المحتوى	رقم الصفحة
الوحدة الأولى: العلاقات الكتلية في التفاعلات الكيميائية **Mass relationships in chemical reactions**	**13**
النظائر	15
المول	18
الكتلة المولية	20
النسبة المئوية للمركبات	24
تحديد صيغة المركب	27
المعادلات الكيميائية ومزانتها	37
الحسابات الكيميائية: كمية المواد المتفاعلة والناتجة	40
العامل المحدد	44
المردود المئوي	49
الوحدة الثانية: الغـــــازات **Gases**	**55**
الضغط	57
قوانين الغازات	59
قانون الغاز المثالي	64
الكتلة المولية للغاز	73
الحسابات الكيميائية للغازات	77
قانون دالتون للضغوط الجوية	78
تجميع الغاز فوق سطح الماء	95
نظرية الحركة الجزئية	99
جذر متوسط مربع السرعة	105
التدفق والانتشار	109
الغاز الحقيقي	114

المحتوى	رقم الصفحة
الوحدة الثالثة: قوى التجاذب بين الجزيئات والحالة السائلة والصلبة **Intermolecular forces, liquids and solids**	117
قوى التجاذب بين الجزيئات	119
1) الرابطة الهيدروجينية	119
2) التجاذب ثنائي القطب	120
3) قوى لندن	120
الضغط البخاري والتغير بالحالة	126
التغير بالحالة	132
مصطلحات هامة	134
النقطة الثلاثية	137
درجة الحرارة الحرجة	138
الضغط الحرج	138
النقطة الحرجة	138
أسئلة مقترحة وشاملة	139
الوحدة الرابعة: الصفات الفيزيائية للمحاليل **Physical properties of solution**	**141**
تركيب المحلول	143
طاقة تكون المحلول	151
عوامل تؤثر على الذائبية	154
الضغط البخاري للمحلول	159
الصفات التجميعية	168
الصفات التجميعية للمحاليل الكهرلية	180
أسئلة مقترحة وشاملة	181

المحتوى	رقم الصفحة
الوحدة الخامسة: الاتزان الكيميائي **Chemical Equilibrium**	183
ثابت الاتزان	185
تعبير ثابت اتزان يتضمن الضغوط	190
استخراجات ثابت الاتزان	195
مبدأ لوتشاتيليه	204
أسئلة مقترحة وشاملة	206
الوحدة السادسة: الحموض والقواعد **Acids and Bases**	213
مبدأ أرهينيوس	215
نموذج بوتستد ولوري	215
الماء كحمض وقاعدة	218
اختزان الـ P	220
حساب الـ PH لمحاليل الأحماض القوية	225
حساب الـ PH لمحاليل الأحماض الضعيفة	227
نسبة التفكك المئوية للحمض	230
حساب الـ PH للقواعد القوية	233
حساب الـ PH للقواعد الضعيفة	234
الصفات الحامضية والقاعدية للأملاح	235
تأثير التركيب على الصفات الحامضية والقاعدية	241
نموذج لويس للأحماض والقواعد	242
أسئلة مقترحة وشاملة	244

المحتوى	رقم الصفحة
الوحدة السابعة: الكيمياء الحرارية **Thermo chemistry**	247
الطاقة	249
الديناميكية الحرارية	251
الإنثالبي	261
السعة الحرارية	268
المسعر الانفجاري	277
الحرارة النوعية للتكون	281
قانون هس	288
الوحدة الثامنة: العشوائية: الطاقة الحرة والإتزان **Entropy: free energy and equilibrium**	297
القانون الثاني في الديناميكية الحرارية	299
تأثير درجة الحرارة على التلقائية	301
الطاقة الحرة	302
القانون الثالث للديناميكية الحرارية	305
اعتماد الطاقة الحرة على الضغط	309
الطاقة الحرة والعمل	313
أسئلة مقترحة وشاملة	314
الوحدة التاسعة: الكيمياء الكهربائية **Electro Chemistry**	315
الخلايا الجلفانية	317
فرق الجهد الاختزالي المعياري	319
قوانين هامة	323
التحليل الكهربائي	327

المقدمة

أعزائي الطلبة ،،،

يشتمل هذا الكتاب على شرح لمادة كيمياء (107) لطلاب الهندسة بالأخص، بعون من الله عز وجل قمت بعمل كتاب خاص لهذه المادة لأقلل الجهد على الطلاب من عناء شراء كتابي مفتاح الإبداع لكيمياء (101) و (102) وعناء البحث عن المادة المطلوبة.

وأدعو الله أن تجدوا فيه المنفعة والفائدة.

الأستاذ عمر جبر حلوه

Chapter: One

Mass relationships in chemical reactions

العلاقات الكتلية في التفاعلات الكيميائية

Chapter One
Mass relationships in chemical reactions
العلاقات الكتلية في التفاعلات الكيميائية

الحسابات الكيميائية

Istopes النظائر

هي ذرات تمتلك نفس العدد الذري (Z) وتختلف من حيث العدد الكتلي (A) "تختلف من حيث عدد النيوترونات".

Example:

$^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$

Prot. = 6 prot. = 6

Neut. = 6 neut. = 7

أي عينة من العنصر في الطبيعة تحتوي جميع النظائر بنسب ثابتة، لذلك عند كتابة العدد الكتلي للذرة نعتمد على العدد الكتلي والنسب من جميع نظائر العنصر ويطلق على ذلك اسم متوسط الكتلة الذرية (average atomic mass) (aam).

$$\text{متوسط الكتلة الذرية} = \left(\begin{matrix}\text{الكتلة الذرية} \\ \text{للنظير الأول}\end{matrix} \times \begin{matrix}\text{نسبة وجوده} \\ \text{بالطبيعة}\end{matrix}\right) + \left(\begin{matrix}\text{الكتلة الذرية} \\ \text{للنظير الثاني}\end{matrix} \begin{matrix}\text{نسبة وجوده} \\ \text{بالطبيعة}\end{matrix}\right)$$

Question:

An element M exists in nature in two isotopes: ^{185}M, mass = 184.95 amu and ^{187}M, mass = 186.96 amu. If the average atomic mass of M = 186.20 amu, calculate the relative abundance of ^{185}M:

a) 0.33 b) 0.38 c) 0.67 d) 0.62 e) 0.50

The correct answer is (b)

***Solution*:**

Relative abundance $^{185}M = X_1$

Relative abundance $^{187}M = X_2$

$X_1 + X_2 = 1$

لأن X_1, X_2 عبارة عن نسب وهذه النقطة يجب معرفتها دون الحاجة الى ذكرها في السؤال

$186.2 = 184.95\ (X_1) + 186.96\ (X_2)$ ..... (1)

$X_1 + X_2 = 1$

$X_2 = 1\text{-}X1$..... (2)

نعوض المعادلة رقم (2) في المعادلة رقم (1)

$186.2 = 184.95\ (X_1) + 186.96\ (1\text{-}X_1)$

$186.2 = 184.95\ (X_1) + 186.96 - 186.96\ (X_1)$

نقوم بحل هذه المعادلة الخطية

$X_1 = 0.378 = 37.8\%$

$\approx 38\%$

Question:

Naturally occurring copper exists in two isotopic forms: ^{63}Cu and ^{65}Cu. The atomic mass of copper is 63.76 amu. What is the approximate percentage abundance of ^{65}Cu?

a) 50% b)60% c)70% d) 40% e) 30%

The correct answer is (d)

Solution:

Abundance of $Cu^{63} = X_1$

Abundance of $Cu^{65} = X_2$

$\Rightarrow X_1 + X_2 = 1$

$\Rightarrow X_1 = 1 - X_2$ ..... (1)

$63.76 = 63\ (X_1) + 65(X_2)$ ..... (2)

نعوض المعادلة رقم (1) في المعادلة رقم (2)

$63.76 = 63\ (1-X_2) + 65\ (X_2)$

$63.76 = 63 - 63\ X_2 + 65\ X_2$

$63.76 - 63 = -63\ X_2 + 65X_2$

$0.76 = 2X_2$

$\Rightarrow X2 = 0.38 = 38\% \approx 40\%$

The mole — المول

المول = هو عدد أفوجادرو (6.023×10^{23}) من أي شيء.

Example:

1 مول من البشر = 6.023×10^{23} إنسان

1 مول من الدنانير = 6.023×10^{23} دينار

1 مول من الذرات = 6.023×10^{23} ذرة

طبعاً عدد أفوجادرو عدد هائل جداً لذلك نستخدمه مع الذرات لتبسيط التعامل معها.

1 مول من الذرات = 6.023×10^{23} ذرة

1 مول من الذرات = العدد الكتلي (g)

من الجدول الدوري ← Atomic mass

1) عدد المولات = $\frac{\text{عدد الذرات أو الجزيئات}}{\text{عدد أفوجادرو}}$

$$\text{No. of moles} = \frac{\text{No. of atoms or molecules}}{\text{Avogadro's No.}}$$

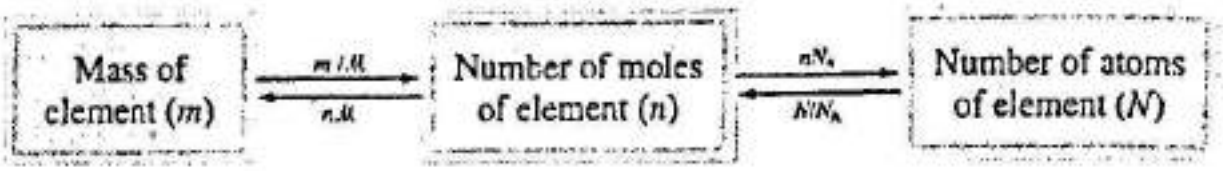
$$\boxed{n = \frac{No.}{N}} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

2) عدد المولات = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{العدد الكتلي أو الكتلة الذرية}}$

$$\text{No. of moles} = \frac{\text{mass}}{\text{Atomic mass}}$$

$$\boxed{n = \frac{m}{Mw}} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

⇐ من الكتلة ⇆ عدد المولات ⇆ عدد الذرات أو الجزيئات



Example:

Compute the mass in grams of a sample of carbon containing 68 atoms?

احسب الكتلة (بوحدة الغرام) لعينة كربون تحتوي 68 ذرة كربون؟

Solution :

Mw للكربون = 12 "من الجدول الدوري"

من عدد الذرات نحسب عدد المولات ومن عدد المولات نحسب الكتلة.

a) $n = \frac{no.}{N}$

$$n = \frac{68}{6.023 \times 10^{23}}$$

$$n = 1.13 \times 10^{-22} \text{ mol.}$$

يعطى بالامتحان في أول صفحة

b) $n = \frac{m}{Mw}$

$$1.13 \times 10^{-22} = \frac{m}{12}$$

$$\Rightarrow m = 1.35 \times 10^{-21} \text{ g.}$$

Example:

Compute the no. of atoms in a 10.0 g sample of aluminum?

احسب عدد الذرات في عينة من الألمونيوم وزنها 10.0 g؟

Solution :

الكتلة ← عدد المولات ← عدد الذرات

Mw للألمنيوم = 26.98

a) $n = \frac{m}{Mw}$

$$n = \frac{10.0}{26.98} = 0.371 \text{ mol}$$

b) $n = \frac{no.}{N}$

$$0.371 = \frac{no.}{6.023 \times 10^{23}}$$

$$\Rightarrow no. = 2.23 \times 10^{23} \text{ atoms}$$

Molar Mass — الكتلة المولية

- الكتلة الذرية (atomic mass) تكون لذرات مثل (Na، Mg، Al، .....).
- الكتلة المولية (Molar mass) تكون لجزيئات مثل (CH_4، NO_2، Cl_2، .....).
- نقوم بحساب الكتلة المولية للجزيء بجمع الكتل الذرية للذرات المكونة لذلك الجزيء.

Example:

$C_6H_{12}O_6$

من الجدول الدوري ⇐ الكتلة الذرية لـ C = 12

الكتلة الذرية لـ H = 1

الكتلة الذرية لـ O = 16

$Mw = 6(12) + 12(1) + 6(16)$
$Mw = 180\ g/mol$

Example:

Calculate molar mass of $C_{10}H_6O_3$:

Solution:

$Mw = 10(12) + 6(1) + 3(16)$
$= 174\ g/mol$

- في عملية حساب عدد الجزيئات نتبع ما قمنا بعمله في حساب عدد الذرات ولكن الاختلاف هنا هو بحساب الكتلة المولية (Mw) للجزيء.

Example:

a) How many molecules of $(C_7H_{14}O_2)$ in 1 µg "1×10^{-6} g"?
b) How many atoms of carbon are present?

a) كم عدد الجزيئات من $(C_7H_{14}O_2)$ الموجودة في 1 ميكروغرام "1×10^{-6} g"؟

b) كم عد ذرات الكربون الموجودة في هذا الوزن؟

Solution:

Mw for $C_7H_{14}O_2 = 7(12) + 14(1) + 2(16)$
$= 130\ g/mol$

$$a) \Rightarrow n = \frac{m}{Mw}$$

$$n = \frac{1\times10^{-6}}{130} = 7.7\times10^{-9}\ mol$$

$$\Rightarrow n = \frac{no.}{N}$$

$$7.7\times10^{-9} = \frac{no.}{6.023\times10^{23}} \Rightarrow \quad no. = 4.63\times10^{15} \text{ molecules}$$

b) نلاحظ أن كل جزيء من $(C_7H_{14}O_2)$ يحتوي 7 ذرات من الكربون.

⇐ عدد ذرات الكربون = 7 × عدد جزيئات $C_7H_{14}O_2$

atoms $3.24 \times 10^{16} = 4.63\times10^{15} \times 7 =$

Question:

How many oxygen atoms are there is 15.0g $Al(NO_3)_3$ (molar mass = 213.0 g/mol)?

a) 3.82×10^{23} b) 8.80×10^{21} c) 3.17×10^{23}
d) 1.41×10^{22} e) 1.8×10^{24}

The correct answer is (a)

Solution:

$$n_{Al(NO_3)_2} = \frac{m}{Mw}$$

$$= \frac{15}{213} = 0.0704$$

No. of $Al(MO_3)_3$ molecules
$= n \times N$

N: A vogadro's no.
$= 0.0704 \times 6.023 \times 10^{23}$

$= 4.24 \times 10^{22}$ molecules

1 $AL(NO_3)_3$ molecule $\rightarrow$ 9 O atoms

$4.24 \times 10_{22}$ $AL(NO_3)_3$ molecules $\rightarrow$ X O atome

$\Rightarrow$ no of O atoms $= 9 \times 4.24 \times 10^{22}$

$= 3.817 \times 10^{23}$ atoms

$\approx 3.82 \times 10^{23}$ atoms

Question:

How many oxygen atoms are there in 14.0 g $CaCO_3$?
(At. wts. Ca = 40.0, C = 12.0, O = 16.0)

a) 2.01×10^{22} b) 5.42×10^{23} c) 3.03×10^{23}
d) 8.67×10^{23} e) 2.53×10^{23}

The correct answer is (e)

Solution:

$$n_{(CaCO_3)} = \frac{m}{Mm} = \frac{14}{(40+12+3\times16)}$$

$$= 0.14 \text{ mol}$$

no. of $CaCO_3$ molecules $= N \times n$

$= 6.023 \times 10^{23} \times 0.14$

$= 8.43 \times 10^{22}$ molecules

1 molecule of $CaCO_3 \rightarrow$ 3 O atoms

8.43×10^{22} molecules of $CaCO_3 \rightarrow$ x O atoms

no. of O atoms $= 2.529 \times 10^{23}$ atoms

النسبة المئوية للمركبات

Percent Composition of Compounds

$$\text{النسبة المئوية للعنصر} = \frac{\text{عدد ذرات العنصر} \times \text{الكتلة المولية له}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100\%$$

Example:

$$C_6H_{12}O_6$$

$$\Rightarrow \%\,C = \frac{6\times12}{6\times12+12\times1+6\times16}\times100\% = 40\%$$

$$\Rightarrow \%\,H = \frac{12\times1}{180}\times100\% = 6.66\%$$

$$\Rightarrow \%\,O = \frac{6\times16}{180}\times100\% = 53.33\%$$

المجموع = 100%

- إذا لم يكن مجموع النسب المئوية للعناصر المكونة للمركب تساوي 100%، فهذا يدل على وجود خطأ بالحل.

Question:

Calculate the mass percent of oxygen in glucose ($C_6H_{12}O_6$)

a) 6.67% b) 53.3% c) 8.88% d) 27.1% e) 40.0%

The correct answer is (b)

Solution:

$C_6H_{12}O_6$

$\Rightarrow$ mass percent of O

$$= \frac{6 \times \text{atomic mass of O}}{\text{molar mass of } C_6H_{12}O_6} \times 100\%$$

$$= \frac{6 \times 16}{6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16} \times 100\%$$

$= 53.33\%$

Question:

Calculate the mass percent of oxygen in Na_3PO_4 (M.m = 164 g/mol)

a) 38.1 b) 52.6 c) 45.1 d) 39.0 e) 32.4

The correct answer is (d)

Solution:

$$\text{mass percent of O} = \frac{4 \times 16}{164} \times 100\%$$

$$= 39\%$$

Question:

Calculate the mass percent of oxygen in nitrobenzene, $C_6H_5NO_2$.

(At.wts. C = 12.0, H = 1.00, N = 14.0, O = 16.0)

a) 26.0% b) 32.1% c) 11.4%
d) 4.07% e) 58.5%

The correct answer is (a)

***Solution*:**

$$\%0 = \frac{2\times16}{(6\times12+5\times1+1\times14+2\times16)}\times100\%$$

$$= \frac{32}{123}\times100\% = 26\%$$

- نستطيع إيجاد كتلة أي عنصر بالمركب إذا توفرت لدينا كتلة ذلك المركب والصيغة الكيميائية له.

