الوحدة الثانية : « الغازات »

١- خواص الغازات : P- العلاقة بين حجم الغاز وضغطه (قانون بويل) :

تبيّن التجربة : ① عندما يزداد الضغط المطبق على عينة من غاز
ينقص حجمه (بثبات درجة حرارته)
ويبقى عدد مولات الغاز في العينة ثابتاً .

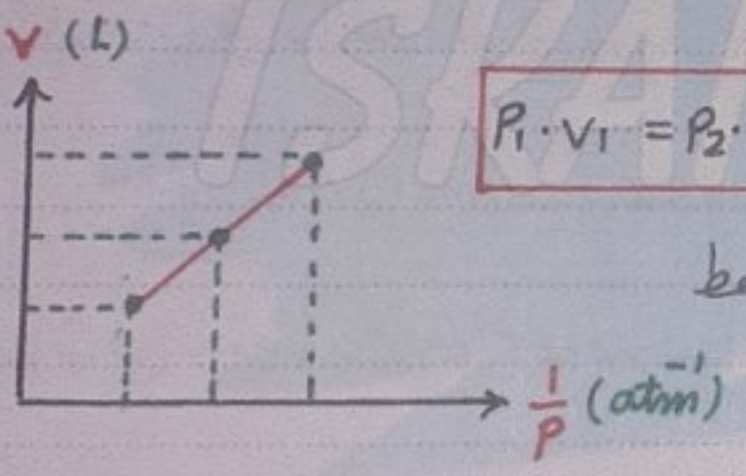
② جداء حجم عينة من غاز في ضغطه مقدار ثابت (عند درجة حرارة ثابتة)

أي $P \cdot V = const$ «قانون بويل» . وبالتالي $V = const \times \frac{1}{P}$

لذلك إذا رسمنا الخط البياني الممثل لتغيرات حجم العينة من الغاز مع مقلوب الضغط المطبق عليه (بثبات درجة الحرارة) نجده خط مستقيم ميله ($m = const$). أي أنه :
« حجم عينة من غاز (عند درجة حرارة ثابتة) يتناسب عكساً مع الضغط المطبق عليه »

فائدة : في الكيمياء : واحدة الكتلة (g غرام)
وواحدة الحجم (L ليتر)
و الضغط (atm)
في الفيزياء : واحدة الكتلة (kg كيلوغرام)
وواحدة الحجم (m^3 متر مكعب)
وواحدة الضغط (Pa باسكال)
حيث $1L = 10^{-3} m^3$ ، $1g = 10^{-3} Kg$
$1 atm = 1.013 \times 10^5 Pa$

فائدة أخرى : ترتبط درجة الحرارة المئوية (t) بدرجة الحرارة المطلقة (T) بالعلاقة $T = t + 273$
T: درجة كلفن °K ، t: درجة سليسيوس °C



ملاحظة : يمكن كتابة قانون (بويل) بالشكل الآتي $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \dots = const$

تطبيق - ١ : عينة من غاز (NO_2) حجمها (1.5 L) عند الضغط ($5.6 \times 10^3 Pa$) ، احسب حجم الغاز في هذه العينة عندما يصبح ضغطه ($1.5 \times 10^4 Pa$) بثبات درجة الحرارة

الحل : حسب قانون بويل : $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Leftarrow V_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{P_2} \Leftarrow V_2 = \frac{5.6 \times 10^3 \times 1.5}{1.5 \times 10^4} \Leftarrow V_2 = 0.56 L$

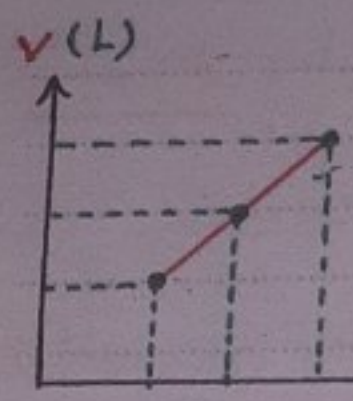
نشاط - ١ : يحوي مكبس غاز حجمه (1 L) عند الضغط الجوي النظامي (1 atm) ، احسب قيمة الضغط المطبق عليه ليصبح حجمه (300 mL) مع بقاء درجة الحرارة ثابتة .

الحل : حسب قانون بويل : $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Leftarrow P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2} \Leftarrow P_2 = \frac{1 \times 1}{300 \times 10^{-3}} \Leftarrow P_2 = 3.33 atm$

ب - العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة (قانون شارل) :

تبيّن التجربة : ① عندما تزداد درجة حرارة عينة من غاز يزداد حجمها (بثبات الضغط المطبق عليها)
ويبقى عدد مولات الغاز في العينة ثابتاً .
② نسبة حجم عينة من غاز إلى درجة حرارته (مقدرة °K) ثابتة (بثبات الضغط)

أي $\frac{V}{T} = const$ «قانون شارل» وبالتالي $V = const \times T$



لذلك إذا رسمنا الخط البياني المُمثل لتغيرات حجم العينة من الغاز مع درجة حرارته المطلقة (بثبات الضغط) نجده خط مستقيم ميله ($m = const$). أي أنه :

« حجم عيّنة من غاز (عند ضغط ثابت) يتناسب طرداً مع درجة الحرارة المطلقة للغاز »

ملاحظة : يمكن كتابة قانون (شارل) بالشكل الآتي $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = ... = const$

تطبيق 2 - : يبلغ حجم عينة من غاز (2.58 L) عند درجة الحرارة (15 °c) وضغط ثابت
احسب الحجم الذي تشغله هذه العينة عند تسخينها إلى الدرجة (38 °c) (وبقاء الضغط ثابت)

الحل : حسب قانون شارل : $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Leftarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} \Leftarrow V_2 = \frac{2.58(38+273)}{(15+273)} \Leftarrow V_2 = 2.79\ L$

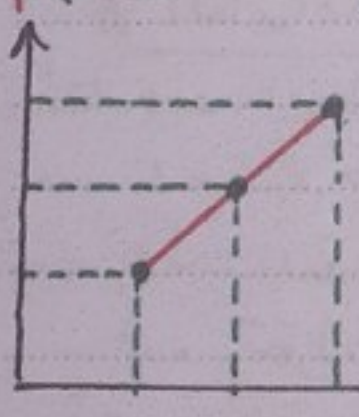
نشاط 2 - : يبلغ حجم عينة من غاز النيون (0.3 L) عند الدرجة (330 °K) وضغط ثابت، تُسخن هذه العينة إلى الدرجة (550°K) مع بقاء الضغط ثابتاً. احسب حجم هذه العينة عندئذ.

