الفصل ٧: الغازات

تجربة استهلالية

ص ٨٩

التحليل

١. يتقلص حجم البالون.

٢. يزيد حجم البالون.

استقصاء

نحصل على نفس النتائج السابقة.

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

١ - ٧ قوانين الغازات

ص ٩٠
الشكل ١ - ٧
الحجم = 4L
ص ٩١
مسائل تدريبية
١.
المعطيات:

$P_1 = 99.0\ kPa$
$V_1 = 300.0\ ml$
$P_2 = 188\ kPa$

المطلوب: V_2
الحل:
باستخدام قانون بويل

$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$
$$V_2 = 300.0\ ml \times \left(\frac{99.0\ kPa}{188\ kPa}\right)$$
$$= 157.979\ ml$$

٢.
المعطيات:

$P_1 = 0.988\ atm$
$V_1 = 1.001L$
$V_2 = 2.00L$

المطلوب: P_2
الحل:
باستخدام قانون بويل

$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$
$$P_2 = 0.988\ atm \left(\frac{1.001\ L}{2.00\ L}\right)$$
$$= 0.494\ atm$$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ - ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

٣.

المعطيات:

$P_1 = ١.٠٨ \text{ atm}$

$V_1 = 145.7L$

$P_2 = (1.08+0.27)$

المطلوب: P_2

الحل:

$P_2 = 1.35 \text{ atm}$

باستخدام قانون بويل

$P_1V_1 = P_2V_2$

$V_2 = V_1 (\frac{P_1}{P_2})$

$V_2 = 145.7 \text{ L} \times (\frac{1.08 \text{ atm}}{1.35 \text{ atm}})$

$= 116.56L$

ص ٩٢

مختبر حل المشكلات

التفكير الناقد

١. ينص قانون بويل على أن حجم مقدار معين من الغاز يتناسب عكسيًا مع الضغط الواقع عليه عند ثبوت درجة حرارته. فعند الشهيق يزيد حجم الرئتين ويقل الضغط مما يسمح للهواء بالدخول، أما عند الزفير يتقلص حجم الرئتين ويزيد الضغط مما يجعل الهواء يخرج.

٢. عندما يُضرب أحد على بطنه فإن الحجاب الحاجز يُشلّ مؤقتًا، وعندما لا يتحرك الحجاب الحاجز إلى أعلى أو إلى أسفل فإن حجم الرئتين لا يتغير، وبالتالي فإن الضغط داخلهما لا يتغير، وعليه فإن الهواء لن يخرج من أو يدخل إلى الرئتين.

٣. فقدان بعض أجزاء الرئتين مرونتها تجعل عملية تغيير حجمها أمرًا صعبًا، وعليه فسيقل الاختلاف في الضغط، ويصبح من الصعب خروج الهواء من الرئتين أو الدخول إليهما.

٤. في أثناء صعود الغواصين من المياه العميقة يقل الضغط فيزيد حجم الرئتين، فإذا حبس الغواص أنفاسه في أثناء صعوده يزيد حجم الهواء في الرئتين.

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

ص ٩٣

اختبار الرسم البياني

في الرسم البياني الثاني تقابل درجة الحرارة **0 K** حجمًا مقداره **0 ml**، وعند مضاعفة درجة الحرارة يتضاعف الحجم. بينما في الرسم الأول فلا يمر الخط المستقيم بنقطة الأصل، حيث لا يناظر درجة الحرارة **0°C** حجمًا مقداره **0 ml**، كما ان مضاعفة درجة الحرارة لا تؤدي إلى مضاعفة الحجم.

ص ٩٥

مسائل تدريبية

٤.

المعطيات:

$T_1 = 350\ K$
$V_1 = 4.3\ L$
$T_2 = 250\ K$

المطلوب: V_2

الحل:

باستخدام قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$
$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$
$$V_2 = 4.3 \times \left(\frac{250\ K}{350\ K}\right)$$
$$= 3.071L$$

٥.

المعطيات:

$T_1 = 89\ °C$
$V_1 = 0.67L$
$V_2 = 1.12L$

المطلوب: T_2

الحل:

$T_1 = 89°C + 273 = 362K$

باستخدام قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$
$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$
$$T_2 = 362K \times \left(\frac{1.12\ L}{0.67\ L}\right)$$

$= 605.13K$

$T_2 = 605.13K - 273 = 332.13°C$

٦.

المعطيات:

$T_1 = 80.0°C$

$V_1 = ٣.٠L$

$T_2 = 30.0°C$

المطلوب: V_2

الحل:

$T_1 = 80.0°C + 273 = 353K$

$T_2 = 30.0°C + 273 = 303K$

باستخدام قانون شارل

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

$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$V_2 = 3.0L \times \left(\frac{303\ K}{353\ K}\right)$$

$= 2.575L$

٧.

المعطيات:

$T_1 = 350K$

$V_1 = 0.67L$

$V_2 = (1\text{-}0.45) \times 0.67L$

المطلوب: T_2

الحل:

$V_2 = (1\text{-}0.45) \times 350L$

$= 0.55 \times 0.67L$

$= 0.3685L$

باستخدام قانون شارل

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

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$T_2 = 350K \times \left(\frac{0.3685\ L}{0.67\ L}\right)$$

$= 192.5K$

ص ٩٦

الشكل ٣ـ ٧

يوضح الشكل ٢ـ ٧ العلاقات التالية:

- علاقة طردية مباشرة بين درجة الحرارة (K) والحجم.
- علاقة طردية غير مباشرة بين درجة الحرارة (°C) والحجم.

يوضح الشكل ٣ـ ٧ علاقة طردية مباشرة بين درجة الحرارة (K) والضغط.

ص ٩٧

مسائل تدريبية

٨.

المعطيات:

$T_1 = 25°C$
$P_1 = 1.88\ atm$
$T_2 = 37.0°C$

المطلوب: P_2

الحل:

$T_1 = 25°C + 273 = 298K$
$T_2 = 37.0°C + 273 = 310K$

باستخدام قانون جاي لوساك

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$
$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$
$$P_2 = 1.88\ atm \times \left(\frac{310\ K}{298\ K}\right)$$
$$= 1.956\ atm$$

٩.

المعطيات:

$V = 2L$
$P_1 = 1.12\ atm$
$P_2 = 2.56\ atm$
$T_2 = 36.5\ °C$

المطلوب: T_1

الحل:

$T_2 = 36.5°C + 273 = 309.5\ K$

باستخدام قانون جاي لوساك

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

$$T_1 = T_2 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

$$T_1 = 309.5\ K \times \left(\frac{1.12\ atm}{2.56\ atm}\right)$$

$$= 135.406\ K$$

$$T_1 = 135.5\ K - 273 = -137.59\ ^\circ C$$

١٠.

المعطيات:

$V = 2L$

$P_1 = 30.7\ kPa$

$T_1 = 0\ ^\circ C$

$P_2 = 2P_1$

المطلوب: T_2

الحل:

$T_1 = 0\ ^\circ C + 273 = 273\ K$

$P_2 = 2P_1$

$= 2 \times 30.7\ kPa$

$= 61.4\ kPa$

باستخدام قانون جاي لوساك

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

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$T_2 = 273\ K \times \left(\frac{61.4\ kPa}{30.7\ kPa}\right)$$

$$= 546\ K$$

$$T_2 = 546\ K - 273 = 273\ ^\circ C$$

ص ٩٨

ماذا قرأت؟

القانون العام للغازات: $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

في قانون شارل يكون الضغط ثابت أي: $P_1 = P_2$

بالتطبيق في القانون العام للغازات: $\frac{\cancel{P_1}V_1}{T_1} = \frac{\cancel{P_2}V_2}{T_2}$، وبذلك يصبح القانون: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.

في قانون جاي لوساك يكون الحجم ثابت أي: $V_1 = V_2$.

بالتطبيق في القانون العام للغازات: $\frac{P_1\cancel{V_1}}{T_1} = \frac{P_2\cancel{V_2}}{T_2}$، وبذلك يصبح القانون: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$.

ص ٩٩
مسائل تدريبية

١١.