كتلة العنصر = النسبة المئوية للعنصر × كتلة المركب

Example:

Calculate mass of carbon in 0.176 g of $C_2H_6O_2$?

احسب كتلة الكربون الموجودة في 0.176 g من $C_2H_6O_2$؟

Solution:

$$\% C = \frac{2\times12}{2\times12+6\times1+2\times16}\times100\% = 38.7\%$$

$$\Rightarrow m_c = \frac{38.7}{100}\times0.176 = 0.008\ g$$

Question:

What mass of chromium (Mr 52.00) is required to prepare 100.0g of $K_2Cr_2O_7$ (Mr 294.0)?

a) 35.37 b) 70.70 c) 106.1 d) 53.03 e) 17.68

The correct answer is (a)

Solution:

Mass percent of Cr in $K_2Cr_2Cl_7$

$$=\frac{2\times 52}{294}\times 100\% = 35.37\%$$

$$\text{Mass of Cr in 100g of } K_2Cr_2O_7 = \frac{35.37}{100}\times 100 = 35.37\,\text{g}$$

تحديد صيغة المركب

Determining the formula of a compound

الصيغة الكيميائية

Chemical Formula

الصيغة الجزيئية

Molecular Formula

هي الصيغة الأكثر تعقيد ووضوح وتعطينا أنواع الذرات المكونة للمركب وأعدادها الصحيحة

Example

$C_6H_{12}O_6$

الصيغة البدائية

Emperical Formula

هي الصيغة البسيطة التي تعطينا أنواع الذرات المكونة للمركب والنسب بين أعداد ذراتها.

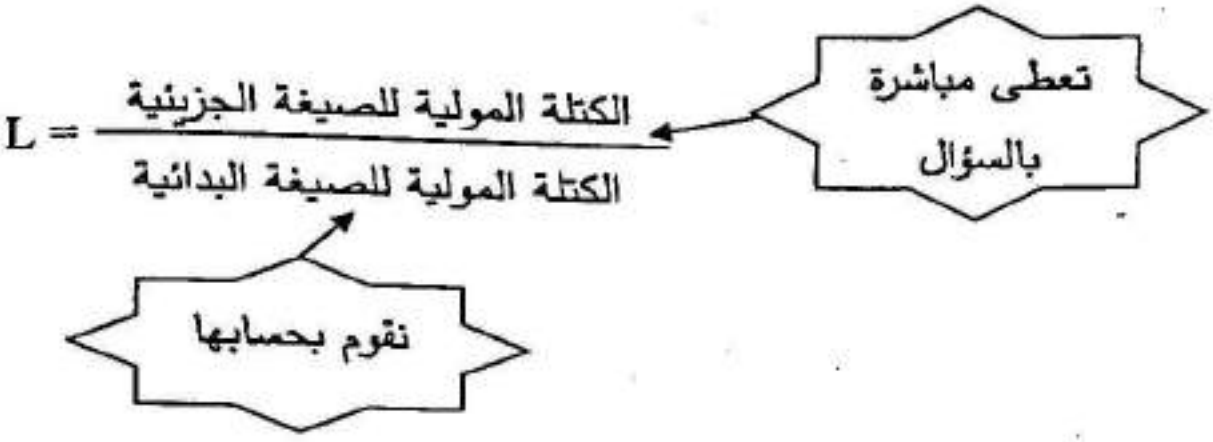
Example

CH_2O

Molecular Formula = L × Emperical Formula

L = هو عدد صحيح (1، 2، 3، .....)

نستطيع حساب L عن طريق القانون:



$$L = \frac{M_w \text{ of Molecular Formula}}{M_w \text{ of Emperical Formula}}$$

- يجب أن تكون الصيغة البدائية بأبسط شكل لها "لا يوجد قواسم مشتركة بين أعداد الذرات المكونة للمركب".

Question:

Which of the following is not an empirical formula?

a) CH b) CH_2O c) $AlCl_3$ d) H_2O_2

e) N_2O_5

The correct answer is (d)

***Solution*:**

* لا يوجد قاسم مشترك بين Empirical Formulaفي حال الصيغة البدائية * أعداد الذرات

Molecular Formula = H_2O_2
But the empirical Formula = HO.

- طريقة حل مثل هذا النوع من الأسئلة لتحديد الصيغة البدائية والجزيئية للمركب؟

الصيغة البدائية ← L ← الصيغة الجزيئية

(Empirical Formula) (Molecular Formula)

Example:

Determine the empirical and molecular formulas for a compound that gives the following analysis "in mass percent".

71.65% Cl 24.27% C 4.07% H

The molar mass is known to be 98.96 g/mol.

حدد الصيغة البدائية والجزيئية لمركب يعطي هذا التحليل "النسب المئوية للعناصر"

71.65% Cl 24.27% C 4.07% H

علماً بأن الكتلة المولية للمركب تساوي 98.96 g/mol

Solution:

نفترض أنه يوجد لدينا 100 g من هذا المركب وبذلك تصبح النسب المئوية للعناصر عبارة عن كتلة

$m_C = 24.27\ g$

$\Rightarrow m_{Cl} = 71.65\ g$

$m_H = 4.07\ g$

1) نوجد عدد مولات العناصر المكونة للمركب.

$$n_{Cl} = \frac{m}{M_w} = \frac{71.65}{35.45} = 2.021\ mol$$

$$n_C = \frac{24.27}{12} = 2.021\ mol$$

$$n_H = \frac{4.07}{1} = 4.04\ mol$$

2) نقسم على أصغر عدد مولات

Cl	C	H
$\frac{2.021}{2.021}$	$\frac{2.021}{2.021}$	$\frac{4.07}{2.021}$

$\Rightarrow \quad Cl_1 \qquad C_1 \qquad H_2 \qquad$ = Empirical Formula

3) نقوم بحساب قيمة L:

$$L = \frac{M_w \text{ of Molecular Formula}}{M_w \text{ of Empirical Formula}}$$

$$L = \frac{98.96}{(1 \times 35.45) + (1 \times 12) + (2 \times 1)} = 2$$

4) نقوم بحساب الصيغة الجزيئية:

Molecular Formula = L × Empirical Formula

$$= 2 \times (Cl_1C_1H_2)$$

$$= Cl_2C_2H_4$$

Question:

A chlorine oxide is 59.7% by mass Cl. What is the empirical formula of the oxide?

a) Cl_2O_5 b) Cl_2O c) ClO_2 d) Cl_2O_3 e) Cl_2O_2

The correct answer is (d)

Solution:

نفرض انه يوجد لدينا 100g من هذا المركب

$\Rightarrow$ mass of Cl = 59.7 g

$\Rightarrow$mass of O = 100 – 59.7 = 40.39

$$n_{Cl} = \frac{m}{Mw} = \frac{59.7}{35.45} = 1.684\,mol$$

$$n_O = \frac{m}{Mw} = \frac{40.3}{16} = 2.518$$

$$Cl_{\frac{1.684}{1.684}} \quad O_{\frac{2.518}{1.684}}$$

Cl_1 $O_{1.5}$

لا يجوز ان تكون الى Emperical formula بهذا الشكل لذلك نضربها ب 2 للتخلص من الكسور

في ال Emperical Formula يجب ان تكون اعداد الذرات صحيحة دائما

$\Rightarrow 2\,(Cl_1\ \ O_{1.5})$

$\Rightarrow Cl_2\,O_3$

Question:

A compound has an empirical formula of C_2H_3N, and a molecular weight of 123 amu. What is the molecular formula of the compound?

a) $C_4H_6N_2$ b) $C_8H_{12}N_4$ c) C_2H_3N
d) $C_3H_3N_3$ e) $C_6H_9N_3$

The correct answer is (e)

Solution:

$$L = \frac{\text{Molar mass}}{\text{Empirical Formula mass}}$$

$$= \frac{123}{(2\times12+3\times1+14)} = \frac{123}{41} = 3$$

Molecular Formula = 3 ×(Empirical Formula)

$= (C_2H_3N)$

$= C_6\,H_9\,N_3$

Question:

A compound containing only nitrogen and oxygen is 63.64% N by mass the empirical formula of the compound is

a) N_2O_5 b) N_2O_3 c) NO d) NO_2 e) N_2O

The correct answer is (e)

Solution:

Mass percent of O + mass percent of N = 100%

X + 63.64% = 100%

* mass percent of O = 100% - 63.64%

= 36.36%

نفترض أنه يوجد لدينا 100 g من هذا المركب

Mass of O = 36.36 g.

$$n_{(O)} = \frac{m}{Mw} = \frac{36.36}{16} = 2.273 \text{ mol}$$

$$n_{(N)} = \frac{m}{Mw} = \frac{63.64}{14} = 4.546 \text{ mol}$$

	N	O
نقسم على الأصغر	$\frac{4.546}{2.273}$	$\frac{2.273}{2.273}$

N_2O

Question:

A 3.20g of element M (At. wt. = 32.0) reacted with an excess of element X(At. wt. = 19.0) to produce 14.6 g of compound containing M and X only. The empirical formula of the compound is:

a) MX_3 b) MX_6 c) MX_2

d) MX_4 e) MX_5

The correct answer is (b)

Solution:

Mass of a compound = mass of M + mass of x

14.6 = 3.2 + mass of x

*) mass of x = 14.6 − 3.2

= 11.4

$$n_M = \frac{m}{Mm} = \frac{3.2}{32} = 0.1 \text{ mol}$$

$$n_x = \frac{m}{Mm} = \frac{11.4}{19} = 0.6$$

$M_{\frac{0.1}{0.1}}$ $x_{\frac{0.6}{0.1}}$

$\Rightarrow M_1x_6$

Question:

A sample of a nitrogen oxide gas has a mass of 6.2g. If the compound contains 1.4 g nitrogen, its empirical formula is:

a) N_2O b) NO_3 c)N_2O_3 d) NO_2 e) N_2O_5

The correct answer is (b)

Solution

Mass of the compound = mass of N + mass of O

6.2 = 1.4 + mass of O

$\Rightarrow$ mass of O = 6.2 – 1.4 = 4.8 g

$$n_N = \frac{1.4}{14} = 0.1 \text{mol}$$

$$n_o = \frac{4.8}{16} = 0.3 \text{mol}$$

$$N_{\frac{0.1}{0.1}} \quad O_{\frac{0.3}{0.1}}$$

N_1O_3

Question:

When 0.860 g of an organic compound containing C, H and O was burned completely in oxygen, 1.64 g of CO_2 and 1.01 g of H_2O were produced. If the molecular mass of the compound is 138 amu., determine the molecular formula (C: 12 amu, H: 1.00 aum, O:16amu)

a) $C_8H_{24}O_4$ b) C_2H_6O c) $C_4H_{12}O_2$

d) $C_6H_{18}O_3$ e) $C_2H_3O_2$

The correct answer is (d)

Solution

$$n_{CO_2} = \frac{m}{Mw} = \frac{1.64}{(12+16\times 2)} = 0.0373 \text{ mol}$$

Moles of C = moles of CO_2

$= 0.0373$ mol

$$n_{H_2O} = \frac{m}{Mw} = \frac{1.01}{18} = 0.056 \text{ mol}$$

Moles of H = 2 × moles of H_2O

$= 2 \times 0.056$

$= 0.112$ mol

$m_c = n \times Mw$

$= 0.0373 \times 12 = 0.448$g

$m_H = n \times Mw = 0.112 \times 1 = 0.112$ g

mass of the compound = $m_c + m_H + m_o$

$0.86 = 0.448 + 0.112 + m_o$

$m_o = 0.3$ g

$$n_o = \frac{m}{Mw} = \frac{0.3}{16} = 0.0188 \text{ mol}$$

C	H	O
$\frac{0.0373}{0.0188}$	$\frac{0.112}{0.0188}$	$\frac{0.0188}{0.0188}$

C_2 H_6 O = Empirical formula

$$\frac{\text{Mw of molecular}}{\text{Mw of Emperical}} = \frac{138}{(2\times12+6\times1+1\times16)} = 3$$

Molecular formula = $(C_2H_6O)_3$.

$= C_6H_{18}O_3$

Chemical Equations المعادلات الكيميائية

Reactants ⟶ Products

(المتفاعلات) (النواتج)

- المعادلة الكيميائية تقوم على مبدأ حفظ الكتلة، بحيث أن المادة لا تفنى ولا تستحدث ولا تخلق من عدم بل تتحول من شكل إلى آخر.
- تبين المعادلة الكيميائية حالات المادة "سائل (l) ، صلب (s)، غاز (g)، ومحلول مائي (aq)" وأعداد المولات للمواد المتفاعلة والناتجة.

Example:

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

موازنة المعادلات الكيميائية
Balancing Chemical Equations

- الآن سوف نتعلم طريقة الموازنة التقليدية للمعادلة الكيميائية بطريقة المحاولة والخطأ وأفضل طريقة لذلك هي موازنة الجزيئات الأكثر تعقيداً بالبداية.

- تفاعل الاحتراق (التفاعل مع الاكسجين) لأي مركب عضوي يحتوي الكربون والهيدروجين أو الكربون والهيدروجين والأكسجين ينتج عنه H_2O $+ CO_2$.

Example:

Balance this equation

$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

Solution:

1) نوازن ذرات الكربون

$$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$
$$(2C) \qquad\qquad (2C)$$

2) نوازن ذرات الهيدروجين

$$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$$
$$(6\ H) \qquad\qquad (6\ H)$$

3) نوازن ذرات الأوكسجين

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)}$$
$$(7\ O) \qquad\qquad (7\ O)$$

Question:

What is the coefficient of O_2 when the following equation is properly balanced with the smallest set of whole numbers?

$$C_4H_9OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

a) 1 b) 12 c) 9 d) 15 e) 6

The correct answer is (e)

***Solution*:**

ليست موازنة تأكسد واختزال ولكن موازنة عادية (تقليدية).

$$C_4H_9OH + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$$

Question:

What is the coefficient of oxygen when the following equation is balanced?

$$C_{16}H_{34}O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

a) 21 b) 9 c) 24 d) 15 e) 18

The correct answer is (c)

***Solution*:**

موازنة عادية "ليست تأكسد واختزال"

$$C_{16}H_{34}O + 24O_2 \rightarrow 16CO_2 + 17H_2O$$

Example:

Balance the equation for this reaction?

$$(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \rightarrow Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

قم بموازنة هذه المعادلة؟

Solution:

نقوم بالموازنة التقليدية كما تعلمنا سابقاً ويكون الجواب كالتالي.

$$(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \rightarrow Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

الحسابات الكيميائية: كمية المواد المتفاعلة والناتجة

Stoichiometric Calculations: Amounts of Reactants and Products

- ترتبط المواد المتفاعلة والناتجة بكميات محددة تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.
- الأسئلة التي ترد على هذا الموضوع تكون في شكلين مختلفين.

1) إذا ورد بالسؤال عدد مولات أو معلومات تدل على عدد مولات واحد من المواد المتفاعلة أو الناتجة فقط "معلومات مثل الكتلة، المولارية .....".

يكون الحل كالتالي:

mass	→	mole	→	mole	→	mass
of A		of A		of B		of B

ملاحظة: يجب موازنة المعادلة قبل أي شيء.

Question:

Calculate the mass (g) of CO_2 (molar mass = 44.0 g/mol) produced when 14.4 g of C_5H_{12} (molar mass = 72.0g/mol) are burned in excess O_2 to give CO_2 and H_2O according to:

$$C_5H_{12} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

a) 11.0 b) 22.0 c) 44.0 d) 55.0 e) 66.0

The correct answer is (c)

Solution:

1. نقوم بكتابة المعادلة

$$C_5H_{12} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

2. نقوم بموازنة هذه المعادلة

$$C_5H_{12} + 8O_2 \rightarrow 5CO_2 + 6H_2O$$

$$n_{(C_5H_{12})} = \frac{m}{Mw} = \frac{14.4}{72} = 0.2\,mol$$

1 mol C_5H_{12} → 5 mol CO_2

0.2 mol C_5H_{12} → X mol CO_2

$\Rightarrow$ moles of $CO_2 = 5 \times 0.2 = 1.0$ mol

$\Rightarrow$ mass of $CO_2 = n \times Mw$

$= 1.0 \times 44 = 44g$

Question:

Calculate the mass of CO_2 produced from the complete combustion of 2.50 g C_2H_6 with excess oxygen

a) 2.62 g b) 13.2 g c) 7.33 g d) 4.40 g e) 10.3 g

The correct answer is (c)

Solution:

اولاً نكتب المعادلة ثم نوزنها

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

دائماً احتراق أي مادة عضوية "تفاعلها مع الأكسجين" تحتوي (C, H, O or C, H) ينتج عنه

H_2O and CO_2

$$n_{(C_2H_6)} = \frac{m}{Mw} = \frac{2.5}{(2\times12 + 6\times1)}$$

$$= \frac{2.5}{30} = 0.0833 \text{ mol}$$

2 mol C_2H_6 → 4 mol CO_2

0.0833 mol C_2H_6 → x mol CO_2

moles of $CO_2 = 0.166$ mol

$$\rightarrow m = n \times Mw = 0.166 \times (12 \times 1 + 16 \times 2)$$

$$= 0.166 \times 44$$

$$= 7.33 \text{ g}$$

Question:

What mass of $BaCl_2$ (Mr 208.3) is required to react with 10.0 g of $Fe_2(SO_4)_3$ (Mr 400) according to the equation (balance the equation first)

$$Fe_2(SO_4)_3 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + FeCl_3$$

a) 31.2g b) 15.6 g c) 62.5 d) 46.9 e) 50.6

The correct answer is (b)

Solution

$$Fe_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 \rightarrow 3BaSO_4 + 2FeCl_3$$

$$n_{Fe_2(SO_4)_3} = \frac{10}{400} = 0.025\,mol$$

$$n_{BaCl_2} = 3 \times 0.025$$

$$= 0.075\ mol$$

$$m_{BaCl_2} = n \times Mw$$

$$= 0.075 \times 208.3 = 15.62\ g$$

Question:

2.10g of element X reacted completely with 4.8 g of oxygen to form the compound XO_2. If the atomic mass of oxygen is 16.0, calculate the atomic mass of element X.

a) 28 b) 12 c) 14 d) 16 e) 32

The correct answer is (c)

Solution

$$n_o = \frac{m}{Mw} = \frac{4.8}{16} = 0.3\,mol$$

من خلال صيغة المركب XO_2

2 mol of O → 1 mol of X

0.3 mol of O → ?? mol of X

Moles of X = 0.15 mol

$$Mw = \frac{m}{n} = \frac{2.1}{0.15} = 14\,g/mol$$

2) إذا ورد بالسؤال عدد مولات أو معلومات تدل على عدد مولات اثنين من المواد المتفاعلة يجب تحديد العامل المحدد "Limiting Reactant" ثم إكمال الحل كما ورد سابقاً بالاعتماد على عدد مولات هذا العامل المحدد "Limiting Reactant".