الحل : حسب قانون شارل : $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Leftarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} \Leftarrow V_2 = \frac{0.3 \times 550}{330} \Leftarrow V_2 = 0.5\ L$

هـ- العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة الحرارة (قانون غاي - لوساك) :

تبيّن التجربة : ① عندما تزداد درجة حرارة عينة من غاز يزداد ضغطها (بثبات حجم العينة) ويبقى عدد مولات الغاز في العينة ثابتاً.
② نسبة ضغط عينة من غاز إلى درجة حرارته (مقدرة °K) ثابتة (بثبات الحجم).

أي $\frac{P}{T} = const$ «قانون غاي-لوساك» وبالتالي $P = const \times T$



لذلك إذا رسمنا الخط البياني المُمثل لتغيرات ضغط العينة من الغاز مع درجة حرارته المطلقة (بثبات الحجم) نجده خط مستقيم ميله ($m = const$). أي أنه :

« ضغط عينة من غاز (عند حجم ثابت) يتناسب طرداً مع درجة حرارته المطلقة »

ملاحظة : يمكن كتابة قانون (غاي - لوساك) بالشكل الآتي $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = ... = const$

ملاحظة عامة : في معادلات الغازات الثلاث السابقة [بويل - شارل - (غاي - لوساك)] - يجب أن تكون واحدات الطرف الأول هي نفس واحدات الطرف الثاني.

تطبيق-3 : علبة معدنية تحوي غاز البوتان، ضغطه (360 K.Pa) عند درجة حرارة (27°c). احسب قيمة الضغط الجديد للغاز في العلبة إذا تركت في سيارة وارتفعت درجة حرارتها إلى (50°c) في يوم حار (باهمال تمدد العلبة).

الحل: حسب قانون غاي - لوساك $\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$ ⇐ $\frac{360}{27+273}=\frac{P_2}{50+273}$ ⇐ $P_2=387.6\ K.Pa$

4 - العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه (قانون أفوغادرو):

تجربة: ① أن حجم مول واحد من أي غاز في الشروط النظامية (P=1 atm ، t=0°c) يساوي (22.4 L). وبالتالي: يشغل المول الواحد من أي غاز الحجم ذاته في الشروط المتماثلة من الضغط ودرجة الحرارة. ويدعى الحجم المولي ويرمز له V_{mol}.

ويعبّر عن هذه النتيجة بالعلاقة $V=V_{mol}\times n$ «قانون أفوكادرو»

حيث n: عدد مولات الغاز في العينة ، V: حجم العينة من الغاز

يستنتج من هذا القانون $\frac{V_1}{n_1}=\frac{V_2}{n_2}=....=const$ «تعبير آخر عن قانون أفوكادرو»

تطبيق-4 : عينة من غاز الأكسجين (O_2) حجمها (12.2 L) وعدد مولاتها (0.5 mol) عند الضغط (1 atm) ودرجة الحرارة (25°c). إذا تحول غاز الأكسجين (O_2) إلى غاز الأوزون (O_3) عند الضغط ودرجة الحرارة ذاتها. المطلوب حساب: 1- عدد مولات غاز (O_3) الناتج 2- حجم غاز (O_3) الناتج.

الحل: 1-

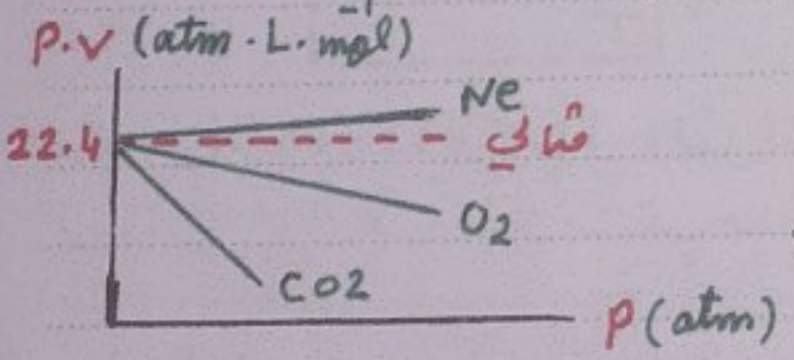
$$3O_2\ (g) \longrightarrow 2O_3\ (g)$$
$$3\ mol \quad 2\ mol$$
$$0.5\ mol \quad n\ mol$$

$n=\frac{2\times0.5}{3}$ ⇐ $n=\frac{1}{3}\ mol$

2- حسب قانون أفوكادرو $\frac{V_1}{n_1}=\frac{V_2}{n_2}$ ⇐ $V_2=\frac{V_1\cdot n_2}{n_1}$ ⇐ $V_2=\frac{12.2\times\frac{1}{3}}{0.5}$ ⇐ $V_2=8.13\ L$

★ الغاز المثالي: هو غاز تتوافر فيه الشروط الآتية

1- انعدام قوى التجاذب بين جزيئاته
2- حجم جزيئات الغاز مهمل بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحويه
3- التصادمات بين جزيئاته مرنة
4- تتحرك جزيئاته حركة عشوائية



وأقرب غاز حقيقي للحالة المثالية هو غاز النيون (Ne)، في حين غاز (CO_2) بعيد جداً عن الحالة المثالية

5- قانون الغازات العام: يمكن جمع قوانين الغازات السابقة بقانون واحد يدعى:

(قانون الغازات العام) أو (معادلة الغاز المثالي) $P\cdot V=n\cdot R\cdot T$

حيث: P: ضغط الغاز، V: حجمه، n: عدد مولاته، T: درجة حرارته المطلقة، R: ثابت الغازات العام

ويمكن كتابة هذا القانون $\boxed{\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots = n \cdot R}$ «قانون الغازات العام» أو «معادلة الغاز المثالي»

تطبيق 5 : احسب قيمة ثابت الغازات العام (R) علماً أنه مول واحد من غاز في الشروط النظامية.

