}{N_A}$$

حيث هو ثابت بولتزمان

$$\textcircled{6} \therefore 3KT = mV^2 \rightarrow$$

بالضرب في $\frac{1}{2}$

$$\therefore \frac{3}{2} KT = \frac{1}{2} mV^2$$

❖ تربط العلاقة تربط بين دراسة ماكروسكوبية $\frac{1}{2} mV^2$ ودراسة ميكروسكوبية ودرجة الحرارة (T) كمية

ماكروسكوبية وبالتالي كمية ميكروسكوبية

❖ تنطبق العلاقة السابقة على الذرات و الإلكترونات في الفلزات ولجميع الجسيمات المتحركة عشوائيا مثل

البروتون والإلكترون وجسيم ألفا

● تتوقف صحة معادلات الغاز المثالي عن التطبيق وتتحول الغازات المعروفة لسوائل في درجات الحرارة المنخفضة وتوجد طاقة سكون **Rest Energy** حسب اينشتاين عند الصفر المطلق

✋ **طاقة السكون** هي الطاقة التي تمتلكها جزيئات المادة عند الصفر كلفن

● عندما تقل درجة الحرارة فإن سرعة حركة الجزيء تقل وتصبح مساوية للصفر عند درجة الصفر كلفن ✋ **تعريف الصفر كلفن**: هو درجة الحرارة التي ينعدم عندها متوسط طاقة حركة جزيئات الغاز وتقابل

$$\frac{1}{2}mV^2 = \text{Zero} \therefore V = 0 \quad (-273^\circ\text{C}) \quad \text{حيث:}$$

علل ليس من الدقة تعريف الصفر كلفن بالدرجة التي ينعدم عندها ضغط الغاز نظريا عند ثبوت الحجم

او درجة الحرارة التي ينعدم عندها حجم الغاز نظريا عند ثبوت الضغط ولكن الادق ان يعرف بدرجة الحرارة التي ينعدم عندها متوسط طاقة حركة الجزيء.

ج: لان الغاز سوف يتحول الى سائل او صلب قبل ان يصل الى هذه الدرجة وحينئذ لا يخضع لقوانين الغازات والادق هو درجة الحرارة التي ينعدم عندها طاقة حركة الجزيئات طبقا للعلاقة ويصبح للغاز طاقة سكون

✍ **ملاحظات هامة**

① متوسط طاقة حركة الجزيئات ($\frac{1}{2}mv^2$) لأي غاز يتوقف على درجة الحرارة (T) على تدرج كلفن فقط ولا يتوقف على ضغط الغاز او حجمه

② متوسط طاقة حركة جزيئات الغاز ($\frac{1}{2}mv^2$) متساو عند نفس درجة الحرارة

③ جذر متوسط مربع سرعة

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

جزيئات الغاز (V) يتناسب طرديا مع \sqrt{T} لنفس الغاز

④ يزداد (P) بزيادة درجة الحرارة (T) عند ثبوت (V) بسبب زيادة ($\frac{1}{2}mv^2$) فيزداد معدل عدد التصادمات مما يؤدي الى زيادة السرعة

علل عدم وجود غلاف غازي لكوكب عطارد ؟

ج: نظراً لقربه من الشمس وارتفاع درجة حرارته تزيد من سرعة جزيئاته الغازية أكبر من سرعة الهروب من جاذبيته

علل احتواء جو الشمس على نسبة كبيرة من غاز الهيدروجين؟

ج: لأن متوسط سرعة غاز الهيدروجين أقل بكثير من سرعة الهروب من الجاذبية للشمس وبالتالي لا يتمكن الهيدروجين من الإفلات من جاذبيته

✍ **ملاحظات**

$$V = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3KT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

① حساب جذر مربع متوسط سرعة جزيئات الغاز

② سرعة جزيئات الغاز تتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لدرجة الحرارة المطلقة