Limiting Reactant العامل المحدد

هو أحد المتفاعلات الذي كميته تحدد كمية النواتج ونعتمد عليه في حساب كمية النواتج.

Question:

Calculate the mass of $NH_{3(g)}$ (Mw=17) produced when 5.60 g N_2 (Mw=28) are reacted with 1.50 g H_2 (Mw=2) according to the equation:

$N_2 + 3\,H_2 \rightarrow 2\,NH_3$

a) 7.10 b) 6.80 c) 8.50 d) 5.40 e) 9.80

The correct answer is (b)

Solution:

المعادلة موزونة "جاهزة" نلاحظ ان لدينا كتلة اثنين من المواد المتفاعلة لذلك يجب تحديد ال (Limiting Reactant) العامل المحدد

$$n_{N_2} = \frac{m}{Mw} = \frac{5.6}{2\times 14} = 0.2\,mol$$

$$n_{H_2} = \frac{m}{Mw} = \frac{1.5}{2\times 1} = 0.75\,mol$$

لتحديد العامل المحدد (Limiting Reactant) نقوم بقسمة عدد المولات على المعاملات الموجودة في المعادلة الموزونة والاصغر يكون هو العامل المحدد

$$N_2 \Rightarrow \frac{0.2}{1} = 0.2 \text{ (limiting Reactant)}$$

الأصغر

معامل N_2 الموجود في المعادلة الموزونة

$$H_2 \Rightarrow \frac{0.75}{3} = 0.25$$

معامل H_2 الموجود في المعادلة الموزونة

نقوم باستخدام العامل المحدد في حساب كمية النواتج

1 mol N_2 → 2 mol NH_3

0.2 mol N_2 → X mol NH_3

moles of $NH_3 = 2 \times 0.2 = 0.4$ mol

mass of NH_3 = n × Mw

$= 0.4 \times (14 + 3 \times 1)$

Mw: من الجدول الدّوري او تعطى مباشرة في الامتحان

$= 6.8$

Question:

Consider the balanced chemical equation:

$$2Al_{(s)} + 3Br_{2(l)} \rightarrow 2AlBr_{3(s)}$$

Calculate the mass of $AlBr_3$ (molar mass = 293.7 g/mol) produced from the reaction of 1.620 g Al (At. Wt = 27.0) and 6.392 g Br_2 (Mm_{Br_2} = 159.8 g/mol).

a) 9.398 b) 14.64 c) 8.615 g d) 7.832 g

e) 10.18 g

The correct answer is (d)

***Solution*:**

$$2Al_{(s)} + 3Br_{2(l)} \rightarrow 2AlBr_{3(s)}$$

$m = 1.62g$ $m = 6.392g$ $m = ??$

$Mw = 27g/mol$ $Mw = 159.8g/mol$ $Mw = 293.7g/mol$

بما أنه يوجد لدينا كتلة اثنين من المواد المتفاعلة فلابد من معرفة العامل المحدد (Limiting Reactant)

$$n_{Al} = \frac{m}{Mw} = \frac{1.62}{27} = 0.06 \text{ mol}$$

$$n_{Br_2} = \frac{m}{Mw} = \frac{6.392}{159.8} = 0.04 \text{ mol}$$

• "هذا الجزء فقط لتحديد العامل المحدد"

ولتحديد العامل المحدد "Limiting Reactant" نقوم بقسمة عدد المولات على المعامل الموجود في المعادلة الموزونة

$$Al \Rightarrow \frac{0.06}{2} = 0.03$$

$$Br_2 \Rightarrow \frac{0.04}{3} = 0.0133 \text{ (الأصغر)}$$

Br_2 هو العامل المحدد "Limiting Reactant" ونستخدمه لحساب كمية النواتج:

$$3 \quad \text{mol } Br_2 \rightarrow 2 \text{ mol } AlBr_3$$

$$0.04 \text{ mol } Br_2 \rightarrow x \text{ mol } AlBr_3$$

$$\text{moles of } AlBr_3 = \frac{2 \times 0.04}{3} = 0.0267 \text{ mol}$$

$$m_{(AlBr_3)} = n \times Mw$$

$$= 0.0267 \times 293.7 = 7.833 \text{ g}$$

Question:

When 20.0g C_2H_6 (Mw=30) and 120.g O_2 (Mw=32)react to form CO_2 and H_2O, how many grams of CO_2 (Mw=44) will be formed?

a) 18 b) 36 c) 54 d) 59 e) 88

The correct answer is (d)

Solution:

$$n_{C_2H_6} = \frac{m}{Mw} = \frac{20}{(2 \times 12 + 6 \times 1)}$$

$$= 0.667 \text{ mol.}$$

$$n_{O_2} = \frac{120}{32} = 3.75 \text{ mol}$$

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6\ H_2O$$

يجب تحديد العامل المحدد (Limiting Reactant)

$$C_2H_6 \Rightarrow \frac{6.667}{2} = 0.334 \quad \text{(الأصغر)}$$

$O_2 \Rightarrow \frac{3.75}{7} = 0.536$

C_2H_6 هو العامل المحدد

2 mol of C_2H_6 → 4 mol of CO_2

0.667 mol of C_2H_6 → X mol of CO_2.

Moles of CO_2 = 1.334 mol

$m_{CO_2} = n \times Mw$

$= 1.334 \times (12 + 2 \times 16)$

$= 58.696$ g

≈ 59 g

Question:

What is the maximum mass of SO_2(Mr 64.0) that can be produced from a mixture of 100 g FeS_2(Mr119.8) and 100 g O_2 (Mr 32.0) gas?

$$4\ FeS_2 + 11\ O_2 \rightarrow 2\ Fe_2O_3 + 8\ SO_2$$

a) 85.4 g b) 117 g c) 96.1 g d) 130 g e) 107 g

The correct answer is (e)

Solution:

$$n_{FeS_2} = \frac{m}{Mw} = \frac{100}{119.8} = 0.835 \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = \frac{m}{Mw} = \frac{100}{32} = 3.125 \text{ mol}$$

يجب تحديد العامل المحدد (Limiting Reactant)

$$FeS_2 \Rightarrow \frac{0.835}{4} = 0.209 \quad (\text{الأصغر})$$

$$O_2 \Rightarrow \frac{3.125}{11} = 0.284$$

FeS_2 هو العامل المحدد

$$4 \text{ mol } FeS_2 \rightarrow 8 \text{ mol } SO_2$$
$$0.835 \text{ mol } FeS_2 \rightarrow x \text{ mol } SO_2$$

Moles of SO_2 = 1.67 mol

$$\Rightarrow m_{SO_2} = n \times Mw$$

$$= 1.67 \times 64 = 106.88g$$

Percent yield — المردود المئوي

هو نسبة الناتج الحقيقي من التفاعل الذي ينتج مخبرياً من الناتج الافتراضي الذي يحدد من خلال الحسابات "كما تعلمنا سابقاً".

يعطى مباشرة بالسؤال

$$\text{المردود المئوي} = \frac{\text{الناتج الحقيقي}}{\text{الناتج الافتراضي}} \times 100\%$$

من خلال الحسابات

$$\text{Percent yield} = \frac{\text{actual yield}}{\text{Theoritical yield}} \times 100\%$$

•ملاحظة

عزيزي الطالب الجزيء الذي يطلب حساب المردود المئوي له تكون الكتلة المعطاة لع في السؤال هي الناتج الحقيقي (actual yield) أما الناتج الافتراضي (theoretical yield) فهو غير موجود نقوم بحسابه كما تعلمنا سابقاً

Question:

A sample of 1.20 g of carbon was allowed to react with 1.60 g of oxygen. If 1.65 g of CO_2 were produced, the percentage yield of CO_2 is: (At.wts, C=12, O=16)

a) 54.4% b) 32.6% c) 41.4% d) 75.0%

e) 67.1%

The correct answer is (d)

Solution:

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

كتلة CO_2 في السؤال (1.65g) هي الناتج الحقيقي لأنه في نهاية السؤال طلب حساب المردود المئوي لـ (CO_2).

$$n_c = \frac{m}{Mm} = \frac{1.2}{12} = 0.1 \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = \frac{m}{Mm} = \frac{1.6}{32} = 0.05$$

*) يجب تحديد العامل المحدد "Limiting Reactant"

$$C \Rightarrow \frac{0.1}{1} = 0.1$$

$$O_2 \Rightarrow \frac{0.05}{1} = 0.05 \quad \text{(الأصغر)}$$

$\Leftarrow O_2$ هو العامل المحدد

$$\Rightarrow \text{moles of } CO_2 = \text{moles of } O_2 = 0.05$$

$$m_{CO_2} = n \times Mm$$

$$= 0.05 \times (12 + 2 \times 16) = 2.2$$

Theoretical yield الناتج الافتراضي

يعطى مباشرة في السؤال

$$\text{Percent yield} = \frac{\text{actual yield}}{\text{Theoretical yield}} \times 100\%$$

من خلال الحسابات

$$= \frac{1.65}{2.2} \times 100\% = 75\%$$

Question:

Consider the following decomposition reaction:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2$$

Upon decomposition of 0.12 mole sample of $C_6H_{12}O_6$, the mass of C_2H_5OH (M.m = 46 g/mol) obtained was 9.4 g. The percent yield of C_2H_5OH was:

a) 25% b) 50% c) 55% d) 75% e) 85%

The correct answer is (e)

Solution

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$

1 mol of $C_6H_{12}O_6$ $\rightarrow$ 2 mol of C_2H_5OH

0.12 mol of $C_6H_{12}O_6$ $\rightarrow$ x mol of C_2H_5OH

Moles of $C_2H_5OH = 2 \times 0.12$

$= 0.24$ mol

Mass of $C_2H_5OH = n \times Mw$

$= 0.24 \times (2 \times 12 + 6 \times 1 + 16)$

$= 11.04$ g "theoretical yield"

$$\text{Percent yield} = \frac{\text{actual yield}}{\text{Theoretical yeild}} \times 100\%$$

$$= \frac{9.4}{11.04} \times 100\%$$

$$= 85.14\%$$

Question:

Consider the following reaction:

$Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2Fe + 3\ CO_2$

When 5.30g of Fe_2O_3 and 3.92 g CO were allowed to react according to the above equation 2.14g of Fe were produced. Calculate the % yield of the reaction. (Molar masses (g/mol): Fe_2O_3 = 159.7; CO= 28.0 and Fe = 55.85)

a. 94.3

b. 66.0 c. 57.7 d. 45.9 e. 83.0

The correct answer is (c)

Solution:

لاحظ عزيزي الطالب أن السؤال قد أعطى كتلة أحد النواتج و هذه الكتلة تدل على المردود الحقيقي للتفاعل (actual yield) لذلك تترك هذه القيمة لنهاية الحل ونفترض أن كتلة (Fe) مجهولة (لنوجد المردود الإفتراضي) (Theoretical yield)

١

❖

لمعادلة موزونة بسبب وجود معاملات داخل المعادلة.

$Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2Fe + 3\ CO_2$

M=5.3g m=3.2g m=??

M_w=159.7 M_w=28 M_w=55.85

بما أنه يوجد لدينا معلومات تدل على عدد مولات إثنين من المواد المتفاعلة فيجب تحديد العامل المحدد (Limiting Reactant)

$$n_{Fe_2O_3} = \frac{m}{M_W} = \frac{5.3}{159.5} = 0.0322\ mol$$

$$\frac{0.0332}{1} = 0.0332$$

الأصغر (LR)

$$n_{co} = \frac{m}{M_W} = \frac{3.2}{28} = 0.114\ mol$$

$$\frac{0.1143}{3} = 0.0381$$

Fe_2O_3 هو العامل المحدد

$$1\ mol\ Fe_2O_3 \rightarrow 2\ mol\ Fe$$
$$0.0332\ mol \rightarrow X$$

$$n_{Fe} = \frac{2 \times 0.0332}{1} = 0.0664\ mol$$
$$\rightarrow m_{Fe} = n \times M_w = 0.0664 \times 55.85 = 3.7g$$

Theoretical

$$\rightarrow \%\ yield = \frac{actual\ yield}{Theoritical\ yield} \times 100\%$$

$$= \frac{2.14}{3.7} \times 100\% = 57.8\%$$

Chapter: Two

Gases

الغـــازات

Chapter Two
Gases
الغـــــازات

- الحالة الغازية هي إحدى حالات المادة الثلاث "الغازية، الصلبة، السائلة".
- وتمتلك هذه الحالة عدة صفات، منها:

1) تشغل الحيز الذي تتواجد فيه.
2) قابليتها للانضغاط.
3) تتأثر بتغير درجة الحرارة.

Pressure الضغط

هي القوى التي تؤثر بمساحة معينة.

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوى}}{\text{المساحة}} \Leftarrow$$

$$\text{Pressure} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}}$$

- سوف نقوم بدراسة الضغط ووحداته في هذه الوحدة، لأن كل غاز يمتلك ضغط معين.

وحدات الضغط (Units of pressure)

(ضغط جوي) (ملم زئبق)

1 atm = 760 mmHg

1 atm = 760 torr

(باسكال)

1 atm = 101325 Pa

(كيلو باسكال)

1 atm = 101.325 Kpa

- هذه العلاقات تعطى بالامتحان ولا توجد حاجة لحفظها.
- تكون عملية التحويل كما ورد سابقاً بالوحدة الأولى.

Example:

The pressure of a gas is measured as 49 torr , represent this pressure in both atmosphere and Pascals?

تم قياس ضغط غاز ووجد مساوياً لـ 49 torr ، مثّل هذا الضغط بوحدة الضغط الجوي وباسكال؟

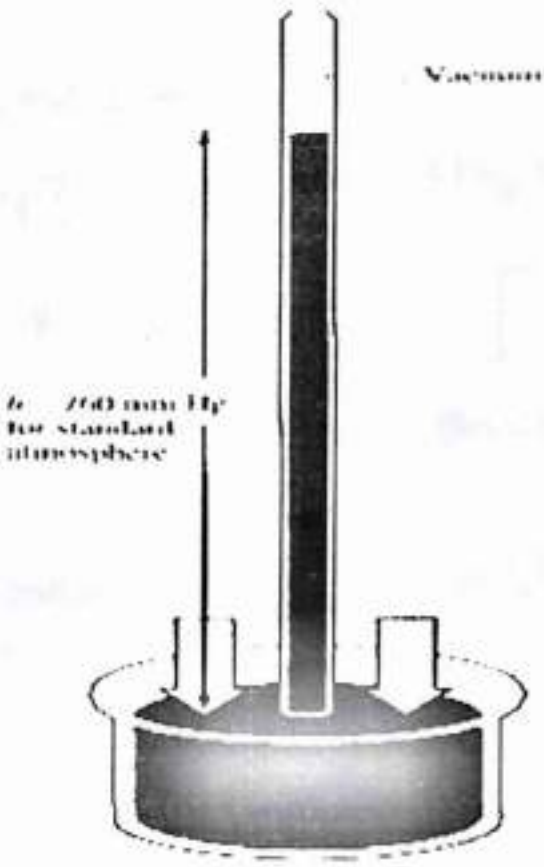
Solution :

a) $49 \text{ torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} = 6.4 \times 10^{-2} \text{ atm}$

b) $49 \text{ torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} \times \frac{101325 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}} = 6.5 \times 10^{3} \text{ Pa}$

أجهزة قياس الضغط:

نستخدم جهاز الـ manometer لقياس الضغط الجوي وبالأخص (Open end manometer)



The Gas Laws — قوانين الغازات

يوجد لدينا ثلاثة قوانين للغازات:

1) قانون بويل (Boyle's Law)
2) قانون شارل (Charles's Law)
3) قانون أفوجادرو (Avogadro's Law)

1) قانون بويل (Boyle's Law)

يتناسب حجم الغاز عكسياً مع الضغط الواقع عليه، تحت عدد مولات ودرجة حرارة ثابتين.

$$V \propto \frac{1}{P}$$

- في حال المساواة بين طرفين متشابهين تكون الوحدات على اليسار مساوية للوحدات على اليمين "ما عدا درجة الحرارة (T) فهي دائماً بوحدة الكيلفن (K°)".

$$\Rightarrow \boxed{V_1P_1 = V_2P_2}$$ under constant n and T

P = pressure (الضغط)

T = Temperature (درجة الحرارة)

V = Volume (الحجم)

n = no. of moles (عدد المولات)

Example:

1.53 L sample of gaseous SO_2 at pressure of 6.5×10^3 Pa, If the pressure is changed to 1.5×10^4 Pa at constant temperature, what will be the new volume of the gas?