الحل : من قانون الغازات العام نجد : $R = \frac{P \cdot V}{n T}$ (P: atm, V: L, n: mol, T: °K)

$R = \frac{1 \times 22.4}{1 \times 273}$

$\boxed{R = 0.082\ L \cdot atm \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}K^{-1}}$

وفي جملة الواحدات الدولية : (P: Pa, V: m^3)

$R = \frac{1 \times 10^5 \times 22.4 \times 10^{-3}}{1 \times 273}$

$\boxed{R = 8.314\ m^3 \cdot Pa \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}K^{-1}}$

تطبيق 6 : احسب ضغط عينة من غاز (N_2) عدد جزيئاته (3.011×10^{23}) في موجلة حجمها ($3L$) عند الدرجة ($27^{\circ}C$) علماً أن ($R = 8.314\ Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}K^{-1}$) وعدد أفوكادرو ($6.022 \times 10^{23}$)

الحل : لنحسب أولاً عدد مولات غاز (N_2) : $n = \frac{\text{عدد جزيئات الغاز}}{\text{عدد الجزيئات في المول الواحد}} = \frac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}}$ (عدد أفوكادرو)

$\boxed{n = 0.5\ mol}$

$T = t + 273 = 27 + 273 = 300^{\circ}K$ و $V = 3L = 3 \times 10^{-3}\ m^3$

نطبق قانون الغازات العام : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$

$P = \frac{0.5 \times 8.314 \times 300}{3 \times 10^{-3}}$

$\boxed{P = 415.7 \times 10^3\ Pa}$

2- كثافة الغاز (كتلته الحجمية) : لنستنتج العلاقة المحددة لكثافة غاز :

من قانون الغازات العام $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ نجد أنه $\frac{n}{V} = \frac{P}{R \cdot T}$ ومنه $n = \frac{m}{M}$ (n: عدد مولات الغاز في عينة منه)

حيث m : كتلة الغاز في العينة و M : الكتلة المولية للغاز. نعوض فنجد $\frac{m}{M \cdot V} = \frac{P}{R \cdot T}$

ومنه $\frac{m}{V} = \frac{M \cdot P}{R \cdot T}$ نعوض [كثافة الغاز (كتلته الحجمية)] $d = \frac{m}{V}$

$\boxed{d = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}}$ «علاقة كثافة غاز (كتلته الحجمية)»

تقدر كثافة الغاز (كتلته الحجمية) بواحدة ($g \cdot L^{-1}$)

واضح من هذه العلاقة أنه كثافة غاز تتناسب طرداً مع ضغطه وكتلته المولية وعكساً مع درجة حرارته المطلقة

لذلك تنخفض الهواء داخل المنطاد ينقص من كثافة الهواء الذي بداخل المنطاد ليصبح أقل من كثافة الهواء المحيط به مما يؤدي لارتفاع المنطاد.

تطبيق 7 : غاز كثافته ($0.0847\ g \cdot L^{-1}$) عند درجة الحرارة ($17^{\circ}C$) والضغط ($1\ atm$) ($R = 0.082\ atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}K^{-1}$)

احسب الكتلة المولية لهذا الغاز (علماً أنه : $d = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$ $\leftarrow$ $M = \frac{d \cdot R \cdot T}{P}$

الحل : حسب قانون كثافة غاز $M = \frac{0.0847 \times 0.082 (17+273)}{1}$

$\boxed{M \simeq 2\ g \cdot mol^{-1}}$

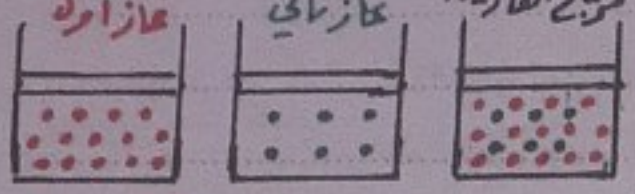
نشاط - 3 : غاز هيدروكربوني كثافته ($1.97\ g.L^{-1}$) في الشرطين النظاميين، احسب كتلته المولية.
(علماً أن : $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.{}^{\circ}K^{-1}$).

الحل: حسب قانون كثافة غاز $d = \frac{P.M}{R.T} \Leftarrow M = \frac{d.R.T}{P}$

والشرطان النظاميان ($t = 0^{\circ}c$ ، $P = 1\ atm$) نعوض $M = \frac{1.97 \times 0.082 \times (0+273)}{1} \Leftarrow M \simeq 44\ g.mol^{-1}$

3- قانون دالتون والضغوط الجزئية :

واضح من الشكل أنه :



$P_1 = 0.7\ atm$ $P_2 = 0.3\ atm$ $P_t = 1\ atm$

«قانون دالتون» $\boxed{P_t = P_1 + P_2 + \cdots}$

نص قانون دالتون : « الضغط الكلي لمزيج غازي يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة له »

ملاحظة : الضغط الجزئي لغاز في مزيج غازي « هو ضغط الغاز فيما لو شغل هذا الغاز الحجم الكلي للمزيج »

نشاط - 4 : استنتج عبارة الضغط الكلي لمزيج مكوّن من ثلاثة غازات مختلفة بثبات درجة الحرارة والحجم

الحل : نطبق قانون دالتون $P_t = P_1 + P_2 + P_3$

بما أن ضغط كل غاز وفق قانون الغازات العام $P_1 = n_1 \frac{R.T}{V}$ ، $P_2 = n_2 \frac{R.T}{V}$ ، ..... نعوض $P_t = n_1 \frac{R.T}{V} + n_2 \frac{R.T}{V} + \cdots \Leftarrow P_t = (n_1 + n_2 + \cdots) \frac{R.T}{V}$

$\Leftarrow$ $\boxed{P_t = n_t \frac{R.T}{V}}$ «عبارة الضغط الكلي لمزيج غازي»

4 - علاقة الضغوط الجزئية بالكسور المولية :

وجدنا أن الضغط الجزئي لغاز $P_1 = n_1 \frac{R.T}{V}$

والضغط الكلي لمزيج الغازي $P_t = n_t \frac{R.T}{V}$ نسب الضغط الجزئي لغاز إلى الضغط الكلي