المعطيات:

$P_1 = 1.02\ atm$
$T_1 = 22.0°C$
$T_2 = 100°C$
$P_2 = 1.23\ atm$
$V_2 = 0.224\ ml$

المطلوب: V_1

الحل:

$T_1 = 22.0°C + 273 = 295\ K$
$T_2 = 100°C + 273 = 373\ K$

باستخدام القانون العام للغازات

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

$$V_1 = V_2 \left(\frac{T_1}{T_2}\right)\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$V_1 = 0.224\ ml \times \left(\frac{295\ K}{373\ K}\right)\left(\frac{1.23\ atm}{1.02\ atm}\right)$$

$$= 0.214\ ml$$

١٢.

المعطيات:

$V_1 = 146.0\ ml$
$P_1 = 1.30\ atm$
$T_1 = 5.0°C$
$T_2 = 2.0°C$
$P_2 = 2P_1$

المطلوب: V_2

الحل:

$P_2 = 2P_1$
$= 2 \times 1.30\ atm$
$= 2.60\ atm$
$T_1 = 5°C + 273 = 278\ K$
$T_2 = 2°C + 273 = 275\ K$

باستخدام القانون العام للغازات

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

$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

$$V_2 = 146.0\ ml \times \left(\frac{275\ K}{278\ K}\right)\left(\frac{1.30\ atm}{2.60\ atm}\right)$$

$$= 72.212\ ml$$

١٣.

المعطيات:

$V_1 = 30.0\ ml$

$P_1 = 1.00\ atm$

$T_1 = 0.00°C$

$T_2 = 30.0°C$

$P_2 = 1.20\ atm$

المطلوب: V_2

الحل:

$T_1 = 0°C + 273 = 273\ K$

$T_2 = 30.0°C + 273 = 303\ K$

باستخدام القانون العام للغازات

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

$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

$$V_2 = 30.0\ ml \times \left(\frac{303\ K}{273\ K}\right)\left(\frac{1.00\ atm}{1.20\ atm}\right)$$

$$= 27.747\ ml$$

يتحرك المكبس إلى أسفل.

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ – ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

التقويم ١ - ٧

ص ١٠٠

١٤.

$\frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_1V_1}{T_1}$ ، يتناسب الضغط عكسيًا مع الحجم، وطرديًا مع درجة الحرارة.

١٥.

١٦. يلزم معرفة درجة حرارته وضغطه النهائيين، ويتم استخدام القانون العام للغازات.

١٧.

- تُضغط الغازات التي تُستخدم في المستشفيات حتى يسهل نقل وتخزين كميات كبيرة منها، حيث يقل الحجم بزيادة الضغط.
- بارتفاع درجة الحرارة يزيد الضغط، وبذلك تكون هذه الأسطوانات معرضة للانفجار.
- لابد من خفض ضغط الأكسجين قبل استنشاقه.

١٨.

المعطيات:

$V = 1.00L$

$P_1 = 660\ torr$

$T_1 = 22.0°C$

$T_2 = 44.6°C$

المطلوب: P_2

الحل:

$T_1 = 22\ °C + 273 = 295\ K$

$T_2 = 44.6\ °C + 273 = 317.6\ K$

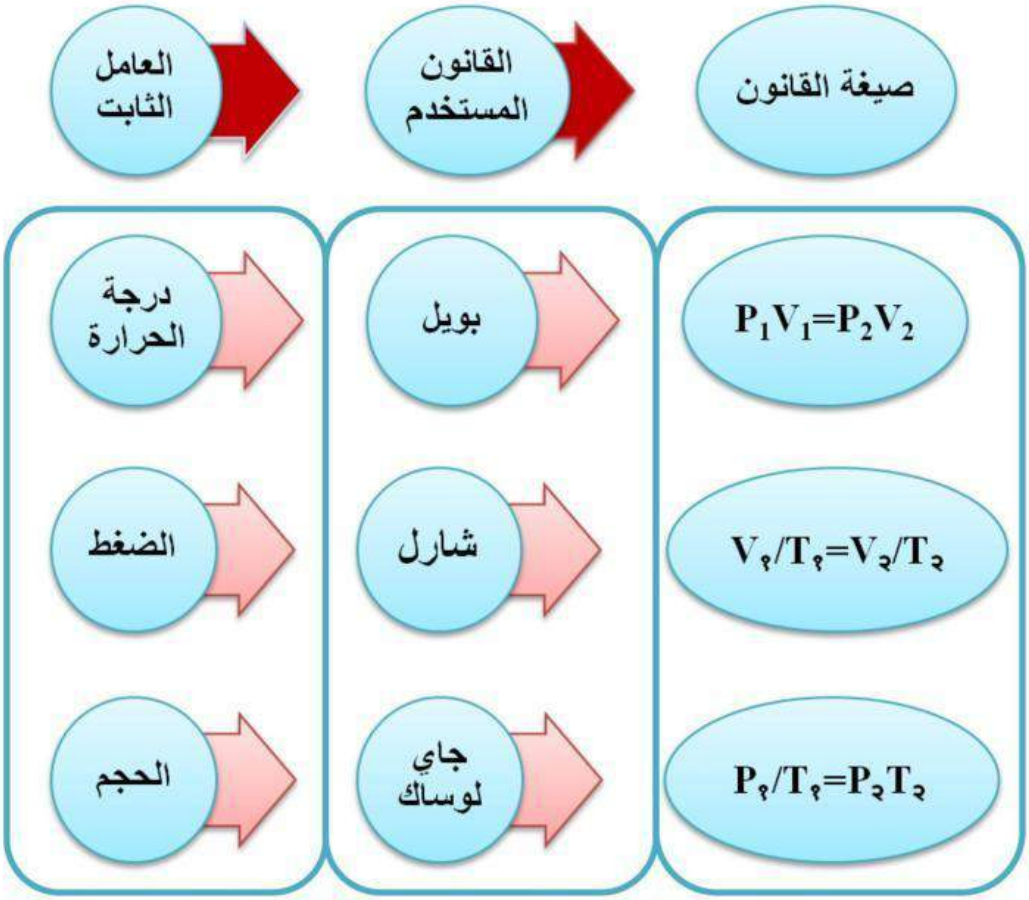
الحجم ثابت، لذا يُستخدم قانون جاي لوساك

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

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

$P_2 = 660\ torr \times (\frac{295\ K}{317.6\ K})$

$= 613.035\ torr$


صيغة القانون
القانون المستخدم
العامل الثابت
$P_1V_1=P_2V_2$
بويل
درجة الحرارة
$V_1/T_1=V_2/T_2$
شارل
الضغط
$P_1/T_1=P_2T_2$
جاي لوساك
الحجم

٢ـ ٧ قانون الغاز المثالي

ص ١٠١

الشكل ٥ـ٧

تفترض نظرية الحركة الجزيئية أن جسيمات الغاز في أي عينة تكون متباعدة كثيرًا جدًا، بحيث يصبح تأثير حجم الجسيمات قليلًا جدًا على الحجم الذي يشغله الغاز،بينما في السوئل والموادالصلبة تكون جسيمات المادة متقاربة بعضها إلى بعض بحيث لا يمكن إهمال الحجم الذي تشغله الجزيئات.

ص ١٠٢

مسائل تدريبية

٢٠.

المعطيات: عدد مولات $N_2 = 0.0459\ mol$

المطلوب: V عند الظروف المعيارية.

الحل:

عند STP

$$V\ (L) = (mol)\ \text{عدد المولات} \times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$$

$$V = 0.0459\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 1.028\ L$$

٢١.

المعطيات: $V = 1.0\ L$

المطلوب: كتلة CO_2

الحل:

عندSTP

$$(mol)\ \text{عدد المولات} = V\ (L) \times \frac{1\ mol}{22.4\ L}$$

$$CO_2\text{عدد مولات} = 1.0\ L \times \frac{1\ mol}{22.4\ L} = 0.045\ mol$$

$$(g)\ \text{الكتلة} = \text{عدد المولات} \times \frac{\text{الكتلة المولية (g)}}{1\ mol}$$

$$CO_2\ \text{كتلة}\ 0.045\ mol \times \frac{44.009\ g}{1\ mol} = 1.96\ g$$

٢٢.

