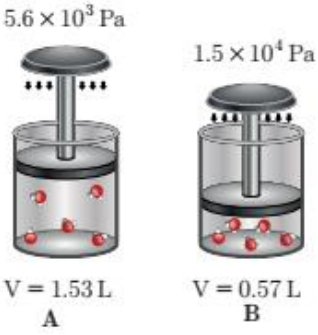
الغازات

قوانين الغاز:

ا. العلاقة بين حجم الغاز وضغطه (قانون بويل):



نشاط(١) لو نظرنا إلى الشكل الجانبي وقارنا ما بين الحالتين (A) و (B) سنلاحظ أنّه:

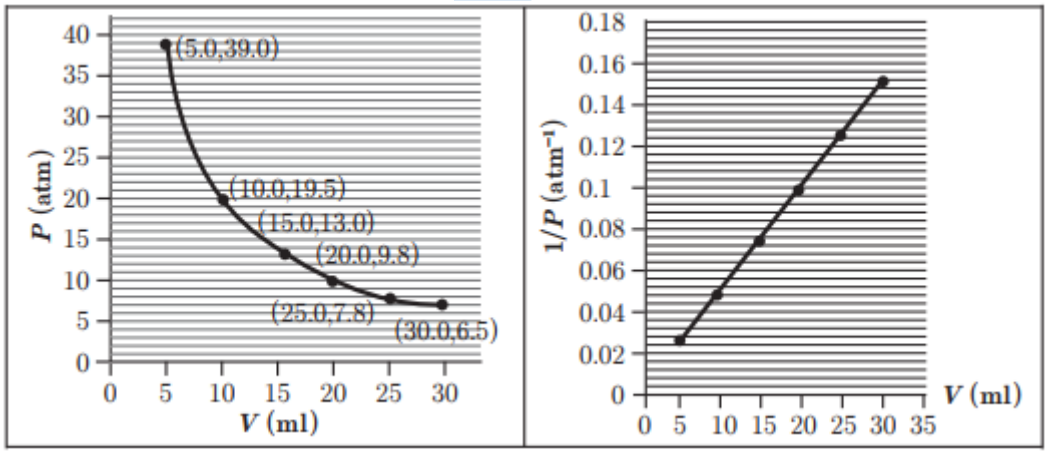
- عندما يزداد الضغط المطبق على الغاز ينقص حجمه، ويكون الضغط المطبق مساوياً لضغط الغاز.
- عدد مولات الغاز يبقى ثابتاً عند ضغطه.

وذلك عند درجة حرارة ثابتة.

نشاط(٢): أجريت تجارب مخبرية على عينة غازية، لإيجاد العلاقة بين ضغط الغازوحجمه عند درجة حرارة ثابتة، وكانت النتائج كما في الجدول التالي:

الحجم V(mL)	الضغط P (Pa)	P × V(Pa × mL)
5	39.00	195
10	19.50	195
15	13.00	195
20	9.75	195
25	7.80	195
30	6.50	195

مُثلّت النتائج السابق بالمنحنيين التاليين:



من المعطيات السابقة نستطيع أنّ نتوصل إلى النتائج التالية:

- جداء حجم عينة من غاز في ضغطه يساوي مقداراً ثابتاً عند درجة حرارة ثابتة: $PV = const$
- يتناسب حجم عينة من غاز عند درجة حرارة ثابتة عكساً مع ضغط ذلك الغاز.
- يمكن من أجل حالتين أو أكثر مختلفتين في الشروط أنّ نكتب: $PV = P_1V_1 = P_2V_2 = \ldots = const$

تطبيق(١): ينطلق غاز NO_2 من عوادم السيارات ومصانع الأسمدة، ويساهم في تشكيل الأمطار الحامضية، لدينا عينة من غاز NO_2 حجمها $1.5L$ عند الضغط $5.6 \times 10^3 Pa$. احسب حجم الغاز عندما يصبح ضغطه $1.5 \times 10^4 Pa$ بثبات درجة الحرارة.

الحل: من خلال قانون بويل: $PV = P_1V_1 = P_2V_2 = \ldots = const$

$$V_2 = \frac{P_1 . V_1}{P_2} = \frac{5.6 \times 10^3 \times 1.5}{1.5 \times 10^4} = 0.56\ L$$

ملاحظة: لما نجري أي تحويل هنا لأنّ واحدات الضغط نفسها وواحدة الحجم الناتجة هي نفسها واحدة الحجم الأولي المُعطى.

نشاط(٣): يحوي مكبس غاز حجمه $1L$ عند الضغط النظامي، احسب قيمة الضغط المطبّق عليه ليصبح حجمه $300mL$ مع بقاء درجة الحرارة ثابتة $175°C$.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$1 \times 1 = P_2 \times 300 \times 10^{-3}$$
$$P_2 = \frac{1}{0.3} = 3.3\ atm$$

ملاحظة: قمنا بالتحويل في هذا المثال من أجل أنّ تكون واحدة قيمتا الحجم المُعطاة نفسها وتُختصر مع بعضها البعض.

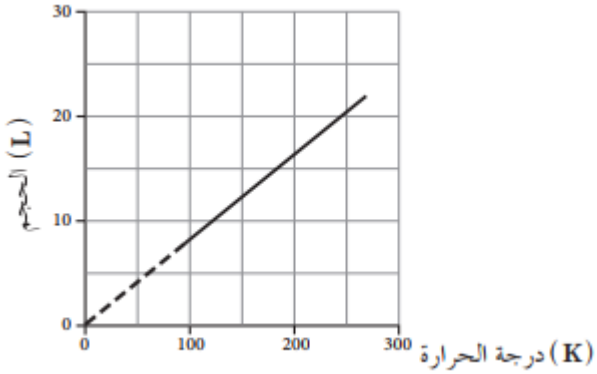
٢. العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة (قانون شارل):

يتناقص حجم الغازات (كحجم الهواء داخل بالون) لدى انخفاض درجة الحرارة.