$\frac{P_1}{P_t} = \frac{n_1 \frac{R.T}{V}}{n_t \frac{R.T}{V}} \Leftarrow \frac{P_1}{P_t} = \frac{n_1}{n_t}$ نرمز للنسبة $X_i = \frac{n_i}{n_t}$ (وندعوها بالكسر المولي للغاز)

نعوض $\frac{P_i}{P_t} = X_i \Leftarrow \boxed{P_i = X_i \cdot P_t}$ «علاقة الضغط الجزئي لغاز بالكسر المولي لذلك الغاز»

تطبيق - 8 : احسب الضغط الجزئي لغاز (N_2) مقدراً بـ (atm) عند مستوى سطح البحر، إذا علمت أنه نسبته (78 %) من مجمل الغازات المكونة للهواء

الحل : $P_i = X_i \cdot P_t \Leftarrow P_i = \frac{78}{100} \times 1 \Leftarrow \boxed{P_i = 0.78\ atm}$

5- قانون غراهام في الانتشار والتسرب :

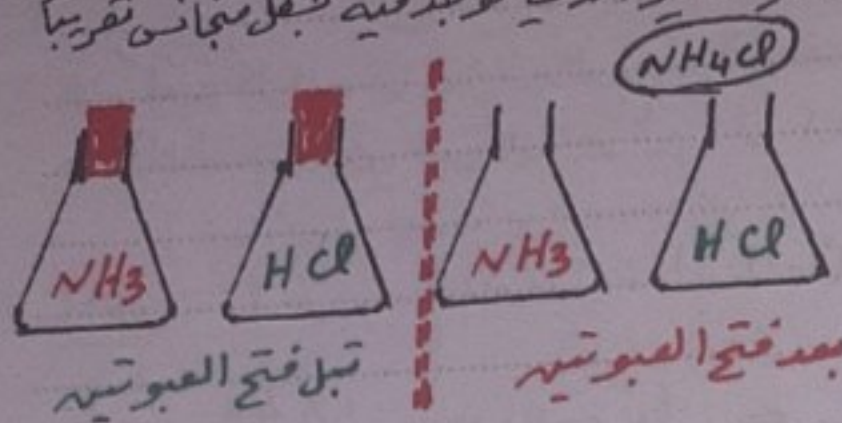
تنتشر الغازات في كل الاتجاهات بسبب الحركة العشوائية لجزيئاتها لتملأ الحيز الذي توجد فيه بشكل متجانس تقريباً

(مثل انتشار رائحة العطر في كامل أرجاء غرفة) .

واضح من الشكل أنه عند فتح الصنبورين تتشكل أبخرة بيضاء من ملح كلوريد الأمونيوم نتيجة انتشار جزيئات غاز (HCl) وجزيئات غاز (NH_3) خارج الصنبورين وتفاعلهما وفق المعادلة

$$HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl$$

ونجد أن أبخرة ملح كلوريد الأمونيوم تشكلت بالقرب من صنبور (HCl)



نص قانون غراهام : « نسبة سرعتي انتشار غازين في وسط ضمن الشروط نفسها من الضغط ودرجة الحرارة تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لنسبة كتلتيهما المولية »

أي : $\boxed{\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}}$ « العلاقة الرياضية المعبرة عن قانون غراهام في الانتشار »

واضح من هذه العلاقة أن سرعة انتشار غاز تزداد بنقصان كتلته المولية .

مثال : (M الكتلة المولية للغاز) $M = 32 \; ، \; 28 \; ، \; 4 \; ، \; 2$

$O_2 \quad N_2 \quad He \quad H_2$

$\longrightarrow$ تزداد سرعة الانتشار

نشاط 5 : يستخدم غاز سداسي فلوريد اليورانيوم (UF_6) في عمليات تخصيب الوقود النووي في المفاعلات النووية . احسب نسبة سرعة انتشار غاز (H_2) إلى سرعة انتشار غاز (UF_6) حيث $M(UF_6) = 352 g.mol^{-1}$ ، $M(H_2) = 2 g.mol^{-1}$

الحل :

$$\frac{V_{H_2}}{V_{UF_6}} = \sqrt{\frac{M(UF_6)}{M(H_2)}} \Leftarrow \frac{V_{H_2}}{V_{UF_6}} = \sqrt{\frac{352}{2}} \Leftarrow \frac{V_{H_2}}{V_{UF_6}} = \sqrt{\underbrace{176}_{16\times11}} \Leftarrow \boxed{\frac{V_{H_2}}{V_{UF_6}} = \underbrace{4\sqrt{11}}_{13.3}}$$

6- النظرية الحركية للغازات : تتضمن النظرية الحركية للغازات النقاط الآتية :

1- عشوائية الحركة : تتحرك جزيئات الغاز بحركة عشوائية مستمرة وفق مسارات مستقيمة ضمن الحجم الذي يشغله الغاز
2- يهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات
3- تهمل قوى التأثير المتبادل بين جزيئات الغاز
4- لا يتغير متوسط الطاقة الحركية للجزيئات بمرور الزمن ، وتنتقل الطاقة بين الجزيئات من خلال التصادمات (بشرط ثبات درجة الحرارة) ، وينتج ضغط الغاز نتيجة تصادم جزيئاته مع جدران الإناء الذي يحويه
5- تزداد الطاقة الحركية لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة .

ISKANDAROUN

تطبيق - 9 : يحضّر مزيج غازي مؤلف من (5% بوتان)، (95% أرغون)، بملء وعاء مخلّى من الهواء حجمه (40 L) بغاز البوتان حتى يصبح الضغط (1 atm) والمطلوب حساب :
1- كتلة كل من غاز الأرغون والبوتان في المزيج السابق عند درجة الحرارة (25°c)
2 - الضغط الكلي للمزيج النهائي (H=1 ، C=12 ، Ar=40)

الحل : 1- حسب قانون الغازات العام $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ← $n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$ ←

n (للبوتان) $= \frac{1 \times 40}{0.082 \times \underbrace{(25+273)}_{298}}$ ← n (للبوتان) $= 1.63$ mol ←