المعطيات: كتلة $H_2 = 0.00922\ g$

المطلوب: $V\ (ml)$

الحل:

$$\text{عدد المولات} = (g)\ \text{الكتلة} \times \frac{1\ mol}{\text{الكتلة المولية (g)}}$$

H_2 عدد مولات $= 0.00922\ g \times \frac{1\ mol}{2.016\ g} = 0.00457\ mol$

عند STP

$V\ (L) = (mol)$ عدد المولات $\times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$

$V = 0.00457\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 0.1024\ L = 102.4\ ml$

٢٣.

المعطيات: كتلة $Kr = 0.416\ g$

المطلوب: V

الحل:

عدد المولات $= (g)$ الكتلة $\times \frac{1\ mol}{\text{الكتلة المولية}(g)}$

Kr عدد مولات $= 0.416\ g \times \frac{1\ mol}{83.798\ g} = 0.00496\ mol$

عند STP

$V\ (L) = (mol)$ عدد المولات $\times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$

$V = 0.00496\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 0.111\ L$

٢٤.

المعطيات: كتلة $C_2H_4 = 4.5\ Kg$

المطلوب: V

الحل:

عدد المولات $= (g)$ الكتلة $\times \frac{1\ mol}{\text{الكتلة المولية}(g)}$

C_2H_4 عدد مولات $= 4.5 \times 10^3\ g \times \frac{1\ mol}{28.054\ g} = 160.405\ mol$

عند STP

$V\ (L) = (mol)$ عدد المولات $\times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$

$V = 160.405\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 3.593 \times 10^3\ L$

٢٥.

المعطيات:

He

$m_1 = 0.86\ g$

$V_1 = 19.2\ L$

$m_2 = 0.205\ g$

المطلوب: V_2

الحل:

الكتلة (g)	الحجم (L)

19.2 L	0.86 g
?	0.250 g

$$V_2 = V_1\,(L) \times \frac{m_2(g)}{m_1(g)}$$

$$V_2 = 19.2\ L \times \frac{0.205\ g}{0.86\ g} = 4.58\ L$$

ص ١٠٣

ماذا قرأت؟

لأن عدد المولات يتناسب طرديًا مع كل من الضغط والحجم.

ص ١٠٤

مسائل تدريبية

٢٦.

المعطيات:

$n = 2.49\ mol$

$V = 1.00\ L$

$P = 143\ KPa$

المطلوب: T

الحل:

$$PV = nRT$$

$$T = \frac{PV}{nR}$$

$$T = \frac{143\ KPa \times 1.00\ L}{2.49\ mol \times 8.314\ \frac{L.KPa}{mol.K}} = 6.9\ K$$

$$T = 6.9\ K - 273 = -266.1\ ^\circ C$$

٢٧.

المعطيات:

$n = 0.323\ mol$

$T = 256\ K$

$P = 0.90\ atm$

المطلوب: V

الحل:

$$PV = nRT$$

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

$$V = \frac{0.323\ mol \times 256\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}}{0.90\ atm} = 7.54\ L$$

٢٨.

المعطيات:

$n = ٠.١٠٨\ mol$

$T = ٢٠.٠°C$
$V = 0.050\ L$

المطلوب: $P(atm)$
الحل:

$T = ٢٠.٠°C + 273 = 293\ K$
$PV = nRT$
$P = \frac{nRT}{V}$
$P = \frac{0.108\ mol \times 293\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}}{0.050\ L} = 51.96\ atm$

٢٩.
المعطيات:

$V = 0.044\ L$
$P = 3.81\ atm$
$T = 25\ °C$

المطلوب: n
الحل:

$T = 25\ °C + 273 = 298\ K$
$PV = nRT$
$n = \frac{PV}{RT}$
$n = \frac{3.81\ atm \times 0.044\ L}{298\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}} = 6.9 \times 10^{-3}\ mol$

٣٠.
المعطيات:

$V_1 = 3.0\ L$
$n_2 = 2n_1$
$T_2 = 2T_1$
$P_2 = P_1$

المطلوب: V_2
الحل:

$P_1V_1 = n_1RT_1$
$P_1 \times 3.0\ L = n_1RT_1$ (1)
$P_2V_2 = n_2RT_2$
بالتعويض عن القيم في المعادلة ٢
$P_1V_2 = 2n_1 \times R \times 2T_1$ (2)
بقسمة (٢) على (١)
$\frac{P_1V_2}{P_1 \times 3.0\ L} = \frac{2n_1R\,2T_1}{n_1RT_1}$

$$\frac{V_2}{3.0\ L} = 4$$
$$V_2 = 12L$$

ص ١٠٥
الشكل ٧-٧
لأن كثافة غاز ثاني أكسيد الكربون أكبر من كثافة غاز الأكسجين.

ص ١٠٦
تجربة
تحليل
١.
المعطيات:

$$P = 1atm$$
$$T = 25\ ^\circ C$$

المطلوب: $\frac{V}{n}$

الحل:

$$T = 25\ ^\circ C + 273 = 298\ K$$
$$PV = nRT$$
$$\frac{V}{n} = \frac{RT}{P}$$
$$\frac{V}{n} = \frac{0.0821\ \frac{L.atm}{moll.K} \times 298\ K}{1\ atm} = 24.4658\ L/mol$$

٢.

$$D = \frac{MP}{RT}$$
$$D_{CO_2} = \frac{44.009\ \frac{g}{mol} \times 1\ atm}{0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 298\ K} = 1.799\ g/L$$
$$D_{N_2} = \frac{28.014\ \frac{g}{mol} \times 1\ atm}{0.0821\ \frac{L.atm}{moll.K} \times 298\ K} = 1.145\ g/L$$
$$D_{O_2} = \frac{31.998\ \frac{g}{mol} \times 1\ atm}{0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 298\ K} = 1.308\ g/L$$

٣.
نعم، تدعم الحسابات والملاحظات استخدام CO_2 في مكافحة الحرائق.
من الحسابات: نجد أن كثافة غاز ثاني أكسيد الكربون أكبر من كثافة كل من غازي النيتروجين والأكسجين. ومن الملاحظات: انطفأ لهب الشمعة عند تعرضه لغاز ثاني أكسيد الكربون.
ماذا قرأت؟

تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية، فحجم الجسيمات يكاد يكون معدومًا، ولا تشغل حيزًا، ولا توجد قوى تجاذب بينها أو مع جدران الوعاء الموجودة فيه، حركتها عشوائية، وتصادماتها مرنة.

ص ١٠٧

تطبيق الاستراتيجية

١- اشتقاق قانون بويل

١. يُستخدم قانون الغاز المثالي لكتابة معادلتين تصفان عينة من الغاز عند ضغط وحجم مختلفين.

$$P_1V_1 = nRT \qquad P_2V_2 = nRT$$

٢. يُعزل الحجم والضغط في الجهة نفسها من المعادلة.

٣. لأن كلًّا من n، وR، وT، ثابت تحت هذه الظروف تُساوي PV للمعادلتين.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

٢- اشتقاق قانون جاي لوساك

١. يُستخدم قانون الغاز المثالي لكتابة معادلتين تصفان عينة من الغاز عند ضغط ودرجة حرارة مختلفين.

$$P_1V = nRT_1 \qquad P_2V = nRT_2$$

٢. يُعزل الضغط ودرجة الحرارة في الجهة نفسها من المعادلة.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{nR}{V} \qquad \frac{P_2}{T_2} = \frac{nR}{V}$$

٣. لأن كلًّا من n، وR، وV، ثابت تحت هذه الظروف تُساوي $\frac{P}{T}$ للمعادلتين.

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

٢- اشتقاق القانون العام للغازات

١. يُستخدم قانون الغاز المثالي لكتابة معادلتين تصفان عينة من الغاز عند ضغط و حجم درجة حرارة مختلفين.

$$P_1V_1 = nRT_1 \qquad P_2V_2 = nRT_2$$

٢. يُعزل الحجم والضغط ودرجة الحرارة في الجهة نفسها من المعادلة.