عينة من غاز SO_4 بحجم 1.53 L وضغط 6.5×10^3 Pa ، إذا تغير ضغط هذه العينة ليصبح 1.5×10^4 Pa عند درجة حرارة ثابتة، ماذا سيكون الحجم الجديد لهذا الغاز؟

Solution:

- عدد المولات n يكون ثابت ولو لم يذكر ذلك بالسؤال n تتغير فقط في حال حدوث تفاعلات.

$V_1 = 1.53\ L$ $\qquad$ $V_2 = ??$

$P_1 = 6.5\times10^3\ Pa$ $\qquad$ $P_2 = 1.5\times10^4\ Pa$

$T = constant$

$\Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$

$6.5\times10^3 \times 1.53 = 1.5 \times 10^4 \times V_2$

$\Rightarrow V_2 = 0.663\ L$ ← نفس وحدة V_1

2) قانون شارل (Charles's Law)

يتناسب حجم الغاز طردياً مع درجة الحرارة عند ثبات الضغط وعدد المولات.

$V \alpha T$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}}$$ under constant n, P

- دائماً تكون درجة الحرارة بوحدة الكلفن (K°)، ونتذكر أن:

$$\boxed{K° = C° + 273.15}$$

Example:

A sample of gas at 15 C° and 1 atm has a volume of 2.58 L, what volume will this gas occupy at 38 C° and 1 atm?

عينة من الغاز بدرجة حرارة 15 C° وضغط 1 atm تمتلك حجم مقداره 2.58 L ، ما هو الحجم الذي يحتله هذا الغاز عند درجة حرارة 38 C° وضغط 1 atm؟

Solution:

$P_1 = 1$ atm

$T_1 = 15\ C° = 15 + 273.15 = 288.15\ K°$

$V_1 = 2.58$ L

$P_2 = 1$ atm

$T_2 = 38\ C° = 38 + 273.15 = 311.15\ K°$

$V_2 = ??$

- نلاحظ أن الضغط ثابت في هذا السؤال.

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

$$\frac{2.58}{288.15} = \frac{V_2}{311.15}$$

$$\Rightarrow V_2 = 2.79\ L$$

3) قانون أفوجادرو (Avogadro's Law)

يتناسب حجم الغاز طردياً مع عدد مولاته عند ثبات الضغط ودرجة الحرارة.

$V \alpha n$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}} \text{ under constant T, P}$$

n_1 = عدد مولات الغاز للمتفاعلات.

n_2 = عدد مولات الغاز للنواتج.

نستطيع ايجاد (n_2) من (n_1) بالاعتماد على المعادلة الموزونة.

- تتغير عدد مولات الغاز فقط عند حدوث تفاعلات.

Example:

Suppose we have a 12.2 L sample containing 0.50 mole of oxygen gas (O_2) at a pressure of 1 atm and a temperature of 25 °C, if all this O_2 were converted to ozone (O_3) at same temperature and pressure, what would be the volume of the ozone?

افترض أنه يوجد لدينا عينة بحجم 12.2 L وتحتوي 0.5 mol من غاز الأوكسجين (O_2) عند ضغط 1 atm ودرجة حرارة 25 C°، إذا كل غاز O_2 تحول إلى أوزون (O_3) عند نفس درجة الحرارة والضغط، ماذا سيكون حجم غاز الأوزون؟

1) نقوم بكتابة المعادلة وموازنتها

$$3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$$

نلاحظ حدوث تفاعل لذلك تغير عدد المولات (n)

$n_1 = 0.5$ mol $\qquad n_2 = ??$

$V_1 = 12.2$ L $\qquad V_2 = ??$

في البداية يجب حساب عدد مولات O_3 من عدد مولات O_2 بالاعتماد على المعادلة الموزونة.

3 mol of O_2 $\rightarrow$ 2 mol of O_3

0.5 mol of O_2 $\rightarrow$ X mol of O_3

$$\Rightarrow n_{O_3} = \frac{2 \times 0.5}{3} = 0.33 \text{ mol} = n_2$$

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

$$\frac{12.2}{0.5} = \frac{V_2}{0.33}$$

$$\Rightarrow V_2 = 8.1 \text{ L}$$

Question: بالنسبة للغاز اي زوج من المتغيرات يتناسب عكسياً مع بعضهما ؟

For a gas, which pair of variables are inversely proportional to each other?

a. P , T　　b. P , V

c. V , T　　d. n. V

The correct answer is (b)

Ideal Gas Law　　قانون الغاز المثالي

- الغاز المثالي: غاز غير حقيقي له صفات معينة سوف نذكرها لاحقاً، يستخدم كمرجع لبقية الغازات بحيث نستطيع التعامل معه بسهولة ونطبق عليه قانون موحد.
- سوف نقوم بتجميع الثلاث قوانين السابقة "Boyle, Charle, Avogadro" بحيث نعطي قانون واحد نستطيع استخدامه في أي وضع كان.

$$\boxed{\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2}} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

- الثابت يحذف من هذا القانون.
- بشكل عام يكون عدد المولات (n) ثابت لذلك يحذف من القانون.

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

- الوحدات على اليمين = الوحدات على اليسار ما عدا درجة الحرارة فهي بوحدة الكلفن (K°).

- نستخدم هذا القانون عندما يتغير الغاز من وضع لآخر.

---

1) تحت عدد مولات (n) ودرجة حرارة (T) ثابتين.

$$\Rightarrow \quad \frac{P_1 V_1}{\cancel{n_1} \cancel{T_1}} = \frac{P_2 V_2}{\cancel{n_2} \cancel{T_2}}$$

$$\Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \text{(Boyle's law)}$$

2) تحت عدد مولات (n) وضغط (P) ثابتين.

$$\Rightarrow \frac{\cancel{P_1} V_1}{\cancel{n_1} T_1} = \frac{\cancel{P_2} V_2}{\cancel{n_2} T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{.. (Charles's law)}$$

3) تحت ضغط (P) ودرجة حرارة (T) ثابتين

$$\Rightarrow \frac{\cancel{P_1} V_1}{n_1 \cancel{T_1}} = \frac{\cancel{P_2} V_2}{n_2 \cancel{T_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \quad \text{.. (Avogadro's law)}$$

Example:

A sample of diborane gas (B_2H_6) has a pressure of 345 torr at a temperature of -15 C° and volume of 3.48 L, IF conditions are changed so that the temperature is 36 C° and the pressure is 468 torr, what will be the volume of the sample?

عينة من غاز (B_2H_6) تمتلك ضغط 345 torr عند درجة حرارة 15 C° وحجم 3.48 L، إذا تغيرت الظروف وأصبحت درجة الحرارة 36 C° والضغط 468 torr ، ما هو حجم هذه العينة؟

Solution:

$P_1 = 345$ torr $\qquad P_2 = 468$ torr

$T_1 = -15\,C° = 258.15\,K°$ $\qquad T_2 = 36\,C° = 309.15\,K°$

$V_1 = 3.48$ L $\qquad V_2 = ??$

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

$$\frac{345 \times 3.48}{258.15} = \frac{468 \times V_2}{309.15}$$

$$\Rightarrow V_2 = 3.07\ L$$

$$\boxed{PV = n\,R\,T} \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

في هذا القانون نحن مقيدين بالوحدات.

P = atm V = L n = mole T = K°

يستخدم حالياً

R = gas constant (= 0.0821 atm.L/mol K°)
or 8.314 J/mol.K°

يستخدم لاحقاً

يستخدم هذا القانون في حال أعطيت معلومات الغاز في وضع واحد فقط مع وجود مجهول واحد.

Example:

A sample of Hydrogen gas (H_2) has a volume of 8.56 L at a temperature of 0 C° and a pressure of 1.5 atm calculate the moles of (H_2) molecules present in this gas sample?

عينة من غاز الهيدروجين (H_2) تمتلك حجم من 8.56 L عند درجة حرارة 0 C° وضغط 1.5 atm ، احسب عدد مولات الهيدروجين الموجودة في هذه العينة؟

Solution:

V = 8.56 L T = 0 C° = 273.15 K°

P = 1.5 atm n = ??

PV = n R T

$1.5 \times 8.56 = n \times 0.0821 \times 273.15$

$\Rightarrow n = 0.57$ mol

---

* سوف أقوم باعطاء امثلة متعددة على كلا القانونين للتميز بينهما.

Example:

A sample of methane gas that has a volume of 3.8 L at 5 C°, is heated to 86 C° at constant pressure calculate its new volume?

عينة من غاز الميثان تمتلك حجم من 3.8 L عند درجة حرارة 5 C° تم تسخينها تحت ضغط ثابت لدرجة حرارة 86 C° ، احسب الحجم الجديد لهذه العينة.

Solution:

$V_1 = 3.8$ L $\qquad V_2 = ??$

$T_1 = 5\ C° = 278.15 K°$ $\qquad T_2 = 86\ C° = 359.15\ K°$

P = constant

$$\frac{P_1 . V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 . V_2}{n_2 T_2}$$

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

$$\frac{3.8}{278.15} = \frac{V_2}{359.15}$$

$$\Rightarrow V_2 = 4.9 \text{ L}$$

Question:

The volume (L) of 17.0 g of H_2S (Mw=34g/mol) at 27 °C and 90.0 kPa is:

a) 7.12 b) 13.9 c) 20.8 d) 32.3

The correct answer is (b)

Solution:

$$T = 27\ ^{\circ}C = 300\ ^{\circ}k$$

$$P = \frac{90}{101.3} = 0.89\ atm$$

$$n_{H_2S} = \frac{m}{M_w} = \frac{17}{34} = 0.5\ mol$$

$$PV = n\,R\,T$$

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

$$V = \frac{0.5 \times 0.0821 \times 300}{0.89}$$

$$V = 13.86\ L = 13.9L$$

Question:

The volume occupied by 5.00 moles of H_2O vapor at 152 mmHg and 25°C is allowed to expand to twice its original under constant temperature. Calculate the final volume of the gas. (in L)?

a) 977 b) 1466 c) 733

d) 1223 e) 400

The correct answer is (d)

Solution:

$n = 5$ mole $\qquad P = 152\ mmHg = \frac{152}{760} = 0.2\ atm$

$T = 25\ C^{\circ}$ $\qquad V_1 = ??$

$V_2 = 2 \times V_1$

$\Rightarrow PV = n\,R\,T$

$0.2 \times V = 5 \times 0.0821 \times 298$

$\Rightarrow V = 611.65\ L$

$\Rightarrow V_2 = 2 \times 611.65 = 1223.3$

Question:

The molar volume of a gas is liters (L) at 300 °C and 1.5 X 10 atm is.

a) 1.9 b) 3.1 c) 22.4 d) 4.7 e) 2.4

The correct answer is (b)

Solution:

molar volume = volume of one mol of gass

$\Rightarrow n = 1$

$T = 300°C = 573°k$

$PV = n\,R\,T \Rightarrow V = \dfrac{n\,R\,T}{P}$

$V = 1 \times \dfrac{0.0821 \times 573}{1.5 \times 10}$

$= 3.1\ L$

Example:

A sample containing 0.35 mol argon gas at a temperature of 13 C° and a pressure of 568 torr is heated to 56 C° and a pressure of 897 torr calculate the change in volume that occurs?

عينة تحتوي 0.35 mol من غاز الأرغون عند درجة حرارة 13 C° وضغط 568 torr تم تسخينها إلى 56 C° وضغط 897 torr، احسب التغير الذي حدث بالحجم؟

Solution:

$n = 0.35$ mol

$T_1 = 13\ C° = 286.15\ K°$

$P_1 = 568$ torr

$V_1 = ??$

$T_2 = 56\ C° = 329.15\ K°$

$P_2 = 897$ torr

$V_2 = ??$

المطلوب هو $(V_2 - V_1)$

- لا نستطيع استخدام هذا القانون $\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$ لوجود مجهولين.
- نلاحظ أن عدد المولات ثابت لعدم حدوث تفاعلات ⇐ لماذا ذكر في السؤال.
- نأخذ كل وضع على حدة ويكون عدد المولات (n) مشترك بين الوضعين.

1) $P_1V_1 = n\,R\,T_1$

$$P_1 = 568\ \text{torr} \times \frac{1\ \text{atm}}{760\ \text{torr}} = 0.747\ \text{atm}$$

$$\Rightarrow 0.747 \times V_1 = 0.35 \times 0.0821 \times 286.15$$

$$\Rightarrow V_1 = 11\ L$$

2) $P_2V_2 = n\,R\,T_2$

$$P_2 = 897\ \text{torr} \times \frac{1\ \text{atm}}{760\ \text{torr}} = 1.18\ \text{atm}$$

$$\Rightarrow 1.18 \times V_2 = 0.35 \times 0.0821 \times 329.15 \Rightarrow V_2 = 8L$$

$$\Rightarrow V_2 - V_1 = 8\text{-}11 = -3\ L$$

Question:

A small bubble (فقاعة) rises from the bottom of a lake, where the temperature and pressure are 4.0°C and 3.0 atm respectively, to the water's surface, where the temperature is 25°C and pressure is 0.95 atm, calculate the final volume of the bubble if its initial volume (in mL) was 1.21 mL.

a) 0.71 b) 6.2 c) 7.1 d) 21 e) 4.1

The correct answer is (e)

***Solution*:**

$T_1 = 4\ C° = 277\ K°$ $P_1 = 3$ atm

$V_1 = 1.21$ ml $T_2 = 25\ C° = 298\ K°$

$P_2 = 0.95$ atm $V_2 = ??$

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

$$\frac{3\times1.21}{277} = \frac{0.95\times V_2}{298}$$

$$\Rightarrow V_2 = 4.11\ mL$$

Question:

Which of the following is not important in determining the physical behavior of a gas?

a. Volume b. Temperature

c. Chemical composition d. Pressure

The correct answer is (c)

$$PV = n\,R\,T$$

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

$$\Rightarrow PV = \frac{m}{M_w} RT$$

$$\boxed{\Rightarrow M_w = \frac{mRT}{PV}} \quad \ldots(1)$$ حفظ

$$d = \frac{m}{V}$$

density (g/L)

بالتعويض بالمعادلة رقم (1) مكان $\frac{m}{V}$

$$\Rightarrow \boxed{M_w = \frac{dRT}{P}} \quad \ldots(2)$$ حفظ

هذا هو القانون الوحيد بوحدة الغازات الذي نتعامل فيه مع الكثافة (d) فأي تعطى فيه قيمة (d) أو تطلب نستخدم هذا القانون مباشرة.

Question:

Calculate the molar mass (g/mol) of a gas if 8.00 g of the gas occupy a 5.00 L container at 92.0 kPa and 27 °C.

a) 10.8 b) 32.5 c) 52.1 d) 43.4 e) 21.7

The correct answer is (d)

Solution:

$$P = 92 \text{ kpá} \times \frac{1 \text{ atm}}{101.3 \text{ kpá}}$$

$$= 0.908 \text{ atm}$$

$$T = 27^{\circ}C$$

$$= 27 + 273 = 300^{\circ}k$$

$$Mw = \frac{m\,R\,T}{PV} = \frac{8 \times 0.0821 \times 300}{0.0908 \times 5}$$

$$= 43.4 \text{ g /mol}$$

Example:

The density of gas was measured at 1.50 atm and 27 C° and found to be 1.95 g/L, calculate the molar mass of the gas?

كثافة عينة من الغاز تم قياسها عند ضغط 1.5 atm ودرجة حرارة 27 C° وجدت تساوي 1.95 g/L ، احسب الكتلة المولية لهذا الغاز؟

Solution:

$P = 1.5$ atm $\qquad T = 27\ C^{\circ} = 300\ K^{\circ}$

$d = 1.95$ g/L

$$\Rightarrow M_w = \frac{dRT}{P}$$

$$M_w = \frac{1.95 \times 0.0821 \times 300}{1.5} = 32 \text{ g/mol}$$

Question:

Calculate the density (g/L) of NH_3 (M.wt = 17.0) at 25 °C and 0.80 atm.

a) 0.97 b) 0.83 c) 0.56 d) 0.69 e) 0.75

The correct answer is (c)

Solution:

$$T = 25°C = 25 + 273 = 298\ °k$$

$$d = \frac{M_w \times p}{R\,T} = \frac{17 \times 0.8}{0.0821 \times 298}$$

$$= 0.56\ g/L$$

Question:

A 4.37 gram sample of a diatomic gas occupies a volume of 3.00 L at 1.00 atm and a temperature of 45°C. What is this gas?

a) F_2 b) N_2 c) O_2 d) Cl_2 e) H_2

The correct answer is (a)

***Solution*:**

$m = 4.37\ g$ $V = 3\ L$ $P = 1 atm$

$T = 45\ C° = 318\ °K$ $M_w = ??$

$$\Rightarrow M_w = \frac{m R T}{P V}$$

$$= \frac{4.37 \times 0.0821 \times 318}{1 \times 3} = 38\ g/mol$$

$\Rightarrow F_2$ gas

Question:

6.50 g of an unknown gas is sealed in a 1.00 L flask at 37.0°C and 3.75 atm. Which one of the following is most likely to be the gas.

a) H_2O (molar mass 18.0 g/mol)

b) HBr (molar mass 80.9 g/mol)

c) HCN (molar mass 27.0 g/mol)

d) H_2S (molar mass 34.0 g/mol)

e) C_3H_8 (molar mass 44.0 g/mol)

The correct answer is (e)

***Solution*:**

$$T = 37\ C^\circ = 310\ K^\circ$$

$$\Rightarrow M_w = \frac{m R T}{P V}$$

$$= \frac{6.5 \times 0.0821 \times 310}{3.75 \times 1} = 44.11\ g/mol$$

- من الملاحظة أن $M_w \alpha\ d$

أي عند نفس درجة الحرارة والضغط كلما Mw ↑ ⇐ d ↑

Example:

NO_2	>	CO_2	>	N_2	>	He	>	H_2	
M_w =		46		44		28		4	2

M_w ↑

⇒ d ↑

ستكون الحسابات في الحالة الغازية مشابهة لما ورد بالوحدة الثالثة مع اختلاف كيفية حساب عدد المولات والاستفادة من عدد المولات.

$$PV = n\,R\,T$$

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

حفظ

STP = Standard Temperature and Pressure
T = 0 C° = 273.15 K°
P = 1 atm
درجة الحرارة والضغط المعياريين.