نسبة غاز البوتان لغاز الأرغون $\frac{5}{95} = \frac{1}{19}$ وبالتالي $\frac{n(\text{بوتان})}{n(\text{ارغون})} = \frac{1}{19}$ ← n (ارغون) $= 19 \times n$ (بوتان) ←

n (أرغون) $= 30.97$ mol ← n (أرغون) $= 19 \times 1.63$ ←

← كتلة غاز الأرغون $m = n \cdot M = 30.97 \times 40$ ← $\boxed{m = 1238.8\,g}$

وبالتالي كتلة غاز البوتان C_4H_{10} (الذي كتلته المولية $M = 58\,g$) $m = n \cdot M = 1.63 \times 58$ ← $\boxed{m = 94.54\,g}$

2 - حسب قانون دالتون $P_t = [n(\text{بوتان}) + n(\text{ارغون})] \frac{R \cdot T}{V}$ ← $P_t = (1.63 + 30.97) \frac{0.082 \times 298}{40}$

$\boxed{P_t = 19.9\ atm}$ ←

« اختبر نفسي »

أولاً : اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي : [لجميع الأسئلة والمسائل $R = 0.082\ atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}K^{-1}$ $[R = 8.314\ Pa \cdot m^3 \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}K^{-1}$

1- يحوي وعاء مغلق حجمه (18L) غاز الارغون عند الدرجة ($360\ {}^{\circ}K$) والضغط ($2\ atm$) فيكون عدد مولات الغاز ماوياً :

a - $0.012\ mol$ b - $1.21\ mol$ c - $0.82\ mol$ d - $83.14\ mol$

الجواب : b [لأن $P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Leftarrow n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} \Leftarrow n = \frac{2 \times 18}{0.082 \times 360} \Leftarrow n = 1.21\ mol$]

2- يزداد ضغط غاز موجود في وعاء مغلق عند :

a - زيادة حجم الوعاء b - زيادة عدد الجزيئات c - نقصان درجة الحرارة d - تغيير نوع الغاز

الجواب : b [لأن $P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Leftarrow P = n \frac{R \cdot T}{V}$ واضح أنه P تتناسب طرداً مع عدد الجزيئات n]

3- أكبر قيمة لضغط الغاز بثبات درجة الحرارة في وعاء إذا كان :

a - حجمه 22.4L يحوي مول واحد من الغاز b - حجمه 22.4L يحوي مولين من الغاز
c - 11.2L = مولين = d - 11.2L = مول واحد =

الجواب : c [لأن $P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Leftarrow P = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$ واضح أنه P يكون بأكبر قيمة له عندما $\frac{n}{V}$ بأكبر قيمة]

4- تشغل عينة غازية حجماً قدره (30 m.L) عند الدرجة ($25\ {}^{\circ}C$) وضغط ثابت . إذا سخنت العينة إلى الدرجة ($50\ {}^{\circ}C$) يصبح حجمها ماوياً

a - 60 m.L b - 27.5 m.L c - 15 m.L d - 32.5 m.L

الجواب : d [حسب قانون شارل $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Leftarrow V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{30 \times (50+273)}{(25+273)} \Leftarrow V_2 = 32.5\ m.L$]

5- مزيج غازي يحتوي على (2 mol) من النتروجين و (4 mol) من الاكسجين عند ضغط ($0.98\ atm$) إذا استبدل المزيج بـ (6 mol) من الاكسجين تكون قيمة الضغط الناتج :

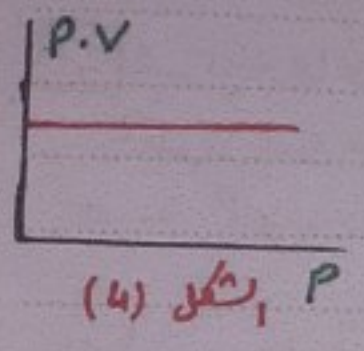
a - 0.32 atm b - 0.349 atm c - 0.65 atm d - 0.98 atm

الجواب : d [لأن $P_t = n_t \frac{R \cdot T}{V}$ نسبها $\bar{P}_t = \bar{n}_t \frac{R \cdot T}{V} \Leftarrow \frac{P_t}{\bar{P}_t} = \frac{n_t}{\bar{n}_t} \Leftarrow \bar{P}_t = \frac{P_t \cdot \bar{n}_t}{n_t}$

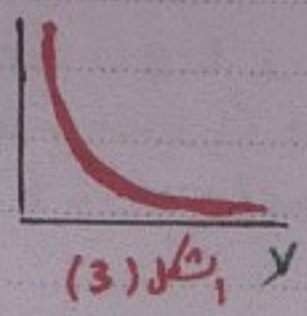
$\Leftarrow \bar{P}_t = \frac{0.98 \times 6}{(2+4)} \Leftarrow \bar{P}_t = 0.98\ atm$ وهذا صحيح لأن العدد الكلي للمولات هو نفسه في الحالتين]

ثانياً : أجب عن الأسئلة الآتية :

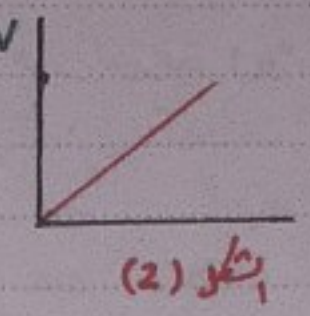
1- أي من المخطوط البيانية الآتية لا يمثل قانون بويل . بفرض ثبات درجة الحرارة وعدد المولات . فسّر اجابتك



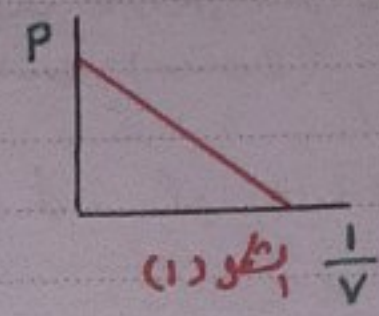
شكل (4)



شكل (3)



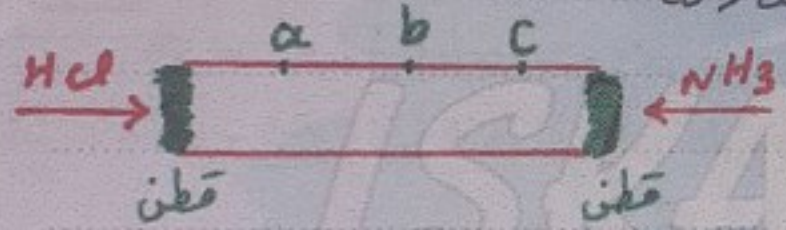
شكل (2)