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

٣. لأن كلًّا من n، وR ثابت تحت هذه الظروف تُساوي $\frac{PV}{T}$ للمعادلتين.

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

التقويم ٢ - ٧

ص ١٠٨

٣١. لأن جسيمات الغاز تكون متباعدة كثيرًا جدًا بحيث يصبح تأثير حجم الجسيمات قليلًا جدًا على الحجم الذي يشغله الغاز.

٣٢. $PV = nRT$

٣٣. يسلك الغاز الحقيقي سلوكًا مشابهًا لسلوك الغاز المثالي في الظروف التي تزيد فيها المسافة وتقل قوى التجاذب بين الجسيمات. وأفضل الظروف لذلك عند درجات الحرارة المرتفعة والضغط المنخفض.

٣٤. عند الضغط العالي، ودرجات الحرارة المنخفضة؛ حيث تقل المسافات بين الجسيمات وتزيد قوى التجاذب.

٣٥.

P: atm, KPa, mm Hg, torr.
V: L
n: mol
T: K

٣٦.

المعطيات:

C_3H_8
$V = 2.0\ L$
$P = 1.00\ atm$
$T = -15\ ^\circ C$

المطلوب: m

الحل:

$$T = -15\ ^\circ C + 273 = 258\ K$$

$$PV = nRT$$

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

$$n = \frac{1.00\ atm \times 2.0\ L}{258\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}} = 0.0944\ mol$$

$$m = n\ M$$

$$m = 0.0944\ mol \times \frac{44.097\ g}{1\ mol} = 4.16\ g$$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

٣٧.

عند درجة حرارة ℃ 20- يكون الضغط ≈ psi ٢٣.٤

٣- ٧: الحسابات المتعلقة بالغازات

ص ١١٠

مسائل تدريبية

٣٨.

المعطيات: $= 34.0\ L V_{O_2}$

المطلوب: $V_{C_3H_8}$

الحل:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

$$V_{C_3H_8} = 34.0\ L\ O_2 \times \frac{1\ vol\ C_3H_8}{5\ vol\ O_2} = 6.8\ L\ C_3H_8$$

٣٩.

المعطيات: $= 5.00\ L V_{O_2}$

المطلوب: V_{H_2}

الحل:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

$$V_{H_2} = 5.00\ L\ O_2 \times \frac{2\ vol\ H_2}{1\ vol\ O_2} = 10\ L\ H_2$$

40.

المعطيات: $= 2.36\ L V_{CH_4}$

المطلوب: V_{O_2}

الحل:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

$$V_{O_2} = 2.36\ L\ CH_4 \times \frac{2\ vol\ O_2}{1\ vol\ CH_4} = 4.72\ L\ O_2$$

٤١.

المعطيات: $= 34\ L V_{N_2O}$

المطلوب: V_{O_2}

الحل:

$$2N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2N_2O_{(g)}$$

$$V_{O_2} = 34\ L\ N_2 \times \frac{1\ vol\ O_2}{2\ vol\ N_2} = 17\ L\ O_2$$

ص 112
مسائل تدريبية

٤٢.

المعطيات:

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

$$= 0.100\ L V_{N_2O}$$

المطلوب: كتلة $NH_4NO_{3(s)}$

الحل:

$$PV = nRT$$

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

عند STP

$$P = 1\ atm$$

$$T = 25\ ^\circ C + 273 = 298\ K$$

$$n_{N_2O} = \frac{1\ atm \times 0.100\ L}{0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 298\ K} = 4.087 \times 10^{-3}\ mol$$

$$n_{NH_4NO_3} = n_{N_2O} \times \frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{1\ mol\ N_2O}$$

$$= 4.087 \times 10^{-3}\ mol\ N_2O \times \frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{1\ mol\ N_2O}\ n_{NH_4NO_3}$$

$$= 4.087 \times 10^{-3}\ mol\ NH_4NO_3$$

$$m = n\ M$$

$$m = 4.087 \times 10^{-3}\ mol \times \frac{80.043\ g}{1\ mol} = 0.327\ g$$

٤٣.

المعطيات: $m_{CaCO_3} = 2.38\ Kg$

المطلوب: V_{CO_2}

الحل:

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{CaCO_3} = \frac{(2.38 \times 10^3)g}{100.086\ \frac{g}{mol}} = 23.78\ mol$$

$$n_{CO_2} = 23.78\ mol\ CaCO_3 \times \frac{1\ mol\ CO_2}{1\ mol CaCO_3} = 23.78\ mol\ CO_2$$

$$PV = nRT$$

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

عند STP

$P = 1\ atm$

$T = 25\ ^\circ C + 273 = 298\ K$

$$V_{CO_2} = \frac{23.78\ mol \times 0.0821 \frac{L.atm}{mol.K} \times 298\ K}{1\ atm} = 581.786\ L$$

٤٤.

المعطيات:

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

$m_{Fe} = 52.0\ g$

المطلوب: V_{O_2}

الحل:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{Fe} = \frac{52.0\ g}{55.845 \frac{g}{mol}} = 0.931\ mol$$

$$n_{O_2} = 0.931\ mol\ Fe \times \frac{3\ mol\ O_2}{4\ mol\ Fe} = 0.698\ mol\ O_2$$

$PV = nRT$

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

عند STP

$P = 1\ atm$

$T = 25\ ^\circ C + 273 = 298\ K$

$$V_{O_2} = \frac{0.931\ mol \times 0.0821 \frac{L.atm}{mol.K} \times 298\ K}{1\ atm} = 17.086\ L$$

٤٥.

المعطيات:

$$NaHCO_{3(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow NaCH_3COO_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

$n_{NaHCO_3} = 28\ g$

$T_{\text{متفاعلات}} = 25\ ^\circ C$

$T_{\text{نواتج}} = 20\ ^\circ C$

المطلوب: V_{CO_2}

الحل:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{NaHCO_3} = \frac{28\ g}{84.006\ \frac{g}{mol}} = 0.333\ mol$$

$$n_{CO_2} = 0.333\ mol\ NaHCO_3 \times \frac{1\ mol\ CO_2}{1\ mol\ NaHCO_3} = 0.333\ mol\ CO_2$$

$$PV = nRT$$

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

$$P = 1\ atm$$

$$T = 20\ ^\circ C + 273 = 293\ K$$

$$V_{CO_2} = \frac{0.333\ mol \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 293\ K}{1\ atm} = 8.018\ L$$

التقويم ٣ـ ٧

ص ١١٣

٤٦. $V_{H_2O} = 2\ L,\ V_{O_2} = 1\ L,\ V_{HF} = 4\ L$

٤٧. يتناسب حجم الغاز تناسبًا طرديًا مع عدد مولاته، عند درجة حرارة وضغط ثابتين، لأن زيادة كمية الغاز تزيد من حجمه.

٤٨.

إذا ظلت درجة الحراة ثابتة فإن الضغط يتضاعف.

إذا ظل الضغط ثابتًا فإن درجة الحرارة تنخفض إلى النصف.

يمكن أن يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة، فيزيد الضغط وتقل درجة الحرارة.

٤٩.

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

$$\frac{1\ mol\ C_2H_4}{3\ mol\ O_2} = 1:3,\ \frac{2\ mol\ CO_2}{2\ mol\ H_2O} = 1:1$$

مختبر الكيمياء

ص ١١٥

حلل واستنتج

٦. لأنه لم يكن الضغط داخل الحبات كبير بشكل كاف حتى تنتفش لقلة الماء فيها فيؤدي إلى قلة ضغط الماء عند تبخره.

٧.

بعض مصادر الخطأ:

١- عدم جودة المواد والأدوات المستخدمة.

٢- عدم الدقة في قياس الكتل.

٣- فقدان بعض بخار الماء، وبعض الزيت.

٤- عدم انتفاش بعض حبوب الذرة.

تصحيحها:

١- التأكد من جودة وسلامة الأدوات والمواد المستخدمة.

٢- الدقة في قياس الكتل.