نشاط(٥): أجريت تجارب مخبرية على عينة غازية، لإيجاد العلاقة بين حجم الغازودرجة حرارته عند ضغط ثابت، وكانت النتيجة كما في الجدول:

الحجم $V(L)$	درجة الحرارة $T(K)$	$V/T(L.K^{-1})$
22	270	0.081
21	259	0.081
18	220	0.081
9	111	0.081

المطلوب: ارسم الخط البياني لتغيّر الحجم بدلالة درجة الحرارة مقدرة بالكلفن، ماذا تلاحظ؟



نلاحظ من الرسم البياني أنّ:

- نسبة حجم عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند ضغط ثابت.
- يتناسب حجم عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغط الغاز.

$$\frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \ldots = const$$

ملاحظة هامة: دائماً في هذا القانون يجب تحويل درجة الحرارة من السيليزيوس إلى الكلفن وذلك باستخدام العلاقة: $T(K) = t(°C) + 273$

تطبيق(٢): يبلغ حجم عينة غاز $2.58L$ عند درجة الحرارة $15°C$ وضغط ثابت، احسب الحجم الذي تشغله هذه العينة عند تسخينها إلى الدرجة $38°C$ وبقاء الضغط ثابت.

الحل:

$$T_1 = 15 + 273 = 288\ K\ ,\qquad T_2 = 38 + 273 + 311K$$
$$V_1 = 2.58L\ ,\ V_2 =?\quad \text{(الضغط ثابت)}$$

نطبق قانون شارل:

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1}V_1 = \frac{311}{288} \times 2.58 \approx 2.79\ L$$

نشاط(٦): يبلغ حجم عينة من غاز النيون $0.3\ L$ عند الدرجة $330K$ وضغط ثابت، تسخن هذه العينة إلى الدرجة $550K$ مع بقاء الضغط ذاته، والمطلوب: احسب حجم هذه العينة عندئذٍ.

الحل: المعطيات $V_1 = 0.3\ L\ \ T_1 = 330\ K\ \ T_2 = 550\ K\ \ V_2 =?$ (الضغط ثابت)

نطبق قانون شارل:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{0.3}{330} = \frac{V_2}{550} \Rightarrow V_2 = 0.5\ L$$

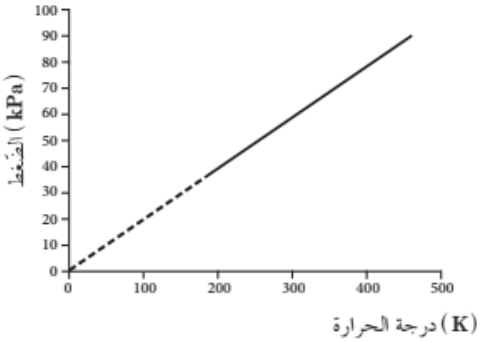
٣. العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة الحرارة (قانون غاي - لوساك)

يزداد ضغط عينة من الغاز بزيادة درجة حرارتها عند حجم ثابت.

نشاط(٨): أجريت تجارب مخبرية على عينة غازية، لإيجاد العلاقة بين ضغط الغازودرجة حرارته عند حجم ثابت، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

الضغط $P(kPa)$	درجة الحرارة $T(K)$	$P/T(kPa.K^{-1})$
36.0	173	0.208
46.4	223	0.208
56.8	273	0.208
67.2	323	0.208
77.6	373	0.208
88.0	423	0.208

أرسم الخط البياني الموافق لتغير الضغط بدلالة درجة الحرارة، ماذا تلاحظ؟



- نسبة ضغط عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند حجم ثابت. $\frac{P}{T} = const$
- يتناسب ضغط عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجم الغاز.

$$\frac{P}{T} = \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \ldots\ldots = const$$

ملاحظة هامة: دائماً درجة الحرارة في القانون السابقة تكون واحدتها (كلفن).

تطبيق(٣): علبة معدنية تحوي غاز البوتان، ضغطه $360kPa$ 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 (بإهمال تمدد العلبة).

الحل: المعطيات:

$$T_1 = 27°C = 27 + 273K \text{ ، } P_1 = 360\ kPa$$

$$P_2 = ? \quad \text{ ، } \quad T_2 = 50°C = 50 + 273K \quad \text{(الحجم ثابت)}$$

نطبق قانون غاي لوساك:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{360}{273+27} = \frac{P_2}{273+50} \Rightarrow \frac{360}{300} = \frac{P_2}{323}$$

$$\mathbf{P_2 = 387.6\ kPa}$$

٤. العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه (قانون أفوغادرو):

نشاط(٩): أخذ حجم ثابت $(22.4L)$ من أربع أنواع مختلفة من الغازات في الشروط النظامية، احسب عدد مولات كل غاز بالاعتماد على الجدول الآتي:

الغاز	CH_4	NH_3	N_2	He
$m(g)$	16	17	28	4
$M(g.mol^{-1})$	16	17	28	4
$n(mol)$	1	1	1	1

نتيجة:

- حجم مول واحد من أي غاز في الشرطين النظاميين (الضغط $1atm$، درجة الحرارة $0°C$) يساوي $22.4L$.
- يشغل مول واحد من أي غاز الحجم ذاته في الشروط المتماثلة من الضغط والحرارة، ويدعى بالحجم المولي V_{mol}
- قانون أفوغادرو:

$$V = V_{mol} \times n$$

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \ldots = const$$

تطبيق(٤): عينة من غاز الأكسجين (O_2) حجمها $12.2L$ وعدد مولاتها $0.50\ mol$ عند الضغط $1\ atm$ ودرجة الحرارة $25°C$. إذا تحوّل غاز الأكسجين O_2 إلى غاز الأوزون O_3 عند الضغط ودرجة الحرارة ذاتها، المطلوب حساب:

١. عدد مولات غاز الأوزون الناتج. ٢. حجم غاز الأوزون الناتج.