- أي سؤال يرد فيه STP مباشرة يجب تعويض قيمة T = 273.15 K° ، P = 1 atm.

Example:

Calculate molar volume of Ideal gas under STP conditions?

احسب الحجم المولي للغاز الExampleي تحت الظروف المعيارية؟

Solution:

Molar volume

n = 1 mole T = 273.15 K° P = 1 atm

V = ??

$$PV = n\,R\,T$$

$$1 \times V = 1 \times 0.0821 \times 273.15$$

$$\Rightarrow V = 22.42\ L$$

⇐ تحت الظروف المعيارية (STP)

1 mol of gas $\rightarrow$ 22.42 L

Example:

A sample of nitrogen gas has a volume of 1.75 L at STP, how many moles of N_2 are present?

عينة من غاز النيتروجين تمتلك حجم 1.75 L تحت الظروف المعيارية، كم عدد مولات غاز النيتروجين؟

Solution:

توجد طريقتين للحل.

1) بما أننا تحت الظروف المعيارية (STP)

$\Rightarrow$ 1 mol of N_2 gas $\rightarrow$ 22.42 L

X mol of N_2 gas $\rightarrow$ 1.75 L

$$\Rightarrow n_{N_2} = 7.81 \times 10^{-2}\ mol$$

2) STP تعني $P = 1\ atm\ ,\ T = 273.15\ K°$

$$\Rightarrow PV = n\,R\,T$$

$$1 \times 1.75 = n \times 0.0821 \times 273.15$$

$$\Rightarrow n = 7.81 \times 10^{-2}\ mol$$

وأنا شخصياً أفضل الطريقة الثانية.

Question:

Calculate the density (g/L) of NH3 gas at STP.

a) 0.759 b) 3.32 c) 1.23 d) 2.86

The correct answer is (a)

Solution:

$T = 273\ ^{\circ}C$ ⟵ تعني S T P

$P = 1$ atm

$$Mw = \frac{d\,R\,T}{P}$$

$$d = \frac{M_w \times P}{R\,T}$$

M_w f or $NH_3 = 17$ g/mol ⟵ من الجدول الدوري

$$d = \frac{17 \times 1}{0.0821 \times 273} = 0.759 \text{ g/L}$$

Question:

Calculate the density of O_2 (MW = 32.0) in (g/L) at STP.

a) 0.758 b) 44.0 c) 1.96 d) 1.25 e) 1.43

The correct answer is (e)

Solution:

S T P ⟶ $T = 273^{\circ}C$, $P = 1$ atm

$$d = \frac{Mw \times P}{R\,T} = \frac{32 \times 1}{0.0821 \times 273}$$

$$= 1.43 \text{ g/L}$$

Question:

What would be the volume of a gas at STP if it was found to occupy a volume of 255 cm^3 at 25 °C and 85.0 kPa?

a. 234 cm^3

b. 199 x 10^2 cm^3

c. 190 cm^3

d.0.196 cm^3

The correct answer is (c)

Example:

Calculate the volume of CO_2 at STP produced from the decomposition of 152 g of $CaCO_3$ (Mw=100.09 g/mol) by the reaction?

احسب حجم غاز CO_2 تحت الظروف المعيارية (STP) الناتج من تفكك 152 g من $CaCO_3$ من هذه المعادلة؟

$$CaCO_3 \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$M_{w(CaCO_3)} = 100.09\ g/mol$ من الجدول الدوري

$$\Rightarrow n_{CaCO_3} = \frac{m}{M_w} = \frac{152}{100.09} = 1.52\ mol$$

1 mol of $CaCO_3$ → 1 mol of CO_2

1.52 mol of $CaCO_3$ → X mol of CO_2

$n_{CO_2} = 1.52\ mol$

- نفس السؤال السابق، يحل بطريقتين لكننا سوف نذكر طريقة واحدة "وهي الأفضل".

STP ⇒ T = 273.15 K° P = 1 atm

$n = 1.52$ mol

$\Rightarrow PV = n R T$

$1 \times V = 1.52 \times 0.0821 \times 273.15$

$\Rightarrow V = 34.1$ L

Question:

Calculate the volume in liters of N_2 produced at 27°C and 836 torr upon decomposition of 3.25 g NaN_3 (F.wt = 65.0) according to:

$$2\,NaN_{3(s)} \rightarrow 2\,Na_{(s)} + 3\,N_{2(g)}$$

a) 3.36 b) 4.20 c) 5.04 d) 1.68 e) 6.72

The correct answer is (d)

Solution:

$$n_{NaN_3} = \frac{m}{Mw} = \frac{3.25}{65} = 0.05 \text{ mol}$$

2 mol of NaN_3 ⟶ 3 mol of N_2

0.05 mol of NaN_3 ⟶ X mol of N_2

$n_{N_2} = 0.075$ mol.

$T = 27\,°C = 300\,°C$

$$P = 836 \text{ torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} = 1.1 \text{ atm}$$

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

$$V = \frac{0.075 \times 0.0821 \times 300\,°K}{1.1}$$

$$V = 1.68\ L$$

Question:

Gaseous C_2H_4 reacts with O_2 according to the following equation:

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

What volume of oxygen at STP is needed to react with 0.732 mol of C_2H_4?

a) 4.50 L b) 33.6 L c) 101 L d) 67.2 L e) 49.2 L

The correct answer is (e)

Solution:

1 mol of C_2H_4 → 3 mol of O_2

0.732 mol of C_2H_4 → X mol of O_2

$n_{O_2} = 2.196$ mol

STP $\Rightarrow$ T = 273 °K P = 1 atm

$PV = n\,R\,T$

$1 \times V = 2.196 \times 0.0821 \times 273$

$V = 49.22$ L

Question:

Calculate the volume of N_2(L) produced at 27°C and 836 torr upon reaction of 13.0 g NaN_3 (molar mass = 65.0g/mol) according to:

$$2\,NaN_{3(s)} \rightarrow 2\,Na_{(s)} + 3\,N_{2(g)}$$

a) 3.36 b) 4.48 c) 5.04 d) 6.17

The correct answer is (d)

Solution:

$$T = 27°C = 300°k$$

$$P = \frac{836}{760} = 1.1 \text{ atm}$$

$$n_{NaN_3} = \frac{m}{Mw} = \frac{13}{65} = 0.2 \text{ mol}$$

من المعادلة الموزونة

$$2 \text{ mol of } NaN_3 \longrightarrow 3 \text{ mol of } N_2$$

$$0.2 \text{ mol of } NaN_3 \longrightarrow X$$

$$n_{N_2} = 0.3 \text{ mol}$$

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

$$V = \frac{0.3 \times 0.0821 \times 300}{1.1} = 6.7 \text{ L}$$

Question:

Ammonium nitrite (MW = 64.0) undergoes decomposition to produce only gases according to.

$$NH_4NO_{2(s)} \longrightarrow N_{2(g)} + 2\,H_2O_{(g)}$$

How many liters (L) of gases will be produced by the decomposition of 20.0 g of NH_4NO_2 at 525 °C and 1.5 atm?.

a) 49 b) 57 c) 66 d) 41 e) 32

The correct answer is (d)

• نلاحظ وجود غازين بالنواتج.

Solution:

$$n_{NH_4NO_2} = \frac{m}{Mw} = \frac{20}{64} = 0.313 \text{ mol}$$

1 mol of NH_4NO_2 → 1 mol of N_2

0.313 mol of NH_4NO_2 → X

$n_{N_2} = 0.313.$

$T = 525°C$

$= 525 + 273 = 798\ k°$

$$PV = nRT$$

$$V_{N_2} = \frac{nRT}{P}$$

$$V = \frac{0.313 \times 0.0821 \times 798}{1.5} = 13.65 \text{ L}$$

1 mol of NH_4NO_2 → 2 mol of H_2O

0.313 mol of NH_4NO_2 → X

$n_{H_2O} = 2 \times 0.313$

$= 0.625$ mol

$$PV = nRT$$

$$V_{H_2O} = \frac{nRT}{P} = \frac{0.625 \times 0.0821 \times 798}{1.5}$$

$= 27.298\ L$

$$V_{Total} = V_{H_2O} + V_{N_2}$$
$$= 27.298 + 13.65 = 40.95\ L$$
$$= 41\ L$$

Question:

What volume of O_2, at 1 atm and 0 °C, is required for the complete combustion of 4.5 L of C_2H_6 at STP?

$2\ C_2H_6 + 7\ O_2 \rightarrow 4\ CO_2 + 6\ H_2O$

a. 2.29L
b. 15.8 mL
c. 15.8L
d. 1.29mL

The correct answer is (c)

Example:

A sample of methane gas having a volume of 2.80 L at 25 C° and 1.65 atm was mixed with a sample of oxygen gas having a volume of 35 L at 31 C° and 1.25 atm. The mixture was then ignited to form carbon dioxide (CO_2) and water (H_2O), calculate the volume of CO_2 formed at a pressure of 2.50 atm and a temperature of 125 C°.

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

عينة من غاز الميثان بحجم 2.8 L عند درجة حرارة 25 C° وضغط 1.65 atm خلطت مع عينة من غاز الأوكسجين تمتلك حجم من 3.5 L عند درجة حرارة 31 C° وضغط 1.25 atm ، الخليط تم حرقه ليكوّن ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وماء (H_2O) احسب حجم CO_2 الناتج تحت ضغط 2.5 atm ودرجة حرارة 125 C°؟

Solution:

أولاً نقوم بكتابة المعادلة ووزنها:

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

V = 2.8 L	V =35 L	V = ??
P = 1.65 atm	P = 1.25 atm	P = 2.5 atm
T = 25 C°=298K°	T = 31C°=304K°	T = 125 C° = 398 K°

- نلاحظ أنه يوجد لدينا معلومات تدل على عدد مولات اثنين من المواد المتفاعلة، لذلك يجب تحديد العامل المحدد "Limiting Reactant"

1) moles of CH_4

$PV = n R T$

$1.65 \times 2.8 = n \times 0.0821 \times 298$

$\Rightarrow n_{CH_4} = 0.189$ mol

$$\boxed{\frac{0.189}{1} = 0.189}$$ ← الأصغر (L.R)

2) moles of O_2

$PV = n R T$

$1.25 \times 35 = n \times 0.0821 \times 304$

$\Rightarrow n_{O_2} = 1.75$

$$\boxed{\frac{1.75}{2} = 0.875}$$

1 mol of CH_4 → 1 mol of CO_2

0.189 mol of CH_4 → X mol of CO_2

$\Rightarrow n_{CO_2} = 0.189$

$PV = n R T$

$2.5 \times V = 0.189 \times 0.0821 \times 398$

$\Rightarrow V = 2.47\ L$

قانون دالتون للضغوط الجزئية

Dalton's Law of Partial Pressures:

الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة لهذا الخليط.

$$\boxed{P_{Total} = P_A + P_B + P_C + \dots}$$

P_{Total} = Total pressure or atmospheric pressure

(الضغط الكلي) (الضغط الجوي)

P_A = Partial pressure of gas A.

الضغط الجزئي للغاز A

- $P_{Tot}, P_A, P_B \dots$ يجب أن تكون لها نفس الوحدة.
- جميع الغازات الموجودة بالخليط يكون لها نفس الحجم(V) ودرجة الحرارة (T).

Example:

46 L He at 25 C° and 1 atm and 12 L O_2 at 25 C° and 1 atm we pumped into a tank with a volume of 5 L. Calculate the partial pressure of each gas and the total pressure in the tank at 25 C°?

46 L من غاز الهيليوم He عند درجة حرارة 25 C° وضغط 1 atm و12 L من غاز الأكسجين عند درجة حرارة 25 C° وضغط 1 atm تم ضخها إلى وعاء حجمه 5 L ، احسب الضغط الجزئي لكل غاز والضغط الكلي داخل الوعاء عند درجة حرارة 25 C°؟

He	O_2	Tank
P = 1 atm	P = 1 atm	P = ??
V = 46 L	V = 12 L	V = 5 L
T = 25 C°	T = 25 C°	T = 25 C°

- سوف نقوم بحساب P_{O_2} ، P_{He} داخل الوعاء "الوضع الجديد".
- بما أن درجة الحرارة ثابتة في الأوضاع الثلاثة فإننا نقوم بحذف درجة الحرارة من الحل.
- الوعاء (Tank) هو الوضع الجديد لكلا الغازين (P_2, V_2 لكلا الغازين)

1) P_{He}

$P_1V_1 = P_2V_2$

$1 \times 46 = P_2 \times 5$

$\Rightarrow P_2 = 9.3$ atm "partial pressure of He"

2) P_{O_2}

$P_1V_1 = P_2V_2$

$1 \times 12 = P_2 \times 5$

$P_2 = 2.4$ atm "partial pressure of O_2"

3) $P_{Total} = P_{He} + P_{O_2}$

$= 9.3 + 2.4 = 11.7$ atm

Question:

A 50 mL of oxygen at 25 °C and 120 torr and a 100 mL sample of nitrogen at 25 °C and 160 torr both placed in a 200 mL flask at 25 °C. What is the final pressure (in torr) in the flask?

a. 250 b. 110

c. 280 d. 140

The correct answer is (b)

$$X_A = \frac{n_A}{n_{Total}} \qquad \ldots\ldots\ldots (1)$$

(النسبة المولية) (بدون وحدات)

X_A = mole fraction of A "unit less" $(1 \geq X_A \geq 0)$

n_A = moles of A "mole"

n_{Total} = Total no. of moles "moles"

تمتلك نفس الوحدة

$$X_A = \frac{P_A}{P_{Total}} \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

P_A= Partial pressure of A

P_{Total} = total pressure "atmospheric pressure"

$P_A \rightleftharpoons X_A \rightleftharpoons n_A$ من •

Example:

The partial pressure of Oxygen (O_2) was observed to be 156 torr in air with a total atmospheric pressure of 743 torr, calculate the mole fraction of O_2 present?

الضغط الجزئي لغاز الأكسجين (O_2) وجد بأنه 156 torr في الهواء بضغط كلي 743 torr، احسب النسبة المولية للأكسجين؟

Solution:

$P_{O_2} = 156$ torr $\qquad P_{Total} = 743$ torr

$X_{O_2} = ??$

$$X_{O_2} = \frac{P_{O_2}}{P_{Total}} = \frac{156}{743} = 0.21$$

Example:

The mole fraction of nitrogen in the air is 0.7808, calculate the partial pressure of N_2 in air when the atmospheric pressure is 760 torr?

النسبة المولية لغاز النيتروجين (N_2) بالهواء تساوي 0.7808، احسب الضغط الجزئي للنيتروجين بالهواء عندما يكون الضغط الجوي مساوياً لـ 760 torr؟

Solution:

$P_{Total} = 760$ torr

$P_{N_2} = ??$

$X_{N_2} = 0.7808$

$$\Rightarrow X_{N_2} = \frac{P_{N_2}}{P_{Total}}$$

$$0.7808 = \frac{P_{N_2}}{760}$$

$$\Rightarrow P_{N_2} = 593 \text{ torr}$$

Question:

CH_4 and H2 were mixed together at 730 torr and 35 °C. If the partial pressure of H_2 is 330 torr, What is the mole fraction of CH_4?

a. 0.526 b. 0.434

c. 0.548 d. 0.452

The correct answer is (c)

Question:

A vessel contains 3.5 moles Ne and 2.0 moles N_2 and 3.0 moles of CH_4. It has a total pressure of 1000 mmHg. What is the partial pressure (in atm) of CH_4 in the vessel?

a) 0.46 b) 0.58 c) 0.35 d) 2.53 e) 0.53

The correct answer is (a)

Solution:

$$X_{CH_4} = \frac{n_{CH_4}}{n_{CH_4} + n_{Ne} + n_{N_2}} = \frac{3}{3 + 3.5 + 2}$$

$$= 0.353$$

$$P_{CH_4} = X_{CH_4} \times P_{Total}$$
$$= 0.353 \times 1000 = 353 \text{ mm Hg}$$

$$\Rightarrow P_{CH_4} = \frac{353}{760} = 0.464 \text{ atm}$$

Question:

A mixture of 1.50 mol Ar and 3.50 mol CO_2 has a total pressure of 3.40 atm. Calculate the partial pressure (atm) of CO_2.

a) 1.02 b) 2.38 c) 3.50 d) 4.90

The correct answer is (b)

Solution:

$$X_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n_{CO_2} + n_{Ar}} = \frac{3.5}{1.5 + 3.5} = 0.7$$

$$P_{CO_2} = X_{CO_2} \times P_{Total}$$
$$= 0.7 \times 3.4 = 2.38 \text{ atm.}$$

Question:

A gas mixture contains 0.800 g H_2 and 2.80 g N_2. If the total pressure exerted by this mixture is 60.0 atm, then the partial pressure of H_2 gas (in atm) is: (molar masses: H_2 = 2.00 g/mol; N_2 = 28.0g/mol)

a) 16.0 b) 24.0 c) 32.0 d) 40.0 e) 48.0

The correct answer is (e)

Solution:

$m_{H_2} = 0.8\ g$ $\qquad$ $m_{N_2} = 2.8\ g$

$P_{Tot} = 60\ atm$

$M_{w_{H_2}} = 2\ g/mol$ $\qquad$ $M_{w_{N_2}} = 28\ g/mol$

$$n_{H_2} = \frac{m}{M_w} = \frac{0.8}{2} = 0.4\ mol$$

$$n_{N_2} = \frac{2.8}{28} = 0.1\ mol$$

$$X_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{n_{H_2} + n_{N_2}} = \frac{0.4}{0.4 + 0.1} = 0.8$$

$$X_{H_2} = \frac{P_{H_2}}{P_{Tot}} \Rightarrow 0.8 = \frac{P_{H_2}}{60}$$

$$\Rightarrow P_{H_2} = 48\ atm$$

Question:

A 4.00 L flask was filled with a mixure of equimolar amounts of nitrogen gas, and an unknown gas at 27°C and 1.00 atm. The mixture had a mass of 10.0 g. Calculate the molar mass of the unknown gas?

a) 169 g/mol $\qquad$ b) 218 g/mol $\qquad$ c) 192 g/mol

d) 120 g/mol $\qquad$ e) 95.2 g/mol

The correct answer is (e)

Solution:

$V = 4\ L$ $\qquad$ $T = 27\ °C = 300\ °K$

$P_{Total} = 1\ atm$ $\qquad$ $m_{Total} = 10\ g$

$$P_{Tot}V = n_{Tot}RT$$

$$1 \times 4 = n_{Tot} \times 0.0821 \times 300$$

$$n_{Tot} = 0.1624$$

$$n_{N_2} = n_{X_2} = \frac{n_{Tot}}{2} = \frac{0.1624}{2} = 0.0812$$

$$\Rightarrow m_{N_2} = n \times M_w = 0.0812 \times 28 = 2.27 \text{ g}$$

$$\Rightarrow 10 = m_{N_2} + m_X$$

$$10 = 2.27 + m_X$$

$$\Rightarrow m_X = 7.726 \text{ g}$$

$$\Rightarrow n = \frac{m}{M_w}$$

$$0.0812 = \frac{7.726}{M_w} \Rightarrow M_w = 95.15 \text{ g/mol}$$

Question:

Which gas will effuse faster, ammonia or carbon dioxide?

a. Carbon dioxide
b. Ammonia
c. Both have same rate
d. Non of the above

The correct answer is (b)

Question:

Three gases CO_2, O_2 and N_2 are in a 10.0 L container at 30.0°C and 800 torr. If the mass of CO_2 is 8.00 g and that of O_2 is 6.000 g, then what is the mass of N_2 (in g)? (MM of CO_2= 44.0 g/mol, O_2=32.0 g/mol, N_2 = 28.0 g/mol).

a. 1.51 b. 3.21
c. 2.80 d. 0.86

The correct answer is (a)

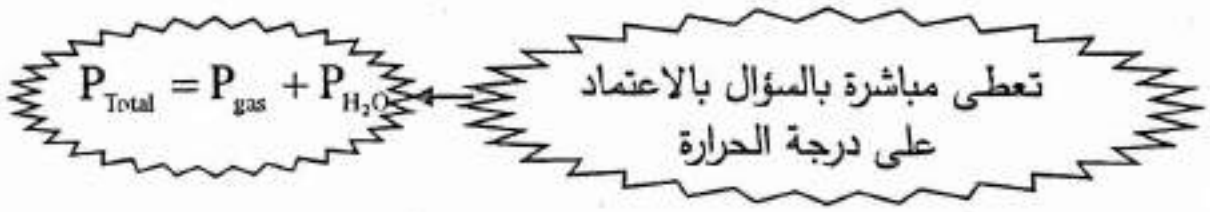
تجميع الغاز فوق سطح الماء

Gas Collection over water surface

عملية تجميع الغازات الناتجة عن التفاعلات تكون صعبة نظراً لطبيعة الحالة الغازية.

وكما نعلم أن ذائبية الغازات بالماء تكون قليلة، لذلك سوف نقوم بتجميع هذه الغازات فوق سطح الماء، ومنها تحديد كتلة وعدد مولات الغاز.

- كما هو معلوم أن الماء يتبخر عند أي درجة حرارة، لذلك سيكون هنالك فوق سطح الماء مع الغاز المتجمع بخار الماء أيضاً.



عزيزي الطالب:

السؤال الذي ترد فيه احدى الجمل التالية:

1) Gas collected over water surface

تجميع الغاز فوق سطح الماء

2) Gas collected by displacement of water

تجميع الغاز بإزاحة الماء

3) Vapor pressure اعطاء قيمة للضغط التجاري بالسؤال

$$P_{gas} = P_{Total} - P_{H_2O}$$ فإن أول قانون نستخدمه هو

- وبعد ايجاد ضغط الغاز (P_{gas}) يكون الحل تماماً كما تعلمت سابقاً.

Example:

$KClO_3$ decomposed by the following reaction

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

The oxygen produced was collected by displacement of water at 22 C°, at a total pressure of 754 torr the volume of the gas collected was 0.65 L, and the vapor pressure of water at 22 C° is 21 torr, calculate the partial pressure of O_2 in the gas collected and the mass of $KClO_3$ (Mw= 122.6 g/mol) in the sample that was decomposed?

$KClO_3$ يتفكك حسب هذه المعادلة

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

غاز الأكسجين الناتج تم تجميعه فوق سطح الماء عند درجة حرارة 22 C° بضغط كلي 754 torr ، حجم الغاز الذي تم تجميعه هو 0.65 L ، وضغط بخار الماء عند درجة حرارة 22 C° هو 21 torr، احسب الضغط الجزئي لـ O_2 بالغاز الذي تم تجميعه وكتلة $KClO_3$ المتفككة؟

Solution:

$P_{Total} = 754$ torr

$P_{H_2O} = 21$ torr

$T = 25\ C° = 295\ K°$

$V = 0.65$ L

$m_{KClO_3} = ??$

$P_{O_2} = ??$

$M_{wKClO_3} = 122.6$ g/mol

$P_{Total} = P_{O_2} + P_{H_2O}$

$754 = P_{O_2} + 21$

$\Rightarrow P_{O_2} = 733\ torr = 0.964\ atm$

يتم التحويل لـ atm لتعويضها بالقانون

$\Rightarrow PV = n\,R\,T$

$0.964 \times 0.65 = n \times 0.0821 \times 295$

$\Rightarrow n = 2.59 \times 10^{-2}$ mol

3 mol	of O_2 →	2 mol	of $KClO_3$
2.59×10^{-2} mol	of O_2 →	X mol	of $KClO_3$

$\Rightarrow n_{KClO_3} = 1.73 \times 10^{-2}$ mol

$\Rightarrow m = n \times M_w = 1.73 \times 10^{-2} \times 122.6 = 2.12$ g

Question:

A sample of hydrogen gas was collected over water at 21.0°C and 685.0 mmHg. The volume of the container where the gas was collected is 7.80 L. calculate the mass of $H_{2(g)}$ collected. (Molar mass of H_2=2.02 g/mol; vapor pressure of water = 18.6 mmHg at 21°C)

a. 0.672 g b. 0.427 g c. 0.566 g
d. 0.205 g e. 0.314 g

The correct answer is (c)

Solution:

$P_{Total} = P_{H_2} + P_{H_2O}$

$685 = P_{H_2} + 18.6$

$P_{H_2} = 666.4\, mm\, Hg = 0.877\, atm$

لحساب الكتلة (m) لغاز الهيدروجين (H_2) نستخدم القانون التالي:

$$Mw = \frac{mRT}{PV}$$

$$2 = \frac{m\, x\, 0.0821 \times (21+273)}{0.877 \times 7.8}$$

$= 0.566$ g

Question:

A sample of a gas is collected over H2O at 25 °C. After leveling the water, the volume of the gas was found to be 180 mL. If the atmospheric pressure is 740 torr, what is the volume of the gas at STP? (P_{H2O} = 24 torr 25 °C).

a. 22.4 mL

b. 161 mL

c. 185 mL

d. 155mL

The correct answer is (d)

نظرية الحركة الجزيئية

Kinetic Molecular theory (KMT)

تقوم هذه النظرية على تفسير صفات وخصائص الغاز المثالي

1- The particles are so small compared with the distances between them that the volume of the individual particles can be assumed to be negligible (zero).
2- The particles are in constant motion. The collisions of the particles with the walls of the container are the cause of the pressure exerted by the gas.
3- The particles are assumed to exert no forces on each other; they are assumed neither to attract nor to repel each other.
4- The average kinetic energy of a collection of gas particles is assumed to be directly proportional to the Kelvin temperature of the gas.

1) حجم جزيئات الغاز صغير جداً بالمقارنة مع المسافة بين هذه الجزيئات، لذلك نستطيع اعتبار أن حجم هذه الجزيئات = ملغى "zero" (يؤثر على حجم الغاز الحقيقي) لذلك حجم الغاز الحقيقي أكبر من حجم الغاز المثالي $P_{real} \rangle P_{ideal}$.

2) الجزيئات في حركة مستمرة، التصادم بين الجزيئات والجدران الخارجية للوعاء هو ما يسبب ضغط هذا الغاز.

3) نعتبر أنه لا يوجد قوى متبادلة بين جزيئات الغاز، "لا تنافر ولا تجاذب بين هذه الجزيئات" (يؤثر على ضغط الغاز الحقيقي). لذلك فإن ضغط الغاز الحقيقي أقل من ضغط الغاز المثالي $P_{ideal} \rangle P_{real}$.

4) متوسط الطاقة الحركية لمجموعة من جزيئات الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارة الغاز "بوحدة K°".

$$(KE)_{avg} = \frac{3}{2} R\ T$$

$(KE)_{avg}$ = average kinetic energy (J) "متوسط الطاقة الحركية"

R = gas constant (8.314 J/mol.K°)

T = temperature (K°)

Question:

Calculate <u>average Kinetic energy</u> for oxygen gas at 25C°?

احسب متوسط الطاقة الحركية لغاز الأوكسجين عند درجة حرارة تساوي 25C°؟

Solution:

$T = 25C° + 273 = 298\ °k$

$$\Rightarrow (KE)_{avg} = \frac{3}{2} RT$$

$$= \frac{3}{2} \times 8.314 \times 298 = 3.716 \times 10^3 K$$

$$= 3.716 KJ$$

بالاعتماد على النقاط السابقة نستنتج مايلي

1) Mw ↑ ⇒ velocity (or speed) of gas↓ ⇒ density ↑ ⇒
Rate of effusion OR diffusion↓ ⇒ Ideality ↓
(معدل التدفق أو الانتشار) (المثالية)

2) الظروف التي يصبح عندها الغاز أي غاز Exampleي أو يكون أقرب ما يمكن المثالية هي:

A) Low Pressure (ضغط منخفض)

B) High Temperature (درجة حرارة مرتفعة)

Question:

At the same T and P, the incorrect statement is:

a) CH_4 gas behaves more ideally than C_2H_8 gas.

b) SO_3 gas has a higher average kinetic energy that SO_2 gas.

c) H_2 gas has a higher average speed than He gas.

d) The density of Cl_2 gas is greater than that of F_2 gas.

e) Ne gas diffuses faster than Ar gas.

The correct answer is (b)

Solution:

Because average kinetic energy of the gas depends only on temperature

Question:

Which statement is <u>not correct</u> (false)?

a) The molecules of an ideal gas are relatively far apart.

b) The average kinetic energies of molecules from samples of different "ideal" gases is the same at the same temperature.

c) Molecules of a gas undergo many collisions with each other and with the container walls.
d) Molecules of greater masses have a lower average speed than those of smaller masses at the same temperature.
e) All molecules of an ideal gas have the same kinetic energy at constant temperature.

The correct answer is (e)

Question:

Which of the following is the <u>true</u> statement?

a) A gas that obeys Boyle's law is a real gas.
b) At the same temperature lighter molecules have a higher average velocity than heavier molecules.
c) Effusion and diffusion are the same process.
d) Real gases deviate from ideal behavior at high temperatures and low pressures.
e) Temperature is a measure of the total energy of an object.

The correct answer is (b)

Question:

The conditions at which a certain gas will behave ideally would be:

الظروف التي يصبح فيها غاز معين مثالياً هي:

a) high T and high P
b) low T and high P
c) high T and low P.
d) low T and low P
e) low T and high V

The correct answer is (c)

Question:

Gases behave more ideally, (i.e., tend to obey the laws of gases) at:

a) high P, low T.
b) low P, high T.
c) high P, high T.
d) low P, low T
e) non of the above

The correct answer is (b)

Question:

Which of the following is true about the kinetic molecular theory?

a) Adding an ideal gas to a closed container will cause an increase in temperature.

b) The volume of a gas particle is considered to be small – about 0.10 mL.
c) Pressure is due to the collisions of the gas particles with the walls of the container.
d) Gas particles repel each other, but do not attract one another.
e) None of the above.

The correct answer is (c)

Question:

Which statements is <u>not correct</u> (false)?

a) The molecules of an ideal gas are relatively far apart.
b) The average kinetic energies of molecules from samples of different "ideal" gases is the same at the same temperature.
c) Molecules of a gas undergo many collisions with each other and with the container walls.
d) Molecules of greater masses have a lower average speed than those of smaller masses at the same temperature.
e) All molecules of an ideal gas have the same kinetic energy at constant temperature.

The correct answer is (e)

Question:

If a liter of $CO_{2(g)}$ is compared to a liter of $H_{2(g)}$ at the same temperature and pressure then, assuming ideal behaviours, the correct answer is:

a) CO_2 and H_2 molecules have the same average velocity.
b) There are more CO_2 molecules than H_2 molecules.
c) Average kinetic energy of the CO_2 molecules is equal to that of H_2 molecules.
d) The mass of one liter CO_2 equals the mass of one liter H_2.
e) None of the above is true.

The correct answer is (c)

***Solution*:**

Under same conditions $n_{CO_2} = n_{H_2}$

جذر متوسط مربع السرعة

Root Mean Square Velocity (μ_{rms})

تتناسب سرعة جزيئات الغاز عكسياً مع كتلتها "الكتلة المولية M_w" وطردياً مع درجة الحرارة.

$$\mu_{rms} = \sqrt{\frac{3\,RT}{M_w}}$$

μ_{rms} = root mean square velocity (m/s)

R = gas constant (8.314 J/mol.K°)

T = Temperature (K°)

M_w = Molar mass (kg/mol)

- سوف أعيد صياغة القانون بحيث لا ينسى الطالب عملية تحويل Mw من g/mol ← kg/mol (لأنه من أكثر الأخطاء الشائعة عند الطلاب).

$$\mu_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M_w \times 10^{-3}}}$$

Example:

Calculate the root mean square velocity for the atoms in a sample of helium (He) gas at 25 C°?

احسب جذر متوسط مربع السرعة لعينة من ذرات غاز الهيليوم (He) عند درجة حرارة 25 C°؟

Mw = 4 g/mol ← من الجدول الدوري

T = 25 C° = 298 K°

$$\Rightarrow \mu_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M_w \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 298}{4 \times 10^{-3}}} = 1.36 \times 10^{3} \text{ m/s}$$

↑ Mw ← ↓ speed of molecule

بالاعتماد على القانون السابق

(سرعة الجزيء)

Example:

H_2	>	He	>	N_2	>	O_2	>	CO_2
$M_w =$	2		4		28		32	44

$M_w \downarrow$

$\Rightarrow$ speed $\uparrow$

Example:

Calculate the root mean square velocity (u_{rms}) (in m/s) of NO molecules in a sample of CO_2 gas at 27.0 C°. [molar mass of NO = 30.0 g/mol].

a) 342 b) 291 c) 412 d) 517 **e) 499**

***Solution*:**

$\mu_{rms\,(NO)} = ??$ $\qquad M_{w(NO)} = 30.0\ g/mol$

$T = 27\ °C = 300\ °K$

$$\mu_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M_w \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 300}{30 \times 10^{-3}}} = 499.4\ m/s$$

• نلاحظ وجود غاز CO_2 لم يؤثر على سرعة غاز NO

Example:

Calculate the root mean square velocity (μ_{rms}) of F_2 molecules in a sample of F_2 gas at 27.0°C (in m/s). (molar mass of F_2 = 38.0g/mol).

a) 325 b) 412 c) 444 d) 492 e) 517

The correct answer is (c)

Solution:

$T = 27\ C^\circ = 300\ K^\circ$

$M_w = 38$ g/mol

$$\mu_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M_w \times 10^{-3}}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 300}{38 \times 10^{-3}}} = 443.75\ m/s$$

Question:

Which of the following statements is **not correct?**

a. real gases behave as ideal gases at very low pressure.

b. collisions between ideal gas molecules are elastic.

c. Different gases have different u (rms) at the same temperature.

d. as temperature is increased, u (rms) increases for all gases at the same conditions.

e. H_2 (molar mass=2.0 g/mol) has higher average kinetic energy than CO_2 (molar mass=44.0) at 298 K.

The correct answer is (e)

الانتشار (Diffusion)	التدفق (Effusion)
• يتم الانتشار تحت نفس الضغط • يحدث ببطء Example: انتشار رائحة العطر	• يتم بانتقال الغاز من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض • يحدث بسرعة كبيرة **Example:** ثقب في بالون

• سوف يكون حديثنا ومحور الأسئلة عند التدفق "Effusion"

$$\frac{\text{Rate of effusion for gas 1}}{\text{Rate of effusion for gas 2}} = \sqrt{\frac{M_w 2}{M_w 1}}$$

وتكون الاسئلة على ثلاثة أنواع رئيسية وهي:

Example:

Calculate the ratio of effusion rates of hydrogen gas (H_2) and Uranium hexa Flouride UF_6?