شكل (1)

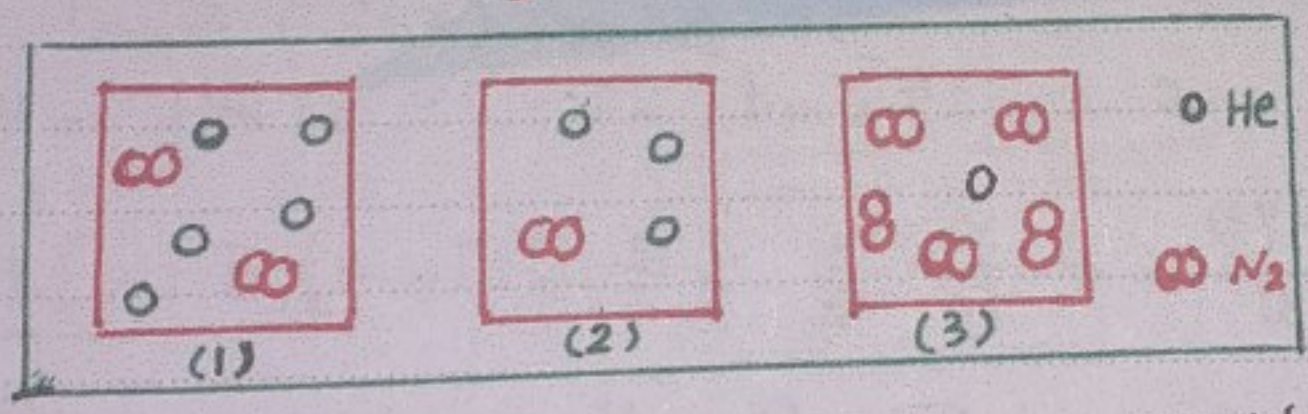
الجواب : الشكل (1) [يمكن كتابة قانون بويل بالشكل $P \cdot V = const$ وهذا يحقق الشكل (4)
" " " " " $P = const \cdot \frac{1}{V}$ " " " " " (3)
" " " " " $V = const \cdot \frac{1}{P}$ " " " " " (2)
" " " " " $P = const \cdot \frac{1}{V}$ " " " " " (1)]
ففي الشكل (1) الميل سالب وجب أنه يكون الميل موجباً

2- يملأ أنبوب زجاجي طوله (1m) بغاز الأرغون عند الضغط (1 atm) ونغلقه طرفيه بالقطن كما في الشكل المجاور يضخ غاز (HCl) من أحد طرفيه ، وغاز NH_3 من الطرف الآخر في الوقت ذاته يتفاعل الغازان ضمن الانبوب الزجاجي ليتكون ملح NH_4Cl الصلب . في أي نقطة a أو b أو c تتوقع أنه يتكوّن هذا الملح ، ولماذا



الجواب : [حسب قانون غراهام في الانتشار فإن سرعة انتشار NH_3 أكبر من سرعة انتشار HCl لأن $M(NH_3 = 17g) < M(HCl = 36.5g$ لذلك NH_3 وخلال نفس الزمن يقطع مسافة أطول من المسافة التي يقطعها HCl لذلك يلتقي الغازان عند النقطة a ويتشكل عندها ملح NH_4Cl]

3- يمثل الشكل الآتي عينات غازية وإذا علمت أن هذه العينات موجودة عند درجة الحرارة ذاتها ، رتب هذه العينات حسب : a - تزايد الضغط الكلي
b - " " الجزئي للهليوم



الجواب : a - حسب قانون دالتون $P_t = n_t \frac{R \cdot T}{V}$ فإن الضغط الكلي لمزيج غازي يزداد بازدياد عدد المولات الغازية في المزيج لذلك يزداد الضغط الكلي للمزيج الغازي من (2) إلى (3) إلى (1)
أربعة مولات ستة مولات سبعة مولات

b - حسب قانون دالتون $P_i = n_i \frac{R \cdot T}{V}$ فإن الضغط الجزئي لغاز في مزيج غازي يزداد بازدياد عدد مولاته في المزيج الغازي . لذلك يزداد الضغط الجزئي للهليوم في المزيج الغازي من
3 إلى 2 إلى 1
مول واحد ثلاثة مولات خمسة مولات

ثالثاً: حل المسائل الآتية : **المسألة الأولى :** منطاد مليء بغاز الهيدروجين يستخدم في الكشف لعميل به إلى القطب الشمالي ، وقد حصل على غاز الهيدروجين من خلال تفاعل حمض الكبريت المخفف مع برادة الحديد ، فإذا كان حجم المنطاد في الشروط النظامية ($4800\ m^3$) ونسبة غاز الهيدروجين الضائع المتسرب خلال عملية الملء (20%) المطلوب : 1- اكتب معادلة التفاعل الحاصل 2- احسب كتلة الحديد المستخدم 3- احسب كتلة حمض الكبريت. (H:1 ، O:16 ، S:32 ، Fe:56)

الحل : 1-

$$H_2SO_4 + Fe \longrightarrow (Fe^{2+} + SO_4^{2-}) + H_2$$

2- كل $100\ m^3$ من غاز الهيدروجين المنطلق يتسرب منها $20\ m^3$ والباقي وقدره $80\ m^3$ يملأ المنطاد
" $V\ m^3$ " " " " " $x\ m^3$ " " " " $4800\ m^3$ "

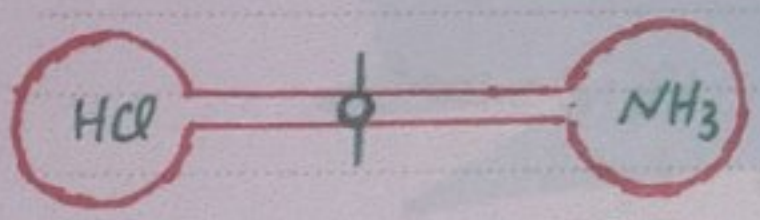
$V = \frac{100 \times 4800}{80} = 6000\ m^3$ حجم غاز الهيدروجين الذي يجب أن ينطلق من التفاعل .

$$H_2SO_4 + Fe \longrightarrow (Fe^{2+} + SO_4^{2-}) + H_2$$
$$98\ g \quad 56\ g \qquad 22.4\ L$$
$$z\ g \quad y\ g \qquad 6000 \times 10^3\ L$$