الحل: المعطيات: $t = 25°C \quad P = 1\ atm \quad n_{O_2} = 0.50\ mol \quad V_{O_2} = 12.2\ L$

$n_{O_3} = ? \quad V_{O_3} = ??$ لإيجاد عدد مولات غاز الأوزون نكتب المعادلة ونوزانها:

$$3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$$
$$3mol \quad 2mol$$
$$0.50\ mol \quad n mol$$

ط١: عدد مولات غاز الأوزون:

$$n_{O_3} = 0.50 \times \frac{2}{3} = 0.33\ mol$$

ط٢: حجم غاز الأوزون الناتج:

$$n_{O_3} = 0.33\ mol, \quad n_{O_2} = 0.50\ mol$$
$$V_{O_3} = ? \quad V_{O_2} = 12.2L$$

حسب قانون أفوغادرو:

$$\frac{V_{O_2}}{n_{O_2}} = \frac{V_{O_3}}{n_{O_3}}$$

$$V_{O_3} = \frac{n_{O_3}}{n_{O_2}} V_{O_2} = \frac{0.33}{0.50} \times 12.2 = 8.05\ L$$

٥. قانون الغازات العام:

ترتبط متحولات الغاز جميعها بقانون يدعى "قانون الغازات العام" أو "معادلة الغاز المثالي".

$$PV = nRT$$

R: ثابت الغازات العام. وفي عينة غازية يكون:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \ldots\ldots = \frac{PV}{T} = nR$$

تطبيق(٥): احسب قيمة R لمول واحد من غاز في الشرطين النظاميين.

الحل: الشرطين النظاميين: $T = 0°C = 0 + 273 = 273K$ ، $P = 1\ atm$

وبما أنّ لدينا مول من الغاز $n = 1\ mol$ وبالتالي حجمه $V = 22.4L$ ، وبالتعويض:

$$PV = nRT \Rightarrow R = \frac{PV}{nT} = \frac{1atm \times 22.4L}{1mol \times 273K} = 0.082\ L.atm.mol^{-1}.K^{-1}..(1)$$

أما في جملة الواحدات الدولية والتي فيها يكون:

$$P = 10^5 Pa, V = 22.4 \times 10^{-3} m^3$$
$$n = 1mol, T = 273K$$

بالتعويض نجد:

$$R = \frac{10^5 Pa \times 22.4 \times 10^{-3} m^3}{1mol \times 273K} = 8.314\ m^3.Pa.mol^{-1}.K^{-1}$$

ونعلم أنّ: $Pa.m^3 = J$ وبالتالي:

$$R = 8.314\ J.mol^{-1}.K^{-1} \ldots (2)$$

ملاحظة هامة:

عندما يُعطى الضغط بـ **atm** والحجم بـ **L** نستخدم القيمة **(1)** لـ **R**.

عندما يُعطى الضغط بـ **Pa** والحجم بـ **m^3** نستخدم القيمة **(2)** لـ **R**.

تطبيق(٦): احسب ضغط عينة من غاز النتروجين عدد جزيئاتها 3.011×10^{23} في حوجلة حجمها $3L$ عند الدرجة $27°C$. مع العلم أنّ:

عدد أفوغادرو 6.022×10^{23} و $R = 8.314 Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$

الحل: ملاحظة هامة: عدد الجزيئات هو:

عدد الجزيئات = عدد المولات × عدد أفوغادرو

وبالتالي لحساب عدد مولات غاز النتروجين:

$$n = \frac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.5\ mol$$

$$V = 3L = 3 \times 10^{-3} m^3$$

حساب ضغط الغاز:

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.5 \times 8.314 \times 300}{3 \times 10^{-3}} = 415.7 \times 10^3 Pa$$

ملاحظة: نتج الضغط لدينا بالباسكال لأننا استخدمنا الواحدة R لـ $8.314 Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$.

بما أنّ القيمة التي قمنا باستخدامها لـ R هي 8.314 لذلك توجب علينا تحويل الحجم من L إلى m^3

كثافة الغاز:

نشاط(١): يرتفع المنطاد في الجو عند تسخين الهواء داخله، استنتج القانون الذي يعمل بموجبه المنطاد، وفسّر ذلك.

الحل: من قانون الغازات العام:

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{n}{V} = \frac{P}{RT}$$

$$\frac{m}{MV} = \frac{P}{RT} \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

ولكن نعلم أنّ كثافة الغاز تُعطى بالعلاقة: $d = \frac{m}{V}$

حيث: m: كتلة الغاز. V: حجم الغاز.

ملاحظة للفهم فقط: (وهذا الفرق بين $C = \frac{m}{V}$ (التركيز الغرامي) والكثافة حيث أنّ التركيز الغرامي يكون فيه m: كتلة المادة و V: حجم المحلول كاملاً (حجم المادة + حجم باقي المكونات وليس حجم المادة فقط).

وبالتالي:

$$d = \frac{PM}{RT}$$

يؤدي تسخين الهواء داخل المنطاد إلى نقصان كثافته لتصبح أقل من كثافة الهواء المحيط به مما يؤدي إلى ارتفاعه.

نتيجة:

- تُعطى كثافة الغاز بالعلاقة: $d = \frac{PM}{RT}$ ويقدر بـ $g.L^{-1}$
- تتناسب كثافة الغاز طرداً مع ضغطه وكتلته المولية، وعكساً مع درجة حرارته.

تطبيق(٧): غاز كثافته $0.0847\ g/L$ عند درجة الحرارة $17°C$ والضغط $1atm$، احسب الكتلة المولية لهذا الغاز علماً أنّ: $(R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.L^{-1})$

الحل: ملاحظة: يجب علينا دائماً تحويل درجة الحرارة إلى الكلفن: $17 + 273 = 290K$

بما أنّ R لدينا واحدتها $atm.L.mol^{-1}.L^{-1}$ لم يتوجب علينا تحويل الضغط وسنعوضه بـ atm

$$d = \frac{PM}{RT}$$

$$0.0847 = \frac{1 \times M}{0.082 \times 290}$$

$$M = 2.01\ g.mol^{-1}$$

نشاط(١١): غاز هيدروكربوني كثافته $1.97\ g.L^{-1}$ في الشرطين النظاميين، احسب كتلته المولية.