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

③ للمقارنة بين جذر متوسط سرعة جزيئات الغاز عند درجتين مختلفتين (نفس الغاز)

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{T_1 m_2}{T_2 m_1}}$$

④ اذا كانت الغازات مختلفة يتوقف جذر متوسط سرعة الجزيئات على
١. درجة الحرارة ٢. كتله الجزيئية

⑤ للمقارنة بين جذر متوسط سرعة جزيئات غازين مختلفين عند نفس درجة الحرارة

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

$$KE = \frac{3}{2} KT = \frac{1}{2} mV^2$$

٦ حساب متوسط طاقة حركة جزيء واحد فان

اما لحساب متوسط طاقة حركة لعدد من الجزيئات = متوسط طاقة حركة الجزيء الواحد × عدد الجزيئات

$$KE = N\left(\frac{3}{2} KT\right) = N\left(\frac{1}{2} mV^2\right) \quad \text{or} \quad KE_{\text{مول}} = N_A\left(\frac{3}{2} KT\right)$$

علل يكون الضغط داخل اطار سيارة عند نهاية رحلة طويلة اكبر من الضغط داخل الاطار عند بدء الرحلة

ج : لان ارتفاع درجة حرارة هواء الاطار اثناء الرحلة نتيجة الاحتكاك مع الارض يسبب زيادة جذر متوسط مربع سرعات جزيئات الغاز فيزداد معدل التصادمات ويزداد الضغط

س : النسبة بين جذر متوسط مربع سرعة جزيء الهيدروجين الى جذر متوسط مربع سرعة جزيء الاكسجين عند نفس درجة الحرارة اكبر من الواحد لانه عند ثبوت درجة الحرارة تتناسب جذر متوسط مربع سرعة جزيء الغاز عكسياً مع الجذر التربيعي لكثافته

لاحظ ان

النسبة بين متوسط طاقة حركة جزيء الهيدروجين الى متوسط طاقة حركة جزيء الاكسجين عند نفس درجة الحرارة تساوى الواحد لانه عند ثبوت درجة الحرارة تثبت متوسط طاقة حركة جزيء الغاز

علل كمية من الغاز اكتسبت طاقة حرارية ومع ذلك عدد التصادمات كل ثانية ثابتا

ج : عندما يكتسب الغاز طاقة حرارية فان جذر متوسط مربع سرعات جزيئات الغاز تزداد (V) ولكن يزداد حجم

want to capture.

الفصل السابع : نظرية الحركة للغازات

* ما معنى كل مما يأتى أو ماذا نقصد بـ :

- ١ - ماذا نعنى أن ثابت بولتزمان $(K) = 1.38 \times 10^{-23}$ جول / كلفن ؟
- ٢ - ماذا نعنى أن عدد أفوجادرو $(N_A) = 6.023 \times 10^{23}$ جزيء ؟
- ٣ - ما معنى أن الثابت العام للغازات $= 8.31$ جول / مول . كلفن ؟
- ٤ - ما معنى انعدام الحجم أو الضغط للغاز عند صفر كلفن ؟
- ٥ - ما معنى طاقة السكون ؟

* استنتج أن أو أثبت أن أو أوجد العلاقة الآتية :

١ - مستعينا بقروض نظرية الحركة للغازات استنتج علاقة ضغط الغاز فى حيز ما مع سرعة جزيئاته إذا كان الحيز على شكل مكعب . (مصر ١٩٩٠ - الأزهر ١٩٩٠)

٢ - إذا علمت أن القوة التى يؤثر بها الجزيء الواحد لغاز على السطح الداخلى لإناء مكعب

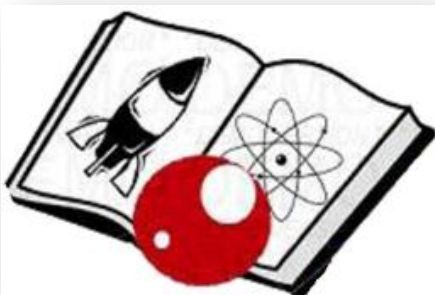
فى وحدة الزمن تساوى $\frac{mv^2 \times N}{L}$ حيث : m كتلة الجزيء ، v^2 متوسط مربع