الاستقصاء

يتم اتباع نفس خطوات التجربة السابقة مع تغيير نوع حبوب الذرة، وأحجامها. فنجد أنا باختلاف نوع الذرة تحتاج إلى ضغوط مختلفة لتنتفش حيث أن كمية الماء داخل حبة الذرة هي العامل الأكثر تأثيرا في سرعة النفش.

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

الفصل ٧: مراجعة الفصل

ص ١١٧

١ـ ٧

إتقان المفاهيم

٥٠.

قانون بويل: يتناسب حجم كمية محددة من الغاز عكسيًا مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة.

الصيغة: $P_1V_1 = P_2V_2$

قانون شارل: يتناسب حجم كتلة محددة من الغاز طرديًا مع درجة حرارته بمقياس كلفن عند ثبوت الضغط.

الصيغة: $\frac{V_2V_1}{T_2T_1} =$

قانون جاي لوساك: يتناسب ضغط مقدار محدد من الغاز طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة له، إذا بقي الحجم ثابتًا.

الصيغة: $\frac{P_2P_1}{T_2T_1} =$

القانون العام للغازات: يحدد العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة، حيث يتناسب الضغط عكسيًا مع الحجم وطرديًا مع درجة الحرارة.

الصيغة: $\frac{P_2V_2P_1V_1}{T_2 \quad T_1} =$

٥١. يقل.

٥٢. يزيد.

٥٣. $T = 0°C + 273 = 273\ K$ & $P = 1atm$

٥٤.

الضغط: atm

الحجم: L

درجة الحرارة: K

إتقان حل المسائل

٥٥. ينص قانون شارل على أن حجم كتلة معينة من الغاز يتناسب طرديا مع درجة الحرارة. ويخضع الرسم البياني إلى هذا القانون لأن مضاعفة درجة الحرارة من شأنها مضاعفة الحجم لذا فالبيانات دقيقة.

٥٦.

المعطيات:

$V_1 = 5.0 \times 10^4\ L$

$P_1 = 0.995\ atm$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩ـ ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

$T_1 = 32.0°C$
$P_2 = 0.720\ atm$
$T_2 = -12.0°C$

المطلوب: V_2
الحل:

$T_1 = 32.0°C + 273 = 305\ K$
$T_2 = -12°C + 273 = 261\ K$

باستخدام القانون العام للغازات

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$
$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$
$$V_2 = 5.0 \times 10^4\ L \times \left(\frac{305\ K}{261\ K}\right)\left(\frac{0.995\ atm}{0.720\ atm}\right)$$
$$= 8.1 \times 10^4\ L$$

٥٧.

a.

المعطيات:

$V_1 = 2.0\ L$
$P_1 = 0.82\ atm$
$V_2 = 1.0\ L$

المطلوب: P_2
الحل:
باستخدام قانون بويل

$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$
$$P_2 = 0.82\ atm \times \left(\frac{2.0\ L}{1.0\ L}\right)$$
$$= 1.64\ atm$$

b.

المعطيات:

$V_1 = 250\ ml$
$V_2 = 400\ ml$
$T_2 = 298K$

المطلوب: T_1
الحل:
باستخدام قانون شارل

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

$$T_1 = T_2 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$
$$T_1 = 298\ K \times \left(\frac{250\ ml}{400\ ml}\right)$$
$$= 186.25\ K$$

ج.

المعطيات:

$$V_1 = 0.55\ L$$
$$P_1 = 740\ mm\ Hg$$
$$V_2 = 0.80\ L$$

المطلوب: P_2

الحل:

باستخدام قانون بويل

$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$
$$P_2 = 740\ mm\ Hg \times \left(\frac{0.55\ L}{0.80\ L}\right)$$
$$= 508.75\ mmHg$$

٥٨.

المعطيات:

$$V_1 = 2.5\ L$$
$$T_1 = 22\ ^\circ C$$
$$T_2 = 43\ ^\circ C$$

المطلوب: V_2

الحل:

$$T_1 = 22\ ^\circ C + 273 = 295\ K$$
$$T_2 = 43\ ^\circ C + 273 = 316\ K$$

باستخدام قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$
$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$
$$V_2 = 2.5\ L \times \left(\frac{316\ K}{295\ K}\right)$$
$$= 2.68\ L$$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ – ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

٥٩.

المعطيات:

$P_1 = 1.11\ atm$
$T_1 = 15.0°C$
$T_2 = 30.0°C$

المطلوب: P_2

الحل:

$T_1 = 15.0\ °C + 273 = 288\ K$
$T_2 = 30.0\ °C + 273 = 303\ K$

باستخدام قانون جاي لوساك.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$
$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$
$$P_2 = 1.11\ atm \times \left(\frac{303\ K}{288\ K}\right)$$
$$= 1.168\ atm$$

٦٠.

المعطيات:

$V_1 = 500\ ml$
$P_1 = 108\ kPa$
$T_1 = 10.0°C$
$V_2 = 750\ ml$
$T_2 = 21.0°C$

المطلوب: P_2

الحل:

$T_1 = 10°C + 273 = 283\ K$
$T_2 = 21°C + 273 = 294\ K$

باستخدام القانون العام للغازات

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$
$$P_2 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$
$$P_2 = 108\ kPa \times \left(\frac{294\ K}{283\ K}\right)\left(\frac{500\ ml}{750\ ml}\right)$$
$$= 74.799\ kPa$$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ – ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

٧ - ٢

إتقان المفاهيم

٦١. مبدأ أفوجادرو: الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة تحتوي العدد نفسه من الجسيمات عند نفس درجة الحرارة والضغط.

٦٢. قانون الغاز المثالي: قانون يصف السلوك الطبيعي للغاز المثالي إعتمادًا على ضغط الغاز وحجمه ودرجة حرارته وعدد مولاته.

ص ١١٨

٦٣.

حجم 1mol من الغاز في الظروف المعيارية = 22.4 L

حجم 2mol من الغاز في الظروف المعيارية = 2 × 22.4 L = 44.8 L

٦٤. الغاز المثالي يتبع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية، فحجم الجسيمات يكاد يكون معدومًا، ولا تشغل حيزًا، ولا توجد قوى تجاذب بينها أو مع جدران الوعاء الموجودة فيه، حركتها عشوائية، وتصادماتها مرنة، ويخضع لقوانين الغازات تحت أي ظروف من الضغط ودرجة الحرارة. ولكن في الحقيقة ليس هناك غاز مثالي؛ فجسيمات الغاز لها حجم وإن كان صغيرًا، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تمامًا. لا يوجد في الحقيقة غاز مثالي لأن جميع جسيمات الغاز لها الحجم نفسه وبينها قوى تجاذب.

٦٥. عند درجات الحرارة المنخفضة، والضغط العالي.

٦٦. الكلفن (K) هي وحدة الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؛ لأن درجة الحرارة المطلقة (K) لها علاقة طردية مباشرة مع كل من الضغط والحجم، وهذا لا يتحقق مع درجة الحرارة السليزية حيث نجد أن العلاقة بينها وبين الحجم والضغط علاقة طردية غير مباشرة.

إتقان حل المسائل

٦٧.

a.

المعطيات:

$n = 0.540\ mol$ ،C_3H_8

المطلوب: V

الحل:

عند STP

$$V\ (L) = (mol)\ \text{عدد المولات} \times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$$

$$V = 0.540\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 12.096\ L$$

b. يُضغط غاز البروبان ويتحول إلى سائل، حتى يسهل نقل وتخزين كميات كبيرة منه، حيث يقل الحجم بزيادة الضغط.

٦٨.

المعطيات:

$P = 1.0 \times 10^{-15}$ mm Hg

$V = 1.00$ L

$T = 22$ °C

المطلوب: عدد جسيمات الغاز.

الحل:

$T = 22$ °C $+273 = 295$ K

$PV = nRT$

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

$$n = \frac{1.0 \times 10^{-15} \text{ mm Hg} \times 1.00 \text{ L}}{295 \text{ K} \times 62.4 \frac{\text{L.mm Hg}}{\text{moll.K}}} = 5.432 \times 10^{-20} \text{ mol}$$

عدد الجسيمات = عدد المولات $\times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ جسيم}}{1 \text{ mol}}$

عدد الجسيمات $= 5.432 \times 10^{-20} \text{ mol} \times \frac{6.02 \times 10^{23} \text{ جسيم}}{1 \text{ mol}}$

$= ٣.٢٧٠٣ \times ١٠^{٤}$ جسيم.