الحل:

$$d = \frac{PM}{RT}$$

في الشرطين النظاميين يكون الضغط $1\ atm$ ودرجة الحرارة $T = 0°C = 273K$ وبما أنّ الحجم الموجود في واحدة الكثافة هو L لذلك سنستخدم قيمة R:

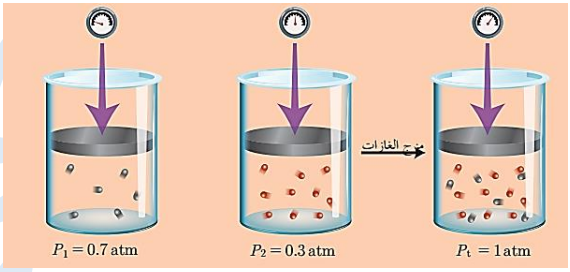
$$R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$$

بالتعويض:

$$M = \frac{dRT}{P} = \frac{1.97 \times 0.082 \times 273}{1} = 44.1\ g.mol^{-1}$$

قانون دالتون والضغوط الجزئية:

لو لاحظنا الأشكال التالية:



نلاحظ أنّ الضغط الكلي كان مجموع الضغوط الجزئية.

نتيجة: قانون دالتون: الضغط الكلي لمزيج غازي يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة له.

يُعبر عنه بالعلاقة: $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots$

نشاط(١٢): استنتج عبارة الضغط الكلي لمزيج مكوّن من ثلاث غازات مختلفة بثبات درجة الحرارة والحجم.

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

يُعطى ضغط كل غاز وفق قانون الغازات العام:

$$P_1 = n_1.\frac{RT}{V}, P_2 = n_2.\frac{RT}{V}, P_3 = n_3.\frac{RT}{V}$$

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 = n_1.\frac{RT}{V} + n_2.\frac{RT}{V} + n_3.\frac{RT}{V}$$

$$P_t = (n_1 + n_2 + n_3 + ..).\frac{RT}{V} \Rightarrow P_t = n_t.\frac{RT}{V}$$

علاقة الضغوط الجزئية بالكسور المولية:

نشاط(١٣): استنتج عبارة الضغط الكلي لمزيج غازي بدلالة الكسر المولي.

الحل: الضغط الجزئي لغاز $P_1 = n_1.\frac{RT}{V}$ والضغط الكلي للمزيج الغازي $P_t = n_t.\frac{RT}{V}$

انسب الضغط الجزئي إلى الضغط الكلي:

$$\frac{P_1}{P_t} = \frac{\frac{n_1 RT}{V}}{\frac{n_t RT}{V}} \Rightarrow \frac{P_1}{P_t} = \frac{n_1}{n_t}$$

تدعى النسبة $X_i = \frac{n_i}{n_t}$ بالكسر المولي لغاز.

$$\mathbf{P_i = X_i . P_t}$$

تطبيق(٨): احسب الضغط الجزئي لغاز النتروجين مقدراً بالـ atm عند مستوى سطح البحر، إذا علمت أنّ نسبته 78% من مجمل الغازات المكونة للهواء.

الحل: ملاحظة: النسبة المئوية للغاز هي نفسها الكسر المولي.

$$P_1 = X_1 P_t \Rightarrow P_1 = \frac{78}{100} \times 1 = 0.78 \text{ atm}$$

قانون غراهام في الانتشار والتسرب.

نشاط(١٤): عند رش كمية صغيرة من العطر في غرفة، ألاحظ انتشار الرائحة في كامل أرجاء الغرفة، كيف أفسر ذلك؟

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

نشاط(١٥): إذا وضعت عبوتان من محلول حمض كلور الماء المركز، ومحلول النشادر المركز بجانب بعضهما ، ثم نزع غطاء كل منهما وفق الشكل المجاور:

يُلاحظ تشكل أبخرة بيضاء بالقرب من عبوة حمض كلور الماء وهذا يعني انتشار جزيئات غاز كلور الهيدروجين والنشادر خارج عبوتيهما وتكوين ملح كلوريد الأمونيوم الأبيض وفق التفاعل الآتي:

$$HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

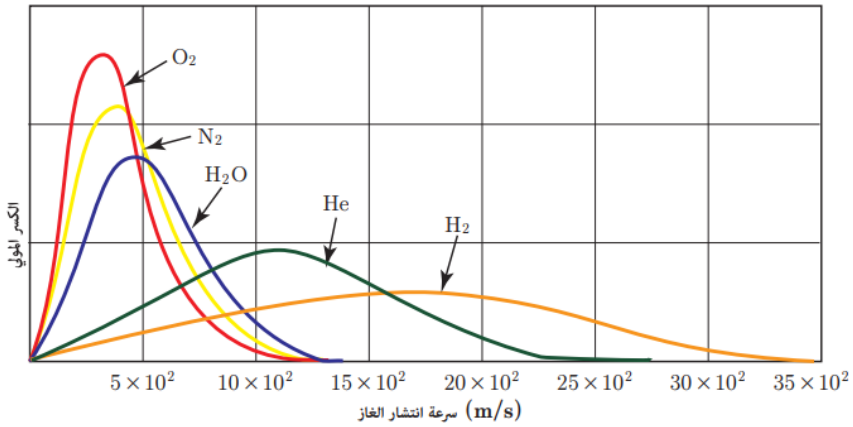
نتيجة: قانون غراهام: نسبة سرعتي انتشار غازين في وسط ضمن الشروط نفسها من ضغط ودرجة الحرارة تتناسب عكساً مع اجذر التربيعي لنسبة كتلتيهما المولية، ويعبر عنه بالعلاقة:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

v_1: سرعة انتشار الغاز الأول، M_1: الكتلة المولية للغاز الأول.

v_2: سرعة انتشار الغاز الثاني، M_2: الكتلة المولية للغاز الثاني.