احسب نسبة تدفق غاز الهيدروجين وغاز UF_6؟

Solution:

من يذكر أولاً يكون بالبسط ومن يذكر ثانياً يكون بالمقام "الترتيب هنا مهم".

$$\frac{\text{Rate of } H_2}{\text{Rate of } UF_6} = \sqrt{\frac{M_{w\,UF_6}}{M_{w\,H_2}}}$$

$$= \sqrt{\frac{352}{2}} = 13.2$$

Question:

C_4H_{10} gas (molar mass = 58.0 g/mol) effuses at a rate of 0.660mL/min. Calculate the rate of effusion of N_2 gas (molar mass = 28.0 g/mol) under the same conditions.

a) 0.345 b) 0.691 c) 0.180 d) 0.950 e) 0.460

The correct answer is (d)

Solution:

$$\frac{\text{Rate of } N_2}{\text{Rate of } C_4H_{10}} = \sqrt{\frac{M_{w\,C_4H_{10}}}{M_{w\,N_2}}}$$

$$\frac{X}{0.66} = \sqrt{\frac{58}{28}}$$

$$X = 0.95$$

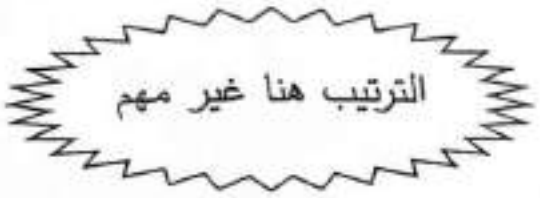
Question:

An unknown gas effuses 2 times faster than $C_3H_8(g)$. Calculate the molar mass (g/mol) of the unknown gas.

a) 30 b) 24 c) 20 d) 11

The correct answer is (d)

Solution:



$$\frac{\text{Rate of X}}{\text{Rate of } C_3H_8} = \sqrt{\frac{M_w(C_3H_8)}{M_w(x)}}$$

$$2 = \sqrt{\frac{44}{M_{w(X)}}}$$

بتربيع طرفي المعادلة للتخلص من الجذر

$$4 = \frac{44}{M_{w(X)}}$$

$$M_{w\,(x)} = \frac{44}{4} = 11\ g/mol$$

Question:

Which of the following molecules have the lowest rate of effusion at 25°C?

a) N_2 b) Cl_2 c) H_2 d) O_2

e) all have the same rate

The correct answer is (b)

Solution:

الذي يمتلك أكبر M_w. تكون له أقل سرعة تدفق.

Question:

The time required for the effusion of 1.00 L of O_2 from a vessel was 55.0 min., and under same conditions the time required for the effusion of 1.00 L of an unknown gas is 100.0 min. Calculate the molar mass of the unknown gas (in g/mol). Molar mass of O_2 is 32.0g/mol.

a) 20.0 b) 60.0 c) 76.4 d) 40.0 e) 106

The correct answer is (e)

Solution:

$$\text{Rate of } O_2 = \frac{\text{volume}}{\text{time}} = \frac{1}{55} = 0.0182 \text{ L/min}$$

$$\text{Rate of Unknown gas}_{(x)} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ L/min}$$

$$\Rightarrow \frac{\text{Rate of } O_2 \text{ gas}}{\text{Rate of X gas}} = \sqrt{\frac{M_{w(x)}}{M_{w(O_2)}}}$$

$$\frac{0.0182}{0.01} = \sqrt{\frac{M_{w(x)}}{32}}$$

بتربيع الطرفين للتخلص من الجذر

$$3.306 = \frac{M_{w(x)}}{32}$$

$$\Rightarrow M_{w(x)} = 105.79$$

Question:

At certain temperature and pressure, helium (He) effuses at a rate 61.0 L\min. At same condition an unknown gas effuses at a rate of 18.4 L/min. Calculate the molar mass of the unknown gas. (Atomic weight for He = 4.00).

a. 30.0

b. 44.0 c. 70.8 d. 20.0 e. 58.1

$$\frac{Rate\ of\ He}{Rate\ of\ x} = \sqrt{\frac{M_w\ (x)}{M_w\ (He)}}$$

$$\frac{61}{18.4} = \sqrt{\frac{M_w\ (x)}{4}}$$

$$\Rightarrow M_w(x) = 44.1\ g/mol$$

Question:

Which of the following is a <u>wrong statement</u>?

a) At the same temperature molecules of a gas with low molar mass have higher average velocity than heavier molecules.
b) Average kinetic energy depends only on temperature.
c) CO_2 effuses faster than $N_{2(g)}$ at STP.
d) H_2 gas behaves more ideally than CO_2 gas.
e) Real gases behaves as ideal gases at low pressure and high temperature.

The correct answer (c)

Question:

Which of the following statements is wrong?

a) $N_{2(g)}$ molecules effuse faster than $CO_{2(g)}$ at STP.

b) $N_{2(g)}$ molecules diffuse faster than $CO_{2(g)}$ at STP.

c) $H_{2(g)}$ gas behaves more ideally than $CO_{2(g)}$ gas.

d) $N_{2(g)}$ molecules have higher average velocity than CO_2 at STP.

e) $N_{2(g)}$ molecules have less average kinetic energy than $CO_{2(g)}$ at STP.

The correct answer (e)

Real gas — الغاز الحقيقي

يختلف الغاز الحقيقي عن الغاز الExampleي بالضغط (P) والحجم (V).

Ideal gas $P \quad V = n R T$

Real gas $\left(P + a\left(\frac{n}{v}\right)^2\right) \quad (v - nb) = n R T$

يعطى هذا القانون في الامتحان

- a , b هي ثوابت تعتمد على نوع الغاز المستخدم.
- ويطلق على هذه المعادلة اسم معادلة (Van der waals)

van der Waals Constants of Some Common Gases

	Gas	a $\left(\frac{\text{atm} \cdot \text{L}^2}{\text{mol}^2}\right)$	b $\left(\frac{\text{L}}{\text{mol}}\right)$
١	H_2	0.034	0.0237
٢	Ne	0.211	0.0171
٣	Ar	1.34	0.0322
٤	Kr	2.32	0.0398
٥	Xe	4.19	0.0266
٦	H_2	0.244	0.0266
٧	N_2	1.39	0.0391
٨	O_2	1.36	0.0318
٩	Cl_2	6.49	0.0562
١٠	CO_2	3.59	0.0427
١١	CH_4	2.25	0.0428
١٢	CCl_4	20.4	0.138
١٣	NH_3	4.17	0.0371
١٤	H_2O	5.46	0.0305

المصطلحات والجمل التي تساعد الطالب في معرفة أن حل السؤال يكون بهذه الطريقة هي:

1) Real gas (الغاز الحقيقي)

Question:

Calculate the pressure (in atm) for 6.00 mol of N_2 in a 1.00 L at 25.0 C° using van der Waals equation.

a) 47.5 b) 142 c) 24.0 d) 117 e) 93.7

The correct answer is (b)

***Solution*:**

$n = 6$ mol $\qquad V = 1$ L $\qquad T = 25C° = 298$ °K

$a = 1.39$ atm L^2 mol^{-2} $\qquad b = 0.0391$ L mol^{-1}

$$\left[P + a\frac{n^2}{V^2}\right] \times (V - nb) = n R T$$

$$\left[P + 1.39 \times \frac{(6)^2}{(1)^2}\right] \times (1 - (6 \times 0{:}0391)) = 6 \times 0.0821 \times 298$$

$$P = 141.75 \text{ atm}$$

ب + (~~5ه,04~~ × 38,3) = 146,79

1916,5 − 14679 = ب

للتواصل مع المؤلف
0795306216

٠,٣٩١ × ٦

٠,٧٦٥٤

$\frac{٦}{٤١} \times ١,٣٩$

$\frac{١}{٢٩} \div ١/٣٩$

Chapter: Three

Intermolecular forces, liquids and Solids

قوى التجاذب بين الجزيئات والحالة السائلة والصلبة

Chapter Three
Intermolecular forces, liquids and solids
قوى التجاذب بين الجزيئات والحالة السائلة والصلبة

قوى التجاذب بين الجزيئات Intermolecular Forces

في القوى التي تربط الجزئيات الكيميائية بعضها ببعض وينتج عنها حالات المادة الثلاث (States of Matter) الغازية والسائلة والصلبة.

ويوجد لدينا ثلاث أنواع من قوى التجاذب الجزيئي وهي:

1) الرابطة الهيدروجينية (Hydrogen Bonding).
2) التجاذب الثنائي القطب (Dipol-Dipol interaction).
3) قوى لندن "London Forces".

1) الرابطة الهيدروجنية Hydrogen Bonding

وتنتج عند ارتباط ذرة الهيدروجين بإحدى الذرات التالي (N, O, F) وتكون هذه القوى هي أقوى أنواع الترابط بين الجزيئات .

Example:

H_2O, HF, NH_3, CH_3OH, CH_3CO_2H, ...

2) التجاذب ثنائي القطب Dipol-Dipol interaction

ويكون هذا النوع من الترابط خاص بالجزيئات القطبية (Polar Molecules) وينتج عن تجاذب الأقطاب المختلفة بالشحنة لبعضها البعض، ويكون أقل قوة من الترابط الهيدروجيني.

ملاحظة:
الرابطة الهيدروجينية (H-Bonding) هي أحد أنواع التجاذب ثنائي القطب (Dipl-Dipol) ولكنها نوع خاص بحيث تكون فيه الشحنات الموجبة والسالبة أكبر مما يعني تجاذب أكبر.

Example:

CH_3-O-CH_3, $N(CH_3)_3$, CH_3-O-CH_3, H_2S, PH_3.....

3) قوى لندن London Forces

توجد هذه القوى في جميع الجزيئات القطبية وغير القطبية، ولكننا نهتم بها في الجزيئات غير القطبية (non Polar) لأنها القوة الوحيدة.

وتنتج هذه القوة عن احتمالية تكون شحنة مؤقتة داخل الجزيء خلال حركة الإلكترونات، وبما أنه لدينا عدد هائل من الجزيئات فإن لهذه القوة وجود وتأثير.

Example:

CH_4, BCl_3, BeF_2, CO_2, CCl_4, ...

لقد ورد ذكر القطبية (Polarity) في مادة كيمياء 101 ويوجد شرح مفصل لها في كتاب مفتاح الإبداع لكيمياء 101 الوحدة الثامنة.

وباختصار سأذكر هنا بعض القواعد لتسهيل معرفة قطبية المركبات:

1. إذا لم تكن جميع الذرات المحيطة بالذرة المركزية متشابهة ⇐ يكون المركب قطبي (Polar).

Example:

CH_3Cl, BeF_2, Cl-Be-F, ...

2. إذا كانت جميع الذرات المحيطة بالذرة المركزية متشابهة:

A) إذا كانت الذرة المركزية تمتلك أزواج منفردة من الإلكترونات (Lone Pair of e⁻'s) ⇐ قطبي (Polar).

Example:

H_2S, NCl_3, H_2O, ...

B) إذا لم تكن الذرة المركزية تمتلك أزواج منفردة من الإلكترونات ⇐ غير قطبي (Non Polar).

Example:

CH_4, BCl_3, BeF_2, _____

Example:

The O-H bonds in one water molecule can be characterized as:

a) Intramolecular forces.
b) Intermolecular forces.
c) London dispersion forces.
d) Hydrogen bonds.
e) Dipole – dipole forces.

Solution:

(a) Intramolecular forces

لأن الرابطة داخل الجزيء وليست بين الجزيئات

3. (خاص بالمركبات العضوية) إذا كان المركب يتكون من كربون ونوع واحد فقط من الذرات ⇐ غير قطبي (non Polar).

Example:

CCl_4, CO_2, C_3H_8, C_2F_4, ...

4. إذا كان المركب يتكون من كربون واكثر من نوع من الذرات ⇐ قطبي (polar).

Example:

CH_3-O-CH_3, $(CH_3)_3N$, CH_3Br.....

كيفية المقارنة من حيث درجات الغليان (Boiling point) للسوائل:

كلما ازداد التجاذب بين الجزيئات ازدادت بذلك درجة الغليان (Boiling point) وقل الضغط البخاري (Vapor Pressure).

وستكون المقارنة من خلال ثلاث نقاط متتالية:

1) نقارن حسب قوى الترابط (Inter Molecular Forces) الرئيسية.

Hydrogen Bonding > Dipol-Dipol > London

B.p

Example:

CH_3CH_2OH > CH_3-O-CH_3

H-Bonding Dipol-Dipol

2) إذا تشابهت القوى الرئيسية، ننظر إلى الكتلة المولية (M_w)

$M_w \uparrow \Rightarrow$ B.p $\uparrow$

* وفي المركبات العضوية نعبر عن الكتلة المولية بعدد ذرات الكربون.

Example:

$CH_3CH_2CH_2CH_3$ > CH_3CH_3

London London

(4C) (2C)

3) إذا تشابهت القوى الرئيسية والكتلة المولية ننظر إلى الشكل:

Branching $\uparrow$ $\Rightarrow$ B.p $\downarrow$

التفرع

Example:

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ > $CH_3\text{-}C\text{-}OH$

H-Bonding (4C) — أقل تفرع

H-Bonding (2C) — أكثر تفرع

Example:

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ > $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-OH$

H-Bonding, 4 C — أقل تفرع

H-Bonding, 4 C — أكثر تفرع

Example:

$HOCH_2CH_2OH$ > $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-CH_2OH$ > $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ > $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2OH$

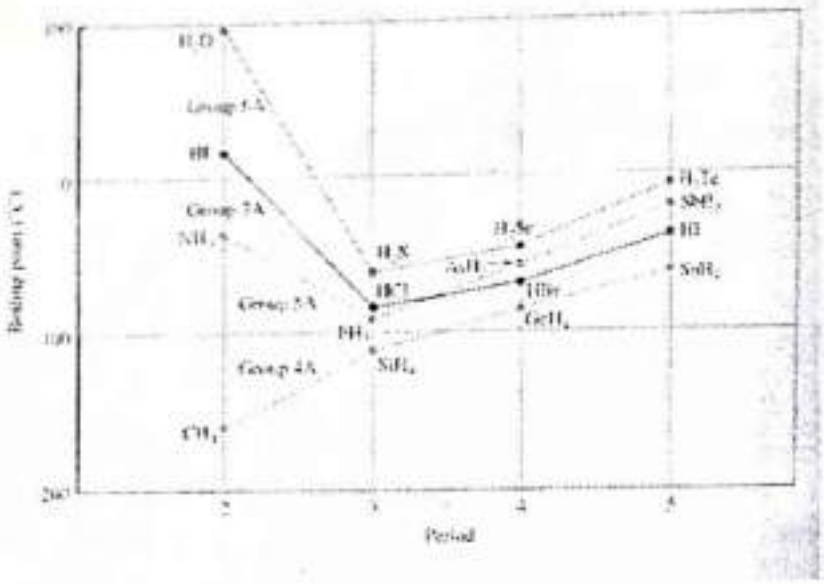
2 H-Bonding

1 H-Bonding (5 C)

1 H-Bonding (4 C)

1 H-Bonding (4 C)

B.p ↑



Example:

For which molecule in each of the following pairs would you expect greater Boiling point?

أي جزيء من أزواج الجزيئات التالية نتوقع أن يمتلك درجة غليان أكبر؟

a) $CH_3CH_2CH_2NH_3$ or $H_2NCH_2CH_2NH_2$

b) CH_3CH_3 or CH_2CO

c) CH_3OH or H_2CO

d) HF or HBr

الحل:

a) $H_2NCH_2CH_2NH_2$ > $CH_3CH_2CH_2NH_2$
2 H-Bonding — 1 H-Bonding

b) CH_2CO > CH_3CH_3
Dipol-Dipol — London

c) CH_3OH > H_2CO
H-Bonding — Dipol-Dipol

d) H – Br — H – F
Dipol-Dipol — H-Bonding
أكبر Mw

125

Example:

Which of the following should have the highest normal boiling point.

a) BCl_3 b) Br_2 c) HCl d) H2 e) CO_2

The correct answer is (c)

Solution:

لأن كل المركبات تمتلك قوى لندن ما عدا (HCl) فهي تمتلك قوى ثنائية القطب (Dipol-Dipo).

Example:

Which of the following compounds is expected to have the highest normal boiling point?

a) CH_3-O-CH_3 b) CH_3CH_2OH c) $CH_3CH_2CH_2CH_3$

d) CH_3Cl e) $CH_3CH_2CH_3$

Solution:

(b) CH_3CH_2OH

الضغط البخاري والتغير بالحالة

Vapor Pressure and Changes of State

* سوف أذكر الآن أسماء عمليات التحول بين الحالات الثلاث (السائلة والغازية والصلبة).

1) Liquid ⟶ gas (evaporation)

تبخر

2) Gas ⟶ liquid (condensation)
تكثيف

3) Liquid ⟶ solid (freezing)
تجمد

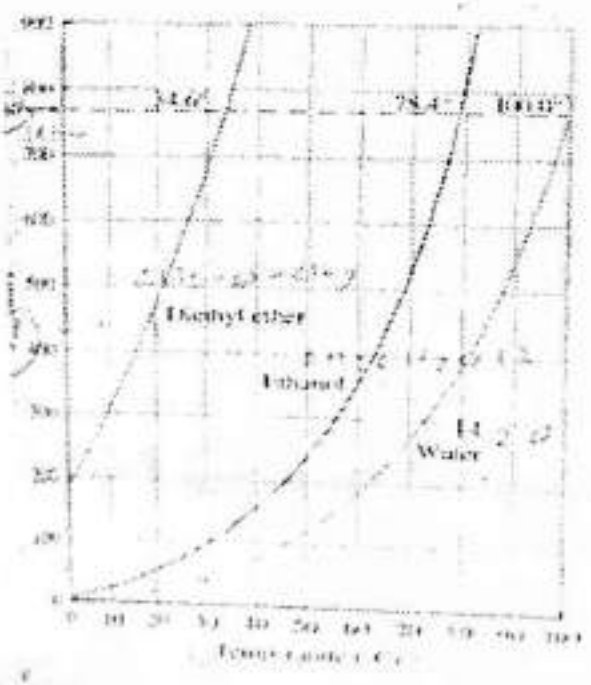
4) Solid ⟶ Liquid (fusion)
انصهار

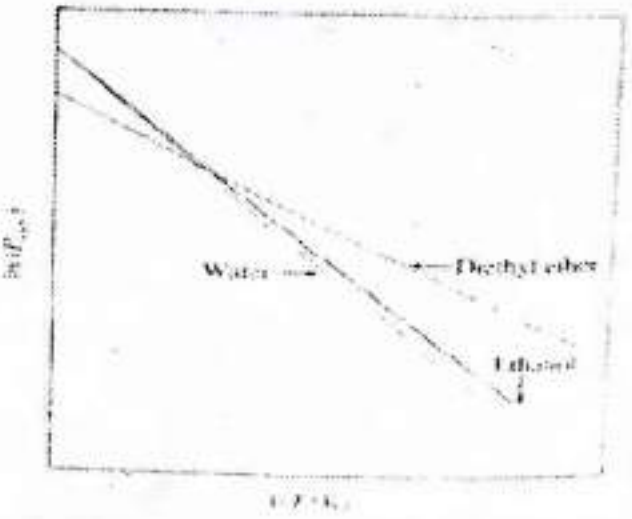
5) Solid ⟶ gas (Sublimation)
تسامي

6) Gas ⟶ solid (deposition)
ترسب

وكما نتذكر كلما زادت درجة الغليان قلّ الضغط البخاري للسائل

Boiling Point ↑→ Vapor Pressure ↓





$H_2O > CH_3CH_2OH > CH_3\text{-}O\text{-}CH_3$

B.p ↑ ⇒ Vapor Pressure ↓

* يحدث التبخر عند أي درجة حرارة، ولكن كلما ازدادت درجة الحرارة تزداد كمية البخار وبذلك يزداد الضغط البخاري.