٦٩.

المعطيات:

O_2

$P = 3.50$ atm

$V = 2.00$ L

$T_1 = 25.0$ °C

$T_2 = 49.0$ °C

المطلوب: n_1, n_2

الحل:

$T_1 = 25.0$ °C $+ 273 = 298$ K

$T_2 = 49.0$ °C $+ 273 = 322$ K

$PV = nRT$

$$n_1 = \frac{PV}{RT_1}$$

$$n_1 = \frac{3.50 \text{ atm} \times 2.00 \text{ L}}{298 \text{ K} \times 0.0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{moll.K}}} = 0.268 \text{ mol}$$

عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 49 °C مع ثبات الضغط

$$N_2 = \frac{PV}{RT_2}$$

$$n_2 = \frac{3.50\ atm \times 2.00\ L}{322\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{moll.K}} = 0.265\ mol$$

٧٠.

المعطيات:

$D = 0.480\ g/L$

$T = 260.0\ ^\circ C$

$P = 0.140\ atm$

المطلوب: M

الحل:

$T = 260.0\ ^\circ C + 273 = 533\ K$

$$M = \frac{DRT}{P}$$

$$M = \frac{0.480\frac{g}{L} \times 0.0821\ \frac{L.atm}{moll.K} \times 533\ K}{0.140\ atm} = 150.032\ g/mol$$

٧١.

$m = 42\ g\ CO$

المطلوب: V

الحل:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{42\ g}{28.01\frac{g}{mol}} = 1.499\ mol$$

عند STP

$$V\ (L) = n\ (mol) \times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$$

$$V = 1.499\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 33.588\ L$$

٧٢.

المعطيات:

Cl_2

$T = 22\ ^\circ C$

$P = 1.00\ atm$

المطلوب: D

الحل:

$T = 22\ ^\circ C + 273 = 295\ K$

$$D = \frac{MP}{RT}$$

$$D = \frac{70.906\frac{g}{mol} \times 1.00\ atm}{0.0821\ \frac{L.atm}{moll.K} \times 295\ K} = 2.928\ g/L$$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩ـ ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

٧٣.

من القانون العام للغازات: $PV = nRT$، يتناسب الحجم طرديًا مع عدد المولات، ومن العلاقة $n = \frac{m}{M}$، تتناسب عدد المولات عكسيًا مع الكتلة المولية.

الكتلة المولية للنيتروجين N_2 أقل من الكتلة المولية للبروبان C_3H_8، وعليه فإن عدد مولات N_2 أكبر من عدد مولات C_3H_8، وبالتالي فإن N_2 يشغل الحجم الأكبر عند STP.

٧٤. متروك للطالب.

٧٥.

المعطيات:

C_2H_6

$P = 1.08\ atm$

$V = 2.00\ L$

$T = 15\ ^\circ C$

المطلوب: m

الحل:

$T_1 = 15\ ^\circ C + 273 = 288\ K$

$PV = nRT$

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

$n = \frac{1.08\ atm \times 2.00\ L}{288\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}} = 0.0914\ mol$

$m = n\ M$

$m = 0.0914\ mol \times 30.7\ g/mol = 2.747\ g$

٧٦.

المعطيات:

N_2

$P = 5.30\ atm$

$V = 3.50\ L$

$T = 125\ ^\circ C$

المطلوب: D

الحل:

$T = 125\ ^\circ C + 273 = 398\ K$

$D = \frac{MP}{RT}$

$D = \frac{28.014\ \frac{g}{mol} \times 5.30\ atm}{0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K} \times 398\ K} = 4.544\ g/L$

٧٧.

المعطيات:

He

$V = 22\ L$

$T = 35.0\ ^\circ C$

$P = 3.1\ atm$

المطلوب: n

الحل:

$$T_1 = 35\ ^\circ C + 273 = 308\ K$$

$$PV = nRT$$

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

$$n = \frac{3.1\ atm \times 22\ L}{308\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}} = 2.697\ mol$$

ص ١١٩

٧٨. من القانون العام للغازات نجد أن العلاقة بين درجة الحرارة وعدد المولات علاقة عكسية، وبما أن درجة الحرارة تضاعفت مع ثبوت العوامل الأخرى فإن عدد المولات انخفضت إلى النصف.

٣- ٧

إتقان المفاهيم

٧٩. لأن المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة تشير إلى نسب حجوم الغازات في التفاعل.

٨٠. لأنه بعد خلط الغازات تكون جميعها في نفس الظروف من درجة الحرارة والضغط، وبالتالي تؤثر هذه الظروف في كل غاز بنفس الطريقة.

٨١. لأنه كما ينص مبدأ أفوجادرو أن الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة، عند نفس درجة الحرارة والضغط تحتوي العدد نفسه من الجسيمات، وبالتالي العدد نفسه من المولات، لذلك فإن المعاملات تُمثل أيضًا الحجوم النسبية للغازات.

٨٢. لا، لاتمثل المعاملات الحجوم النسبية للمواد الصلبة والسائلة، حيث لا ينطبق مبدأ أفوجادرو على المواد الصلبة والسائلة، وإنما على الغازات فقط التي تسلك سلوك الغاز المثالي.

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

٨٣.

المعطيات: V_{H_2} , P = 40.0 KPa , T = 93 °C = 13.7 L

المطلوب: V_{NH_3}

الحل:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

$$V_{NH_3} = 13.7\ L\ H_2 \times \frac{2\ vol\ NH_3}{3\ vol\ H_2} = 9.13\ L\ NH_3$$

٨٤.

المعطيات:

$$2H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 2S_{(s)}$$

V = 6.5 L

P = 2 atm

T = 290 K

المطلوب: m_{H_2O}

الحل:

$$V_{H_2O} = 6.5\ L\ H_2S \times \frac{2\ vol\ H_2O}{2\ vol\ H_2S} = 6.5\ L\ H_2O$$

$$PV = nRT$$

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

$$n_{H_2O} = \frac{2\ atm \times 6.5\ L}{290\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}} = 0.546\ mol$$

$$m = n\ M$$

$$m_{H_2O} = 0.546\ mol \times 18.015\ g/mol = 9.836\ g$$

٨٥.

المعطيات: V_{NO} = 15.4 L, T = 310 K , P = 2 atm

المطلوب: V_{N_2} , V_{O_2}

الحل:

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$$

$$V_{N_2} = 15.4\ L\ NO \times \frac{1\ vol\ N_2}{2\ vol\ NO} = 7.7\ L\ N_2$$

$$V_{O_2} = 15.4\ L\ NO \times \frac{2\ vol\ O_2}{2\ vol\ NO} = 15.4\ L\ O_2$$

٨٦.

a. $\frac{2 \text{ vol } CO}{2 \text{ vol } CO_2} = 1:1$

b.

متروك للطالب.

٨٧.

المعطيات: $V_{C_3H_8} = 3L, T = 350\ ^\circ C , P = 0.990 \text{ atm}$

المطلوب: m_{H_2O}

الحل:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

$$V_{H_2O} = 3L\ C_3H_8 \times \frac{4 \text{ vol } H_2O}{1 \text{ vol } C3H8} = 12L\ H_2O$$

$$PV = nRT$$

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

$$T = 350\ ^\circ C + 273 = 623K$$

$$n_{H_2O} = \frac{0.990 \text{ atm} \times 12L}{623K \times 0.0821 \frac{L.atm}{mol.K}} = 0.232 \text{ mol}$$

$$m = n\ M$$

$$m_{H_2O} = 0.232 \text{ mol} \times 18.015 \text{ g/mol} = 4.184 \text{ g}$$

٨٨.