تطبيق(٩): الشكل المرسوم أدناه يمثل سرعة انتشار بعض الغازات بدلالة الكسر المولي لكل منهما.



الحل: أرتب هذه الغازات وفق سرعة انتشارها:

$$O_2 \rightarrow N_2 \rightarrow H_2O \rightarrow He \rightarrow H_2$$

تزايد سرعة الانتشار

تتزايد سرعة انتشار الغاز كلما نقصت كتلته المولية وفق قانون غراهام.

نشاط(١٦): يستخدم غازسداسي فلوريد اليورانيوم UF_6 في عمليات تخصيب الوقود النووي في المفاعلات النووية. احسب نسبة سرعة انتشار غاز الهيدروجين H_2 إلى سرعة انتشار غازسداسي فلوريد اليورانيوم UF_6، حيث:

$$M_{H_2} = 2\ g.mol^{-1}\ ,\ M_{UF_6} = 352\ g.mol^{-1}$$

الحل:

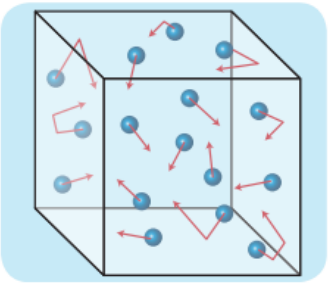
$$\frac{v_{H_2}}{v_{UF_6}} = \sqrt{\frac{M_{UF_6}}{M_{H_2}}} = \sqrt{\frac{352}{2}} = 13.3$$

ملاحظة: بما أنّها نسبة سرعة إلى سرعة، لذلك ليس لها واحدة.

النظرية الحركية للغازات:

تتضمن النظرية الحركية للغازات النقاط الآتية:

١. عشوائية الحركة: تتحرك جزيئات الغاز بحركة عشوائية مستمرة وفق مسارات مستقيمة ضمن الحجم الذي يشغله الغاز.



٢. يُهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات.

٣. تُهمل قوى التأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.

٤. لا يتغير متوسط الطاقة الحركية للجزيئات بمرور الزمن، وتنتقل الطاقة بين الجزيئات من خلال التصادمات، بشرط بقاء درجة الحرارة ثابتة، وينتج ضغط الغاز نتيجة تصادم جزيئاته مع جدران الإناء الذي يحويه.

٥. تزداد الطاقة الحركية لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

تطبيق(١٠): يُحضّر مزيج غازي مؤلف من 5% بوتان و95% أرغون، بملء وعاء مخلّى من الهواء حجمه 40 L بغاز البوتان، حتى يصبح الضغط 1 atm. المطلوب حساب:

١. كتلة غاز الأرغون في المزيج السابق عند درجة الحرارة 25°C.

٢. الضغط الكلي للمزيج النهائي. **(Ar: 40, C: 12, H: 1)**

الحل:

١.

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$n_{\text{بوتان}} = \frac{1 \times 40}{0.082 \times 298} \approx 1.63 \text{ mol}$$

نحسب نسبة غاز البوتان لغاز الأرغون $\frac{5}{95} = \frac{1}{19}$، وبالتالي فإنّ عدد مولات الأرغون:

$$n_{\text{أرغون}} = 19 n_{\text{بوتان}}$$

$$n_{\text{أرغون}} = 19 \times 1.63 = 30.97 \text{ mol}$$

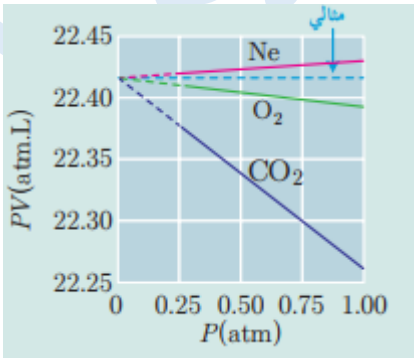
كتلة غاز الأرغون:

$$m_{\text{أرغون}} = n \times M = 30.97 \times 40 = 1238.8 \text{ g}$$

٢. الضغط الكلي يساوي مجموع الضغوط الجزئية في المزيج:

$$P_t = \left(n_{\text{بوتان}} + n_{\text{أرغون}}\right) \frac{RT}{V}$$

$$P_t = (1.63 + 30.97) \frac{0.082 \times 298}{40} = 19.9 \text{ atm}$$



إضاءة: الغاز المثالي هو غاز تتوافر فيه الشروط الآتية:

- انعدام قوى التجاذب بين جزيئاته.
- حجم جزيئات الغاز مهملة بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحويه.
- التصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة.
- تتحرك جزيئات الغاز حركة عشوائية.

نلاحظ من الشكل المجاور أنّ غاز النيون يسلك سلوك غاز مثالي في حين غاز CO_2 هو غاز حقيقي.

اختبر نفسي:

يُعطى ثابت الغازات لجميع الأسئلة والمسائل $R = 0.082\ atm.L.K^{-1}.mol^{-1} = 8.314 J.K^{-1}.mol^{-1}$

أولاً – اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

١. يحوي وعاء مغلق حجمه **18L** غاز الآرغون عند الدرجة **360K** والضغط **2atm**، فيكون عدد مولات الغاز مساوياً إلى:

83.14 mol	d	**0.82 mol**	c	**1.21 mol**	**b**	0.012 mol	a

طريقة الحل:

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{2 \times 18}{0.082 \times 360} = 1.21\ mol$$

ملاحظة: قمنا بتعويض R بالقيمة 0.082 وليس 8.314 لأنّ الضغط مُعطى بالـ atm والحجم بالـ L.

٢. يزداد ضغط غاز موجود في وعاء مغلق عند:

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

فكرة الحل: زيادة عدد الجزيئات يعني زيادة عدد المولات والعلاقة بين الضغط وعدد المولات طردية.

٣. أكبر قيمة لضغط الغاز بثبات درجة الحرارة في وعاء إذا كان:

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

فكرة الحل: يتناسب الضغط عكساً مع الحجم وطرداً مع عدد المولات لذلك الخيار الذي فيه الحجم الأقل وعدد المولات الأعلى هو الخيار الصحيح.