كتلة الحديد المستخدم $y = \frac{56 \times 6000 \times 10^3}{22.4} \Leftarrow y = 15000 \times 10^3\ g \Leftarrow$ $\boxed{y = 15\ \text{طن}}$

" حمض الكبريت $z = \frac{98 \times 6000 \times 10^3}{22.4} \Leftarrow z = 26250 \times 10^3\ g \Leftarrow$ $\boxed{z = 26.25\ \text{طن}}$

المسألة الثانية : يمثل الشكل المجاور موجلتين متماثلتين متصلتان ببعضهما بصمام ما تحوي الموجلة الأولى غاز النشادر (NH_3) بينما تحوي الموجلة الثانية غاز كلور الهيدروجين (HCl). فإذا علمت أن حجم كل موجلة (2 L) ودرجة حرارتهما ($25^\circ C$) وكتلة كل من الغازين (5 g).



5 g — 5 g
2 L — 2 L
25°C — 25°C

عند فتح الصمام يتفاعل غاز (NH_3) مع غاز (HCl) وينتج ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الصلب . المطلوب :

1- اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل . 2- بيّن حسابياً ما هو الغاز المتبقي بعد نهاية التفاعل
3- احسب الضغط عند نهاية التفاعل (بإهمال حجم NH_4Cl الصلب)
4- " كتلة ملح كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الناتج . ($N:14$ ، $H:1$ ، $Cl:35.5$)

الحل : 1-

$$NH_3\ (g) + HCl\ (g) \longrightarrow NH_4Cl\ (s)$$

2- عدد مولات NH_3 $n = \frac{m}{M} = \frac{5}{17} \simeq 0.3\ mol$ ، عدد مولات HCl $n = \frac{m}{M} = \frac{5}{36.5} = 0.137\ mol$

واضح أنه $n(NH_3) > n(HCl)$ ولذلك التفاعل يتم بنسبة مول من NH_3 إلى مول من HCl فالغاز المتبقي هو غاز النشادر NH_3

3- $\bar{n} = 0.3 - 0.137 = 0.163$ mol (عدد مولات غاز النشادر NH_3 المتبقية دون تفاعل)

هذه الكمية ستنشر لتملأ الحوجلتين. لنطبق قانون الغازات العام $P \cdot V = \bar{n} \cdot R \cdot T \Leftarrow P = \frac{\bar{n} \cdot R \cdot T}{V}$

حيث $T = 25 + 273 = 298\,^\circ K$ ، $V = V_1 + V_2 = 2 + 2 = 4\,L$ نعوض $P = \frac{0.163 \times 0.082 \times 298}{4}$ $\Leftarrow$ $\boxed{P \simeq 1\ atm}$

4- نعود لمعادلة التفاعل:

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$$

1 mol	53.5 g
0.137 mol	x g

$x = \frac{0.137 \times 53.5}{1} \Leftarrow \boxed{x = 7.3\ g}$ كتلة ملح كلوريد الأمونيوم الناتج

المسألة الثالثة: مزيج غازي في وعاء حجمه $(21\ m^3)$ يحوي على $(11.8\ kg)$ من غاز الميثان (CH_4) و $(2.3\ kg)$ من غاز الإيثان (C_2H_6) و $(1.1\ kg)$ من غاز البروبان (C_3H_8) وكمية مجهولة من غاز مجهول. فإذا علمت أن الضغط الكلي في الوعاء $(1\ atm)$ عند الدرجة $(27^\circ c)$ احسب عدد مولات الغاز المجهول.

الحل:

عدد مولات غاز الميثان CH_4 $n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{11.8 \times 10^3}{16} = 737.5$ mol

" " الإيثان C_2H_6 $n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{2.3 \times 10^3}{30} = 76.7$ mol

" " البروبان C_3H_8 $n_3 = \frac{m_3}{M_3} = \frac{1.1 \times 10^3}{44} = 25$ mol

$T = 27 + 273 = 300\,^\circ K$

نعوض في قانون دالتون $P_t = n_t \frac{R \cdot T}{V} \Leftarrow P_t = (n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \frac{R \cdot T}{V}$

$1 = (737.5 + 76.7 + 25 + n_4) \frac{0.082 \times 300}{21 \times 10^3} \Leftarrow 1 = (839.2 + n_4)(0.00117) \Leftarrow \boxed{n_4 = 15.5\ mol}$ عدد مولات الغاز المجهول

وكان يمكن حساب الضغط الجزئي لكل غاز ثم جمعها وطرحها من الضغط الكلي ومن ضغط الغاز المجهول ومنه نحسب عدد مولاته

المسألة الرابعة: يتم تخزين الغازات في حاويات معدنية تتحمل الضغط العالي، فإذا علمت أن ضغط غاز الأكسجين يساوي $(16500\ K \cdot Pa)$ داخل حاوية حجمها $(208\ L)$ عند الدرجة $(23^\circ c)$ المطلوب حساب:

1- كتلة غاز الأكسجين داخل الحاوية. 2- الحجم الذي سيشغله الأكسجين في الشروط النظامية. 3- درجة الحرارة التي يجعل الضغط في الحاوية ساوياً $(150\ atm)$. 4- ضغط الغاز إذا نقل إلى حاوية حجمها $(55\ L)$ عند درجة حرارة $(24^\circ c)$

الوحدة الثامنة

الحل: 1- $P.V = n.R.T \Leftarrow n = \frac{P.V}{R.T} \Leftarrow n = \frac{\overbrace{165000\times10^{3}}^{Pa} \times \overbrace{208\times10^{-3}}^{m^3}}{8.314(23+273)}$

$n = 1394.6\ mol$ (عدد مولات غاز الأكسجين داخل الحاوية) $\Leftarrow$

$m = n.M = 1394.6\times32 = 44627.2\ g \Leftarrow$ كتلة غاز الأكسجين داخل الحاوية $m = 44.6272\ Kg$

2- لتطبيق قانون الغازات العام $\frac{P.V}{T} = \frac{\acute{P}.\acute{V}}{\acute{T}} \Leftarrow \frac{165000\times10^{3}\times208}{(23+273)} = \frac{10^{5}\times\acute{V}}{(0+273)}$ شروط المسألة / شروط نظامية