المعطيات: $= 20.8 \text{ g} m_{KClO_3}$

المطلوب: V_{O_2}

الحل:

$$2KClO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{KClO_3} = \frac{20.8 \text{ g}}{122.548 \frac{g}{mol}} = 0.1697 \text{ mol}$$

عند STP

$$V\ (L) = n\ (mol) \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}$$

$$V_{KClO_3} = 0.1697 \text{ mol} \times \frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 3.802 \text{ L}$$

$$V_{O_2} = 3.802 \text{ L } KClO_3 \times \frac{3 \text{ vol } O_2}{2 \text{ vol } KClO_3} = 5.703 \text{ L } O_2$$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

مراجعة عامة

٨٩.

المعطيات:

N_2

$V = 3.50\ L$

$m = 2.00 \times 10^{-5}\ g$

$T = 22\ ^\circ C$

المطلوب: P

الحل:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{N_2} = \frac{2 \times 10^{-5}\ g}{28.014\ \frac{g}{mol}} = 7.139 \times 10^{-11}\ mol$$

$$T = ٢2\ ٠.^\circ C + 273 = 295\ K$$

$$PV = nRT$$

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

$$P = \frac{7.139 \times 10^{-11}\ mol \times 295\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}}{3.50\ L} = 4.94 \times 10^{-6}\ atm$$

٩٠.

المعطيات: $m_{CO_2} = 8.80\ g$

a.

المطلوب: V_{CO_2} عند STP

الحل:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{CO_2} = \frac{8.80\ g}{44.009\ \frac{g}{mol}} = 0.2\ mol$$

عند STP

$$V\ (L) = n\ (mol) \times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$$

$$V_{CO_2} = 0.19996\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 4.479\ L$$

b.

المعطيات: $T = 160\ ^\circ C\ ,\ P = 3.00\ atm$

المطلوب: V_{CO_2}

الحل:

$$PV = nRT$$

$$T = 160^\circ C + 273 = 433K$$

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

$$V_{CO_2} = \frac{0.2\ mol \times 433\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}}{3.00\ atm} = 2.369\ L$$

c.

المعطيات: $T = 288\ K\ ,\ P = 118\ KPa$

المطلوب: V_{CO_2}

الحل:

$$PV = nRT$$

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

$$V_{CO_2} = \frac{0.2\ mol \times 288\ K \times 8.314\ \frac{L.KPa}{mol.K}}{118\ KPa} = 4.058\ L$$

٩١.

المعطيات:

$$V = 2.33\ L$$

$$T = 24.0\ ^\circ C$$

$$P = 67.2\ KPa$$

المطلوب: n_{CO_2}

الحل:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

$$T = 24\ ^\circ C + 273 = 297\ K$$

$$PV = nRT$$

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

$$n_{C_3H_8} = \frac{67.2\ KPa \times 2.33\ L}{297\ K \times 8.314\ \frac{L.KPa}{mol.K}} = 0.0634\ mol$$

$$n_{CO_2} = 0.0634\ mol\ C_3H_8 \times \frac{3\ mol\ CO_2}{1\ mol\ C3H8} = 0.190\ CO_2$$

ص ١٢٠

٩٢.

المعطيات: $V_1 = 0.50\ L$ عند STP

a.

المعطيات:

$T_2 = -60\ ^\circ C$

$P_2 = 253\ mm\ Hg$

المطلوب: V_2

الحل:

$T_1 = 25^\circ C + 273 = 298\ K$

$T_2 = -60^\circ C + 273 = 213\ K$

$P_1 = 1atm = 760\ mm\ Hg$

باستخدام القانون العام للغازات

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

$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

$$V_2 = 0.50L \times \left(\frac{213\ K}{298\ K}\right)\left(\frac{760\ mm\ Hg}{253\ mm\ Hg}\right)$$

$$= 1.073\ L$$

b.

٩٣.

a. $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

b.

$$\frac{1\ vol\ CH_4}{2\ vol\ H_2O} = 1:2,\ \frac{2\ vol\ H_2O}{1\ vol\ CH_4} = 2:1$$

التفكير الناقد

٩٤.

المعطيات:

$V_1 = 3.8L$

$n_2 = 0.1\ mol$

$P_1 = P_2$ & $T_1 = T_2$

$V_2 = 2.8L$

المطلوب: عدد جرامات He التي يجب إضافتها إلى البالون حتى يرتفع.

الحل:

$PV_1 = n_1RT$

$$n_1 = \frac{PV_1}{RT} \quad (1)$$

$$PV_2 = n_2RT$$

$$n_2 = \frac{PV_2}{RT} \quad (2)$$

من (١) و (٢)

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

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

$$n_1 = 0.1 \text{ mol} \times \frac{3.8 \text{ L}}{2.8 \text{ L}}$$

$$= 0.136 \text{ mol}$$

$$m = n M$$

$$m_1 = 0.136 \text{ mol} \times 4.003 \text{ g/mol} = 0.543 \text{ g}$$

$$m_2 = 0.1 \text{ mol} \times 4.003 \text{ g/mol} = 0.4003 \text{ g}$$

عدد جرامات He التي يجب إضافتها إلى البالون حتى يرتفع

$$= m_1 - m_2$$

$$= 0.543 \text{ g} - 0.4003 \text{ g} = 0.143 \text{ g}$$

٩٥.

a.

$C_2H_2F_4$

$$D = \frac{MP}{RT}$$

$$D = \frac{102.03 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1.00 \text{ atm}}{0.0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}} \times 273 \text{ K}} = 4.٥٥ \text{ g/L}$$

b.

المعطيات:

$$P = 1atm$$

$$V = 1.00 \text{ L}$$

$$T = 220 \text{ °C}$$

المطلوب: عدد الجزيئات في لتر من $C_2H_2F_4$

الحل:

$$T = 220 \text{ °C} + 273 = 493 \text{ K}$$

$$PV = nRT$$

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

$$n = \frac{1atm \times 1.00 \text{ L}}{493 \text{ K} \times 0.0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}} = 0.0247 \text{ mol}$$

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩ـ ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

عدد الجسيمات = عدد المولات × $\frac{6.02\times10^{23}\ \text{جسيم}}{1\ \text{mol}}$

عدد الجسيمات = 0.0247 mol × $\frac{6.02\times10^{23}\ \text{جسيم}}{1\ \text{mol}}$

= ١٠^٢٢ × 1.487 جسيم.

٩٦.

المعطيات: m_{CO_2} = 0.75Kg

المطلوب: V_{CO_2}

الحل:

m_{CO_2} = 0.75Kg = 750 g

$n = \frac{m}{M}$

$n_{CO_2} = \frac{750\ g}{44.009\ \frac{g}{mol}} = 17.042\ mol$

عند STP

$V\ (L) = n\ (mol) \times \frac{22.4\ L}{1\ mol}$

$V_{CO_2} = 17.042\ mol \times \frac{22.4\ L}{1\ mol} = 381.740\ L$

٩٧.

المعطيات:

$C_3H_5N_3O_9$

P = 1atm

T = 2678 ℃

m = 239 g

المطلوب: حجم مزيج الغازات الناتجة.

الحل:

$n = \frac{m}{M}$

$n_{C_3H_5N_3O_9} = \frac{239\ g}{227.058\ \frac{g}{mol}} = 1.052\ mol$

$4C_3H_5N_3O_9 \rightarrow 12CO_{2(g)} + 5N_{2(g)} + 2NO_{(g)} + 10H_2O_{(g)}$

$n_{CO_2} = 1.052\ mol\ C_3H_5N_3O_9 \times \frac{12\ mol\ CO_2}{4\ mol\ C_3H_5N_3O_9} = 3.157\ mol\ CO_2$

$n_{N_2} = 1.052\ mol\ C_3H_5N_3O_9 \times \frac{5\ mol\ N_2}{4\ mol\ C_3H_5N_3O_9} = 1.316\ mol\ N_2$

$n_{NO} = 1.052\ mol\ C_3H_5N_3O_9 \times \frac{2\ mol\ NO}{4\ mol\ C_3H_5N_3O_9} = 0.526\ mol\ NO$

$n_{H_2O} = 1.052\ mol\ C_3H_5N_3O_9 \times \frac{10\ mol\ H_2O}{4\ mol\ C_3H_5N_3O_9} = 2.631\ mol\ NO$

PV = nRT

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩ـ ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

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

$$T = 2678\ ^\circ C + 237 = 2951 K$$

$$n_{total} = 3.157\ mol + 1.316\ mol + 0.526\ mol + 2.631\ mol$$
$$= 7.63\ mol$$

$$V_{total} = \frac{7.63\ mol \times 2951\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}}{1 atm} = 1848.57\ L$$

٩٨.

$$R = 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K} \times \frac{1000\ cm^3}{1L} \times \frac{101.3 \times 10^3 Pa}{1\ atm} = 8.317 \times 10^6\ \frac{cm^3.Pa}{mol.K}$$

٩٩. عند الضغوط العالية ودرجات الحرارة المنخفضة فإن قانون الغاز المثالي يعطي ضغطا أعلى من الضغط الذي يحدثه الغاز فعليا وفي ظل هذه الظروف فإن أثر قوى التجاذب بين الجسيمات يصبح أكثر أهمية إذ تعمل قوى التجاذب بين الجسيمات على تقليل قوى التصادم مع جدران الإناء مما ينتج ضغطا حقيقيا أقل من الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي.