٤. تشغل عينة غازية حجماً قدره **30 mL** عند الدرجة **25°C** وضغط ثابت، إذا سخنت العينة إلى الدرجة **50°C** يصبح حجمها مساوياً:

32.5 mL	**d**	**15.0 mL**	c	27.5 mL	b	60.0 mL	a

طريقة الحل:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{T_1} T_2 = \frac{30}{(25 + 273)} \times (50 + 273) = 32.5\ mL$$

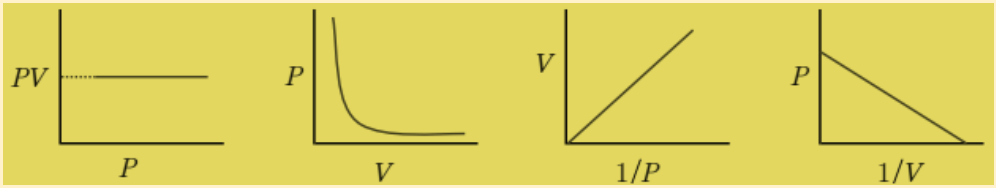
٥. مزيج غازي يحتوي على **2mol** من النتروجين و **4mol** من الأكسجين عند ضغط **0.98 atm**. إذا استُبدل المزيج بـ **6 mol** من الأكسجين تكون قيمة الضغط الناتج:

0.98 atm	**d**	**0.65 atm**	c	0.349 atm	b	0.32 atm	A

فكرة الحل: نحن نعلم أنّ: $P_t = n_t . \frac{RT}{V}$ وبالتالي بما أنّ عدد المولات بقي 6 mol وقيمة كل من R, T, V ثابتة في سؤالنا، لذلك يبقى ضغط الغاز كما هو.

ثانياً – أجب عن الأسئلة الآتية:

أي من الخطوط البيانية الآتية لا يمثل قانون بويل بفرض ثبات درجة الحرارة وعدد المولات؟ فسر إجابتك.



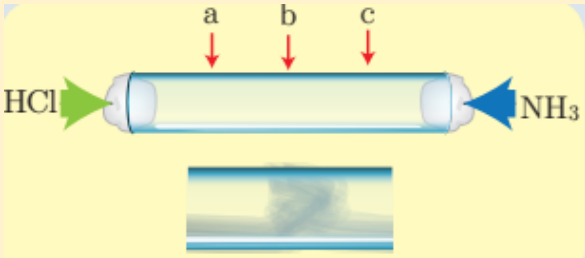
(d) (c) (b) (a)

الحل:

الخط البياني (a) (P بدلالة $1/V$) لا يمثل قانون بويل لأن ميل المستقيم سالب، ويجب أنّ يكون الخط البياني مستقيم مع ميل موجب بدءاً من الصفر حيث أنّ $PV = const$.

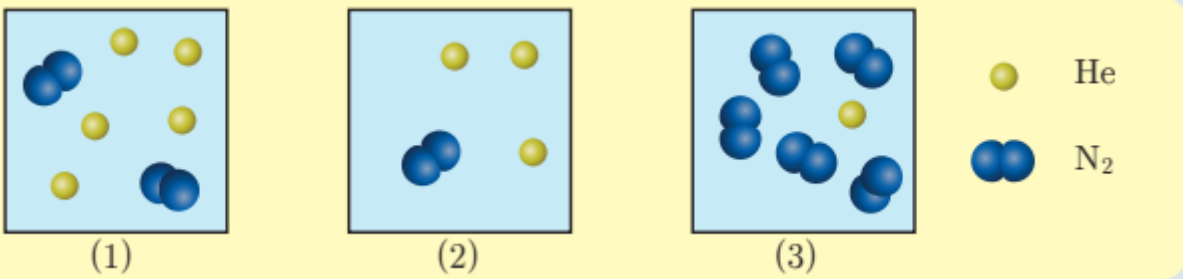
لأنّ العلاقة بين P, V هي علاقة عكسية، وبالتالي يجب أنّ تكون العلاقة بين $P, \frac{1}{V}$ طردية (الميل موجب "اتجاه المستقيم نحو الأعلى"). والخطوط الثلاث المتبقية صحيحة.

٢. يملأ أنبوب زجاجي طوله 1m بغاز الأرغون عند الضغط 1 atm، ويُغلق طرفيه بالقطن، كما في الشكل المجاور، يُضخ غاز HCl من أحد طرفيه، وغاز NH_3 من الطرف الآخر في الوقت ذاته. يتفاعل الغازان ضمن الأنبوب الزجاجي ليتكون ملح NH_4Cl الصّلب، في أي نقطة a أو b أو c تتوقع أنّ يتكوّن هذا الملح ولماذا؟



الحل: يتكون ملح كلوريد الأمونيوم في النقطة a أي من الجهة الأقرب لـ HCl، لأنّ سرعة انتشار غاز الأمونيا أكبر من سرعة انتشار غاز كلور الهيدروجين حسب قانون غراهام لأن الكتلة المولية للأمونيا أصغر من الكتلة المولية لغاز كلور الهيدروجين.

٣. يمثل الشكل الآتي عينات غازية:



إذا علمت أنّ هذه العينات موجودة عند درجة الحرارة ذاتها، رتّب هذه العينات حسب:

a. تزايد الضغط الكلّي. **b. تزايد الضغط الجزئي للهليوم.**

الحل:

١- الضغط الكلي يتعلق بعدد المولات الغازية لذلك يزداد الضغط حسب الترتيب التالي:

$$2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$$

لأنه في الشكل (1) يوجد لدينا 7 جزيئات ، بينما في (3) يوجد 6 جزيئات بينما في (2) يوجد 4 جزيئات.