سرعة الجزيئات ، L نصف قطر الإناء . أثبت أن $(P = \frac{1}{3} \rho v^2)$ حيث P هى

ضغط الغاز ، ρ هى كثافة الغاز . (مصر ١٩٩٧ مايو)

٣ - مستعينا بنظرية الحركة للغازات أثبت نظرياً أن درجة الحرارة للغاز تتناسب تناسباً طردياً مع متوسط طاقة حركة جزيئاته . (السودان ١٩٩٢ - مصر ٢٠٠٠)

- ٤ - أثبت أن درجة حرارة الغاز الكلفينية تتناسب طردياً مع متوسط طاقة حركة جزيئاته .
- ٥ - أثبت أن متوسط مربع سرعة جزيئات الغاز تتوقف على درجة حرارته فقط ولا تتوقف على ضغطه .
- ٦ - من العلاقة $(P = \frac{1}{3} \frac{Nm v^2}{V_{oL}})$ أثبت صحة قانون بويل .
- ٧ - مستخدماً العلاقة $(P = \frac{1}{3} \rho v^2)$ استنتج تعبيراً لجذر متوسط مربع سرعة جزيئات الغاز بدلالة درجة الحرارة الكلفينية . (مصر ٢٠٠٠)
- ٨ - من العلاقة $(P = \frac{1}{3} \rho v^2)$ كيف تحقق كل من :
(أ) قانون بويل .
(ب) قانون شارل .
- ٩ - استنتج مفهوم درجة الحرارة من نظرية الحركة للغازات وأثبت أن طاقة الحركة لجزيئات الغاز تتناسب تناسباً طردياً مع درجة الحرارة كلفن .
- ١٠ - مستعيناً بقيمة ضغط الغاز كما يتعين من نظرية الحركة للغازات $(P = \frac{1}{3} \rho v^2)$ كيف تحقق كل من : (أ) قانون الضغوط .
(ب) القانون العام للغازات .
- ١١ - استنتج العلاقة التي يمكن بواسطتها حساب ضغط الغاز .
- ١٢ - مستخدماً العلاقة $P = \frac{1}{3} \rho v^2$ حيث P ضغط الغاز ، ρ كثافته ، v^2 متوسط مربع سرعة جزيئاته . بين كيف نستنتج تعبيراً لكل من :
(أ) جذر متوسط مربع سرعات جزيئات الغاز .
(ب) متوسط طاقة حركة جسيم حر .
- ١٣ - جزيء غاز كتلته (m) يتحرك بسرعة (v) في اتجاه عمودي على السطح الداخلي لإناء مكعب الشكل طول ضلعه (L) أثبت أن التغير الكلي في كمية تحرك الجزيء في وحدة الزمن $\frac{mv^2}{L}$. (مصر ٢٠٠١ دور مايو)
- ١٤ - يتعين ضغط الغاز من نظرية الحركة بواسطة العلاقة $P = \frac{1}{3} \rho v^2$ ومن القانون العام للغازات في حالة الوزن الجزيئي بالجرامات $PV_{oL} = nRT$ وبمعرفة العلاقة بين ثابت بولتزمان والثابت العام للغازات $K = \frac{R}{N_A}$. أثبت أن متوسط طاقة حركة جزيء الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن . (مصر ٢٠٠١ دور مايو)



سلسلة مذكرات سيمها في الفيزياء،
اعداد وتنفيذ / زكريا مفتار مدرس الفيزياء،

مشرفاً أقسام الفيزياء، بهتدي بوابة الثانوية العامة

Email: zakaria_mokhtar@hotmail.com