$\acute{V} = 31653.24\ L \Leftarrow$ (حجم غاز الأكسجين في الشروط النظامية)

3- بما أن حجم الحاوية ثابت ما حسب قانون (غاي - لوساك) $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Leftarrow \frac{\overbrace{165000\times10^{3}}^{Pa}}{(23+273)} = \frac{\overbrace{150\times10^{5}}^{Pa}}{(t+273)}$

$t = -3.9\ °C \Leftarrow$

4- $\frac{P.V}{T} = \frac{\acute{P}.\acute{V}}{\acute{T}} \Leftarrow \frac{165000\times10^{3}\times208}{(23+273)} = \frac{\acute{P}\times55}{(24+273)} \Leftarrow \acute{P} = 626.1\times10^{5}\ Pa$

$\acute{P} = 626.1\ atm$

المسألة الخامسة: يستمد جسم الانسان الطاقة اللازمة للقيام بوظائفه الحيوية من تأكسد سكر العنب وفق المعادلة الآتية

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$

تنتقل كريات الدم الحمراء نواتج التفاعل إلى الرئتين ثم يخرج CO_2 على شكل غاز بعملية الزفير.

المطلوب حساب: 1- حجم غاز CO_2 المنطلق نتيجة أكسدة (24.5 g) من سكر العنب في جسم الانسان عند درجة الحرارة (37 °C) والضغط (0.970 atm)

2- حجم غاز الأكسجين اللازم لأكسدة (50g) من سكر العنب عند الضغط (1 atm) ودرجة الحرارة (298 °K)

الحل: 1-

$C_6H_{12}O_6$	$+ 6O_2 \longrightarrow$	$6CO_2$	$+ 6H_2O$
180 g		6×22.4 L	
24.5 g		V L	

حجم غاز CO_2 المنطلق في الشروط النظامية $V = \frac{24.5\times6\times22.4}{180} \Leftarrow V = 18.3\ L$

حجم غاز CO_2 في شروط المسألة $\acute{V} = 21.42\ L \Leftarrow \frac{1\times18.3}{(0+273)} = \frac{0.97\times\acute{V}}{(37+273)} \Leftarrow \frac{P.V}{T} = \frac{\acute{P}.\acute{V}}{\acute{T}}$

2-

$C_6H_{12}O_6$	$+ 6O_2 \longrightarrow$	$6CO_2$	$+ 6H_2O$
180 g		6×22.4 L	
50 g		V L	

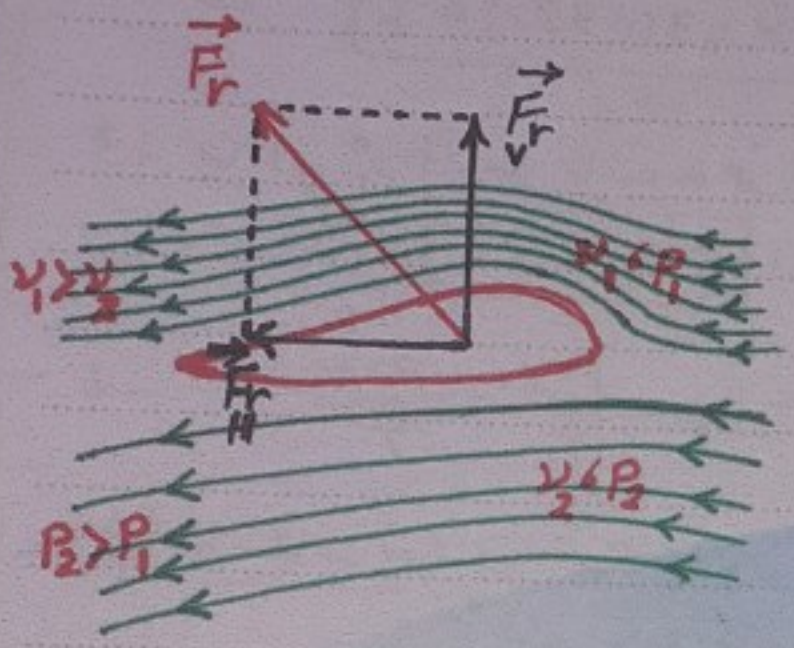
حجم غاز الأكسجين في الشروط النظامية $V = \frac{50\times6\times22.4}{180} = \frac{112}{3} \Leftarrow V = 37.3\ L$

حجم غاز الأكسجين في شروط المسألة $\acute{V} = 40.7\ L \Leftarrow \frac{1\times37.3}{(0+273)} = \frac{1\times\acute{V}}{298} \Leftarrow \frac{P.V}{T} = \frac{\acute{P}.\acute{V}}{\acute{T}}$

تعليل ناقد : يصل مدى الصوت في الأماكن الباردة إلى مسافات بعيدة جداً في حين تتناقص المسافة التي يصل إذا ارتفعت درجة الحرارة . فسّر ذلك .

الجواب: الهواء البارد أكثر كثافة من الهواء الساخن مما يؤدي إلى زيادة تماسك جزيئات الهواء وبالتالي ينتشر الصوت فيه لمسافات أبعد.

أجب أكثر : ترتفع الطائرات التجارية أثناء طيرانها إلى ارتفاع محدد يتراوح بين (8-12 Km) . اشرح لم سبب ذلك .



الجواب :
- تحلل $\vec{F_r}$ إلى مركبتين إحداهما $\vec{F_{r_H}}$ أفقية معيقة لحركة الطائرة ، والأخرى $\vec{F_{r_V}}$ شاقولية حاملة للطائرة
- من أجل الارتفاعات (8-12 Km) تكون سرعة الطائرة (التي تجعل كمية الوقود المستهلكة في حدها الأدنى) كافية لجعل $W = F_{r_V}$
- صحيح أنه على ارتفاعات أعلى من (12 Km) تقل كثافة الهواء وبالتالي تقل F_{r_H} وكذا بالمقابل تقل F_{r_V} وتصبح $W > F_{r_V}$ وبالتالي لجعل $W = F_{r_V}$ من جديد يجب زيادة سرعة الطائرة وهذا يؤدي لزيادة كمية الوقود المستهلكة وهو أمر غير مرغوب فيه