٢- الضغط الجزئي للهيليوم يتعلق بعدد ذرات الهيليوم وبالتالي يزداد الضغط حسب الترتيب التالي:

$$3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$$

لأنّه في الشكل (3) يوجد جزيئة هيليوم واحدة بينما في (2) يوجد 3جزيئات هيليوم بينما في (1) يوجد 5 جزيئات

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

منطاد مليء بغاز الهيدروجين يستخدمه مُستكشف ليصل به إلى القطب الشمالي، وقد حصل على غاز الهيدروجين من خلال تفاعل حمض الكبريت الممدد مع برادة الحديد، فإذا كان حجم المنطاد في الشرطين النظاميين $4800m^3$، ونسبة غاز الهيدروجين الضائع المتسرّب خلال عملية الملء 20% المطلوب:

١. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

٢. احسب كتلة الحديد المستخدم.

٣. احسب كتلة حمض الكبريت. **$(H: 1, O: 16, S: 32, Fe: 56)$**

الحل:

يتسرب 20% ويبقى 80% وبالتالي:

لملئ $80m^3$ يجب ضخ $100\ m^3$

لملئ $4800\ m^3$ يجب ضخ $V\ m^3$

$$V = \frac{4800 \times 100}{80} = 6 \times 10^3 m^3 = 6 \times 10^6 L$$

قمنا بتحويل الحجم إلى اللتر للتعويض في المعادلة (لأننا نعلم أنّ كل $1mol$ من الغاز حجمه $22.4L$ في الشرطين النظاميين، لذلك لتجانس الواحدات يجب تحويل الحجم الموجود لدينا إلى اللتر عندما نريد أن نعوضه في المعادلة).

لحساب كتلة الحديد وكتلة حمض الكبريت المستخدمة نقوم بما يلي:

$$Fe_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

$$56g \quad 98g \quad 22.4L$$

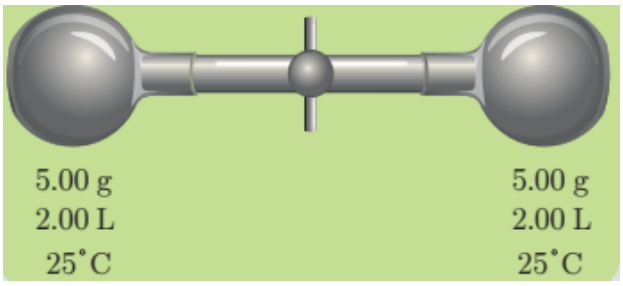
$$m_1 g \quad m_2 g \quad 6 \times 10^6 L$$

$$m_1 = \frac{56 \times 6 \times 1066}{22.4} = 15 \times 10^6 g$$

$$m_2 = \frac{98 \times 6 \times 10^6}{22.4} = 26.25 \times 10^6 g$$

المسألة الثانية:

يمثل الشكل المجاور حوجلتين متماثلتين متصلتان ببعضهما بصمام تحوي الحوجلة الأولى غاز النشادر (NH_3) (الأمونيا)، بينما تحوي الحوجلة الثانية غاز كلور الهيدروجين HCl، فإذا علمت أنّ حجم كل حوجلة $2.0L$، ودرجة حرارتهما $25°C$ وكتلة كل من الغازين $5.00g$. عند فتح الصمام يتفاعل غاز النشادر مع غاز كلور الهيدروجين، وينتج ملح كلوريد الأمونيوم الصلب، والمطلوب:



١. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.

٢. بيّن حسابياً ما هو الغاز المتبقي بعد نهاية التفاعل.

٣. احسب الضغط عند نهاية التفاعل (بإهمال حجم كلوريد الأمونيوم الصلب المتشكل).

٤. احسب كتلة ملح كلوريد الأمونيوم الناتج.

الحل:

ط١: التفاعل الحاصل:

$$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

ط٢: نحسب عدد مولات غاز النشادر:

$$n_{NH_3} = \frac{5}{17} \approx 0.3 \text{ mol}$$

نحسب عدد مولات غاز كلور الهيدروجين:

$$n_{HCl} = \frac{5}{36.5} \approx 0.136 \text{ mol}$$

بما أنّ عدد مولات غاز النشادر أكبر من عدد مولات غاز كلور الهيدروجين فالنشادر هو الغاز المتبقي بعد انتهاء التفاعل.

ط٣: بما أنّ نسبة التفاعل $1:1$ فإنّ عدد المولات المتبقية يساوي:

$$n_{NH_3} = 0.3 - 0.136 = 0.164 \text{ mol}$$

بما أنّنا سنعوض $R = 0.082$ لأنّ الحجم لدينا باللتر، لذلك سينتج الضغط بواحدة atm:

$$P_{NH_3} = \frac{n_{NH_3}}{V} RT = \frac{0.164}{4} \times 0.082 \times 298 \approx 1 \text{ atm}$$

ط٤: كتلة كلوريد الأمونيوم الناتجة:

$$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$$

$$1\text{mol} \quad 53.5\text{ g}$$

$$0.136\text{ mol} \quad y\text{g}$$

$$y = \frac{0.136 \times 53.5}{1} = 7.276 \text{ g}$$

المسألة الثالثة:

مزيج غازي في وعاء حجمه $21\ m^3$، يحوي $11.8\ kg$ من غاز الميتان، و$2.3\ kg$ من غاز الإيتان C_2H_6 و$1.1\ kg$ من غاز البروبان C_3H_8، وكمية من غاز مجهول، فإذا علمت أنّ الضغط الكلي للوعاء $1\ atm$ عند الدرجة $27°C$، احسب عدد مولات الغاز المجهول.

الحل:

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{n}{V}RT = \frac{mRT}{MV}$$

ملاحظة: بالتعويض في العلاقة الأخيرة يجب أنّ يكون: (في حال عوضنا $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$)

الحجم باللتر L ، الضغط سينتج بالـ atm ، الكتلة بالغرام g درجة الحرارة بالكلفن.