مسألة تحدٍ

١٠٠.

المعطيات:

$$2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$
$$NaHCO_{3(s)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + Na^+_{(aq)}$$

$T = 210\ ^\circ C$

$P = 0.985\ atm$

$m_{NaHCO_3} = 1g$ (لكل تفاعل)

المطلوب: حجم CO_2 لكل جرام من $NaHCO_3$

الحل:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{NaHCO_3} = \frac{1\ g}{83.978\ \frac{g}{mol}} = ١١.٩٠ \times 10^{-3}\ mol$$

للتفاعل الأول

$$n_{CO_2} = ١١.٩٠ \times 10^{-3}\ mol\ NaHCO_3 \times \frac{1\ mol\ CO_2}{2\ mol\ NaHCO_3}$$
$$= ٥.٩٥ \times 10^{-3}\ mol\ CO_2$$

$PV = nRT$

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

$T = 210\ ^\circ C + 273 = 483\ K$

$$V_{CO_2} = \frac{5.95 \times 10^{-3}\ \text{mol} \times 483\ \text{K} \times 0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}}{0.985\ \text{atm}} = 0.٢٤\ \text{L}$$

للتفاعل الثاني

$$n_{CO_2} = ١١.٩٠ \times 10^{-3}\ \text{mol NaHCO}_3 \times \frac{1\ \text{mol CO}_2}{1\ \text{mol NaHCO}_3}$$

$$= ١١.٩٠ \times 10^{-3}\ \text{mol CO}_2$$

$$V_{CO_2} = \frac{11.90 \times 10^{-3}\ \text{mol} \times 483\ \text{K} \times 0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}}{0.985\ \text{atm}} = 0.٤٨\ \text{L}$$

مراجعة تراكمية

١٠١.

a. 0.247 Kg

b. 5.3×10^{-5} Kg

c. 7.23×10^{-6} Kg

d. 9.75×10^{-4} Kg

١٠٢.

أعلى متوسط سرعة: c، عند درجة الحرارة المرتفعة والكتلة المولية الأقل.

أقل متوسط سرعة: b، عند درجة الحرارة المنخفضة والكتلة المولية الأكبر.

ص ١٢١

١٠٣.

a. I_{53}

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^5$

b. B_5

$1s^2 2s^2 2p^1$

c. $Cr_{٢٤}$

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$

d. Kr_{36}

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$

e. Ca_{20}

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

f. Cd_{48}

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10}$

١٠٤.

a. 2,8,18,8, : $\ddot{Kr}$:

b. 2,8,18,8,2, .Sr.

c. 2,8,5, . $\dot{P}$.

d. 2,3, . Ḃ.

e. 2,8,18,7, : B̈r:

f. 2,8,18,6, : S̈e :

١٠٥. عن طريق اختبار توصيلهما للتيار الكهربائي، حيث ينقل المحلول الأيوني التيار الكهربائي، بينما لا ينقله المحلول التساهمي.

١٠٦.

a. $2AgCl_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$

b. $H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

تقويم إضافي

١٠٩. تزداد نسبة المردود المئوي بزيادة الضغط، وتنقص بزيادة درجات الحرارة.

١١٠.

a. بزيادة الضغط تزداد درجة الحرارة.

b. بانخفاض درجة الحرارة تقل سرعة التفاعل، فيزيد الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا.

اختبار مقنن

ص ١٢٢

١. d
٢. d
٣. a
٤. c

١- نفرض أن لدينا مول واحد من المركب.

٢- نحسب الكتلة المولية لكل عنصر في المركب، وللمركب ككل.

$$\text{الكتلة المولية للـ Na في NaOH} = 1\ \text{mol Na} \times \frac{22.990\ \text{g Na}}{1\ \text{mol Na}} = 22.990\ \text{g}$$

$$\text{الكتلة المولية للـ O في NaOH} = 1\ \text{mol O} \times \frac{15.999\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 15.999\ \text{g}$$

$$\text{الكتلة المولية للـ H في NaOH} = 1\ \text{mol H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 1.008\ \text{g}$$

$$\text{الكتلة المولية لـ NaOH} = 1.008\ \text{g/mol} + 15.999\ \text{g/mol} + 22.990\ \text{g/mol}$$

$$= 39.997\ \text{g/mol}$$

٣- نحسب النسبة المئوية لكل عنصر من عناصر المركب.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول واحد من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times ١٠٠$$

$$\text{Na\%} = \frac{22.\frac{990\text{g}}{\text{mol}}}{39.997\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 100 = 57.48\ \%$$

$$\text{O\%} = \frac{15.999\frac{\text{g}}{\text{mol}}}{39.997\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 100 = 40.00\ \%$$

$$\text{H\%} = \frac{1.008\frac{\text{g}}{\text{mol}}}{39.997\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 100 = 2.52\ \%$$

٥. b

He

$V_1 = 5.66 \times 10^6\ \text{L}$

$T_1 = 25^\circ\text{C} + 273 = 298\ \text{K}$

$P_1 = P_2 = 1.10\ \text{atm}$

$T_2 = 12^\circ\text{C} + 273 = 285\ \text{K}$

$V_2 = ?$

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

مكتبة ابن سينا بجدة (ت ٢٥٢٠٩٩٩- ٦٣٣٣٣٥٨) (ج ٠٥٠٥٦٩٨٢١٤ ـ ٠٥٤٢٣٩٣٩١٧)
WWW.ibn-sinaa.com

$$V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$V_2 = 5.66 \times 10^6\ L \times \left(\frac{285\ K}{298\ K}\right)$$

$$= 5.41 \times 10^6\ L$$

٦. c

ص ١٢٣

٧. e

٨. a

NH_3

$V = 4.00\ L$

$m = 0.0468\ g$

$T = 35\ ^\circ C$

المطلوب: P

الحل:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n_{NH_3} = \frac{0.0468\ g}{17.031\ \frac{g}{mol}} = 2.748 \times 10^{-3}\ mol$$

$$T = 35^\circ C + 273 = 308K$$

$$PV = nRT$$

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

$$P = \frac{2.748 \times 10^{-3}\ mol \times 308\ K \times 0.0821\ \frac{L.atm}{mol.K}}{4.00\ L} = 0.0174\ atm$$

أسئلة الإجابات القصيرة

٩. تصاعد غاز، تكون راسب، تكون الماء، انطلاق أو امتصاص حرارة، تغير اللون.

١٠. $O_2, N_2, Cl_2, H_2, I_2, Br_2, F_2$

توجد في الطبيعة على شكل جزيئات ثنائية الذرات، فكل ذرة تساهم بإلكترون لتكوين الرابطة التساهمية، حيث تصل كل ذرة إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل، وينتج عن ذلك استقرار الذرات.

١١. الأيون متعدد الذرات هو الأيون الذي يتكون من أكثر من ذرة ويتصرف وكأنه وحدة واحدة ذات شحنة محصلة، مثل الهيدروكسيد (OH^-)، والكبريتات ($SO4^{2-}$)، والسيانيد (CN^-).