لذلك نقوم بالتحويلات التالية:

- نحول الكتل من الكيلوغرام إلى الغرام بضربها بـ 10^3
- نحول درجة الحرارة إلى الكلفن بجمعها مع 273 أي: $27 + 273 = 300K$
- نحول الحجم من المتر المكعب إلى اللتر بضربه بـ 10^3

$$P_{CH_4} = \frac{m_{CH_4}RT}{M_{CH_4}.V} = \frac{11.8 \times 10^3 \times 0.082 \times 300}{16 \times 21 \times 10^3} = 0.86\ atm$$

$$P_{C_2H_6} = \frac{m_{C_2H_6}RT}{M_{C_2H_6}.V} = \frac{2.3 \times 10^3 \times 0.082 \times 300}{30 \times 21 \times 10^3} = 0.089\ atm$$

$$P_{C_3H_8} = \frac{m_{C_3H_8}RT}{M_{C_3H_8}V} = \frac{1.1 \times 10^3 \times 0.082 \times 300}{44 \times 21 \times 10^3} = 0.028\ atm$$

نعلم أنّ الضغط الكلي يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات الموجودة:

$$P_t = P_{CH_4} + P_{C_2H_6} + P_{C_3H_8} + P_x$$

وبالتالي الضغط الجزئي للغاز المجهول:

$$P_x = 1 - (0.86 + 0.089 + 0.029) = 0.022\ atm$$

وعدد مولات الغاز المجهول:

$$n_x = \frac{P_xV}{RT} = \frac{0.022 \times 21 \times 10^3}{0.082 \times 300} = 18.78 \approx 19\ mol$$

المسألة الرابعة:

يتم تخزين الغازات في حاويات معدنية تتحمل الضغط العالي، فإذا علمت أنّ ضغط غاز الأكسجين يساوي $16500kPa$ داخل حاوية حجمها $208L$ عند الدرجة $23°C$، المطلوب حساب:

١. كتلة غاز الأكسجين داخل الحاوية.

٢. الحجم الذي سيشغله الأكسجين في الشرطين النظاميين.

٣. درجة الحرارة التي تجعل الضغط في الحاوية مساوياً لـ **150 atm**.

٤. ضغط الغاز إذا نُقل إلى حاوية حجمها **55L** عند درجة حرارة **24°C**.

الحل:

ط١: يتم تحويل الضغط إلى واحدة atm: (لأننا سنعوض $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$)

$$P = \frac{16500 \times 10^3}{10^5} = 165\ atm$$

نحول درجة الحرارة إلى الكلفن: $23 + 273 = 296\ K$

والآن من قانون الغازات العام:

$$PV = nRT \Rightarrow PV = \frac{m}{M}RT$$

وبالتالي كتلة غاز الأكسجين:

$$m_{O_2} = \frac{MPV}{RT} = \frac{32 \times 165 \times 208}{0.082 \times 296} \approx 45247.2\ g$$

ط٢: الشرطين النظاميين يكون فيهما: $P = 1atm, T = 273K$، وبالتالي:

$$\frac{P_1V_1}{T} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{1 \times V_1}{273} = \frac{165 \times 208}{296}$$

$$V_1 = \frac{273 \times 165 \times 208}{296} \approx 31653.2L$$

ط٣: درجة الحرارة التي تجعل الضغط مساوياً إلى 150 atm:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

وبما أنّ الحجم ثابت $(V_1 = V_2)$ يمكن اختصارهما:

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

$$T_2 = \frac{P_2T_1}{P_1} = \frac{150 \times 296}{165} \approx 269.1\ K$$

ط٤: ضغط الغاز إذا نقل إلى حاوية حجمها 55L عند درجة حرارة 24°C:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

حيث: $V_2 = 55L, T_2 = 24 + 273 = 297K$ وبالتالي بالتعويض:

$$\frac{162.9 \times 208}{296} = \frac{P_2 \times 55}{297}$$

$$P_2 = \frac{162.9 \times 208 \times 297}{296 \times 55} \approx 618.14 \text{ atm}$$

المسألة الخامسة:

يستمد جسم الإنسان الطاقة اللازمة للقيام بوظائفه الحيوية من تأكسد سكر العنب وفق المعادلة الآتية:

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

تنقل كريات الدم الحمراء نواتج التفاعل إلى الرئتين، ثم يخرج CO_2 على شكل غاز بعملية الزفير،

والمطلوب حساب:

١. حجم غاز CO_2 المنطلق نتيجة أكسدة $24.5\ g$ من سكر العنب في جسم الإنسان، عند درجة الحرارة $37°C$ والضغط $0.970\ atm$.

٢. حجم غاز الأكسجين اللازم لأكسدة $50\ g$ من سكر العنب عند الضغط $1\ atm$ ودرجة الحرارة $298\ K$

ط١:

$$\begin{array}{c} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O \\ 180\ g \qquad\qquad 6mol \\ 24.5\ g \qquad\qquad n mol \end{array}$$

$$n_{CO_2} = \frac{6 \times 24.5}{180} = 0.816 \text{ mol}$$

بما أنّ الضغط بالـ atm لذلك سنعوض $R = 0.082$ وسينتج الحجم باللتر L:

$$V_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}RT}{P} = \frac{0.816 \times 0.082 \times 310}{0.970} \approx 21.4L$$

ط٢:

$$\begin{array}{c} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O \\ 180g \qquad 6mol \\ 50g \qquad n mol \end{array}$$

$$n_{O_2} = \frac{6 \times 50}{180} \approx 1.67 \text{ mol}$$

$$V_{O_2} = \frac{n_{O_2}RT}{P} = \frac{1.67 \times 0.082 \times 298}{1} \approx 40.8L$$

انتهى درس الغازات

لاستفساراتكم يمكنكم التواصل مع الأستاذ طارق غبرا على الحسابات التالية :

على الفيس بوك:

fb.com/Chemsyria

قناتنا على اليوتيوب:

www.youtube.com/channel/UC8inSE7NHEJF0t1fzb3yAWA

قناتنا على التلغرام:

https://t.me/Chemsyria

وعلى الواتس اب يمكنكم التواصل على الرقم التالي:

0938639857

مع أطيب التمنيات بالتوفيق والنجاح

الغازات