T ↑ ⟶ Vapor Pressure ↑

Example:

The process represented by the equation $Na_{(s)} \rightarrow Na_{(g)}$ is:

a) fusion b) melting c) liquification
d) condensation e) sublimation

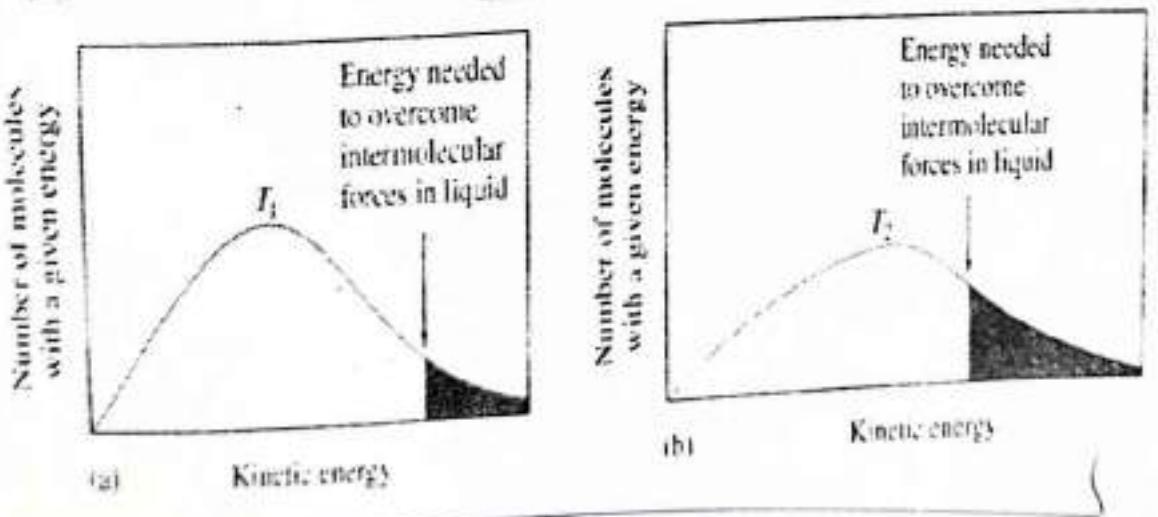
The correct answer is (e)

Example:

Which of the following would be expected to have the lowest heat of vaporization?

a) H_2O b) NH_3 c) PH_3 d) AsH_3 e) SbH_3

The correct answer is (c)



ولتوضيح العلاقة بين الضغط البخاري ودرجة الحرارة نستخدم هذا القانون:

$$Ln(P_{vap}) = \frac{-\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + C$$

P_{vap}= Vapor Pressure

ΔH_{vap}= Enthalpy of Vaporization (J/mol or KJ/mol)

الحرارة الكامنة للتبخر (وهي ثابتة تعتمد على نوع السائل)

R = gas constant (8.314 J/mol °K)

ثابت الغاز

T =Temperature (°K)

C = Constant ثابت

* وعندما يكون لدينا سائل عند درجتي حرارة مختلفتين (T_1, T_2) وبذلك ضغطين بخاريين مختلفين (P_1, P_2) نستطيع الحصول على هذا القانون:

$$Ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

مهم جداً

(P_1 الضغط البخاري عند درجة حرارة T_1)

P_1 = Vapor Pressure at T_1

P_2 = Vapor Pressure at T_1

يجب أن يكون لهما نفس الوحدة (....atm or torr)

مهم

R, ΔH_{vap} يجب أن تكون وحداتهما متناسقة

مثلاً $\Delta H_{vap} \times 1000$= J/mol $\Leftarrow$ $R = 8.314\ J/mol.^{\circ}K$

T_1, T_2 = (°K)

Example:

The vapor pressure of water at 25 °C is 23.8 torr and the heat of Vaporization of water at 25 °C is 43.9 KJ/mol. Calculate the vapor pressure of water at 50 °C.

الضغط البخاري للماء عند درجة حرارة 25 °C هي 23.8 torr والحرارة الكامنة للماء (ΔH_{vap}) عندر درجة حرارة 25 °C هي 43.9 KJ/mol.

إحسب الضغط البخاري للماء عند درجة حرارة 50 °C؟

الحل:

$T_1 = 25\ ^\circ C = 298\ ^\circ K$
$P_1 = 23.8$ torr
$\Delta H_{vap} = 43.9$ KJ/mol

$= 43.9\times10^3$ J/mol

$T_2 = 50\ ^\circ C = 323\ ^\circ K$
$P_2 = ??$

$$Ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$Ln\left(\frac{23.8}{P_2}\right) = \frac{43.9\times10^3}{8.314}\left(\frac{1}{323} - \frac{1}{298}\right)$$

$$Ln\left(\frac{23.8}{P_2}\right) = -1.37$$

$$\frac{23.8}{P_2} = \text{anti Ln } -1.37$$

على الحاسبة Ln + Shift

$$\frac{23.8}{P_2} = 0.254$$

$$\Rightarrow P_2 = 93.79 \text{ torr}$$

Example

In a certain mountain range, water boils at 91°C. What is the atmospheric pressure under these conditions? ($\Delta H_{vap}[H_2O]$ = 44.0 kJ/mol)

a) 535 mmHg b) 575 mmHg c) 615 mmHg
d) 645 mmHg e) 685 mm

The correct answer is (a)

Solution:

عند مستوى سطح البحر (760 mmHg = 1 atm)

تساوي (373 °K = 100 °C)

$\Rightarrow T_1 = 100°C = 373°K$

$P_1 = 760$ mmHg

$T_2 = 91°C = 364$ °K

$P_2 = ??$

$$\text{Ln}\frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\text{Ln}\frac{P_2}{760} = \frac{44\times10^3}{8.314}\left(\frac{1}{373} - \frac{1}{364}\right)$$

$$\text{Ln}\frac{P_2}{760} = -0.35$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{760} = \text{anti Ln}(-0.35)$$

$$\frac{P_2}{760} = 0.704$$

$\Rightarrow P_2 = 535.13$ mmHg

Example:

The vapor pressure of ethanol is 400 mmHg at 63.0°C and is 100 mmHg at 34.9°C, calculate ΔH_{vap} (kJ/mol).

a) 36.5 b) 33.6 c) 45.5 d) 48.6 e) 42.4

The correct answer is (e)

Solution:

$$\text{Ln}\frac{P_2}{P_1} = \frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$T_1 = 63\ °C = 336\ °K$

$T_2 = 34.9\ °C = 307.9\ °K$

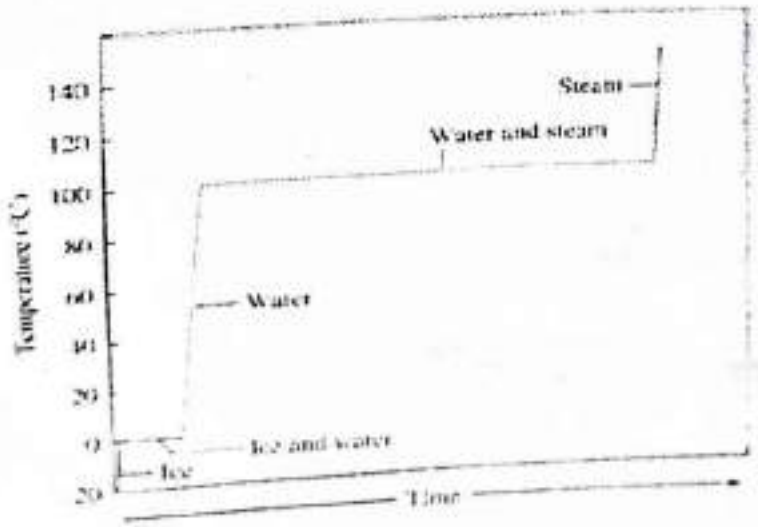
$$\text{Ln}\frac{100}{400} = \frac{\Delta H_{vap}}{8.314}\left(\frac{1}{336} - \frac{1}{307.9}\right)$$

$\Rightarrow \Delta H_{vap} = 42433\ J = 42.43\ kJ$

Change of State — التغير بالحالة

سوف ندرس الآن ما يسمى بمنحنى التسخين (Heating Carver)

وإذا كان هذا المنحنى معكوس فإننا نطلق عليه اسم منحنى التبريد (Cooling Curve).



في هذه الرسمة نحن نقوم بعملية تسخين مستمرة لثلج (ice) عند درجة حرارة (-20°C) إلى أن يصل إلى بخار (steam) عند درجة حرارة (140°C).

* لاحظ الخط الواصل بين (ice ← water) وبالرغم من أن عملية التسخين مستمرة إلاّ أن درجة الحرارة ثابتة في هذه المرحلة، يا ترى أين ذهبت كل هذه الحرارة؟ لقد ذهبت لتحويل الثلج (ice) إلى ماء وهي ما نطلق عليه الحرارة الكامنة للإنصهار ΔH_{fus} (Enthalpy of fusion)) وتكون كل من الحالة الصلبة والسائلة في حالة إتزان وهي ما نطلق عليه درجة الإنصهار.

* ولنفس التفسير الخط الواصل بين (Steam←Water) فهو يمثل الحرارة الكامنة للتبخر (ΔH_{vap} Enthalpy of Vaporization) . وعند هذه الدرجة يكون هنالك حالة إتزان بين الحالة السائلة والغازية وهي ما نطلق عليه اسم درجة الغليان (Boiling Point).

🗝

Example:

How much energy is needed to convert 86.0 grams of ice at 0.0°C to water at 75.0°C?

Specific heat of (ice) = 2.1 J/g.°C
Specific heat of (water) = 4.18 J/g.°C.
ΔH_{fus} = 5.99 kJ/mol
ΔH_{vap} = 40.6 kJ/mol
a) 32.8 kJ b) 62.7 kJ c) 55.6 kJ d) 78.1 kJ e) 41.3 kJ

The correct answer is (c)

Solution:

$$n_{H_2O} = \frac{m}{M_w} = \frac{86}{18} = 4.78 \text{ mol}$$

1) (0 °C) ice $\rightarrow$ (0°C) water

$\Delta H_1 = n \times \Delta H_{fus}$

$= 4.78 \times 5.99 = 28.62$ kJ

2) (0°C) water $\rightarrow$ (75 °C) water

$\Delta H_2 = S_p \times m \times \Delta T$

$= 4.18 \times 86 \times (75 - 0)$

$= 26961$ J $= 26.961$ kJ

$\Rightarrow \Delta H_{Tot} = \Delta H_1 + \Delta H_2$

$= 28.92 + 26.961 = 55.58$ kJ

مصطلحات هامة:

---

1. **Boiling Point (B.P) (درجة الغليان)**

   Temperature when the vapor pressure of liquid equal the external pressure, or when we have equilibrium between liquid and gas state.

هي درجة الحرارة عندما يكون الضغط البخاري للسائل مساوياً للضغط الخارجي أو عندما يكون هنالك اتزان بين الحالة السلئلة والحالة الغازية.

2. **Normal Boiling Point: (درجة الغليان الطبيعية)**

نفس التعريف السابق لكن الضغط الخارجي (External Pressure) = 1atm.

3. **Melting Point (m.p): (درجة الانصهار)**

   The Temperature when we have equilibrium betweem solid and liquid states.

درجة الحرارة عندما يكون هنالك إتزان بين الحالة الصلبة والحالة السائلة.

- درجة الغليان (B.p) تتأثر بتغير الضغط الخارجي فكلما زاد الضغط الخارجي زادت درجة الغليان، وهذا يفسر إنخفاض درجة الغليان للسوائل بالمناطق المرتفعة (لها ضغط خارجي منخفض) وإرتفاعها بالمناطق المنخفضة (لها ضغط خارجي مرتفع).
- أما درجة الإنصهار (m.p)، فهي لا تتأثر نوعاً ما بتغير الضغط الخارجي.

4. Super Cooled:

هي الحالة التي تكون فيها درجة حرارة السائل أقل من درجة التجمد ومع ذلك تبقى المادة في حالة السيولة ولا تتحول إلى حالة الصلابة.

Example:

Liquid water at $-10C^{o}$

5. Super heated:

هي الحالة التي تكون فيها درجة حرارة السائل أكثر من درجة الغليان ومع ذلك تبقى المادة في حالة السيولة ولا تتحول إلى الحالة الغازية.

Inter molecular Forces ↑ ⇨ B.P. ↑ ⇨ Vapor pressure ↓
⇨ $\triangle H_{vap}$ ↑ ⇨ $\triangle H_{fus}$ ↑ ⇨ critical Temperature ↑
⇨ Vixcosity (اللزوجة) ↑

Example:

Which of the following indicates the presence of weak intermolecular forces in a liquid?

1) High critical temperature.
2) Low vapor pressure.
3) High boiling point.
4) Low heat of vaporization.
5) High viscosity.

The correct answer is (d)

Intermolecular forces $\uparrow \Rightarrow \Delta H_{vap} \uparrow$

Example:

Which of the following indicates the existence of strong intermolecular forces of attraction in a liquid?

a) A very low boiling point.
b) A very low viscosity.
c) A very low of vaporization.
d) A very low vapour pressure.
e) None of the above.

The correct answer is (d)

Example:

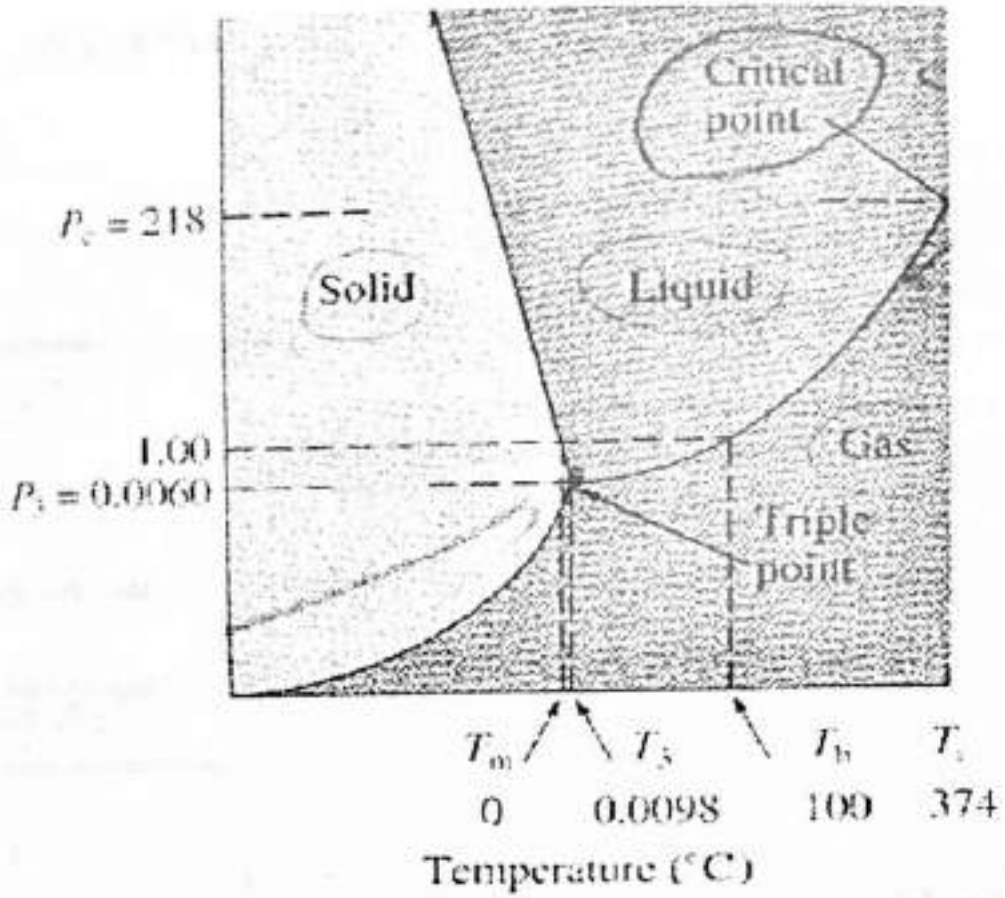
Which of the following gases would have the highest critical temperature?

a) CH_4 b) O_2 c) CO_2 d) NH_3 e) Ne

The correct answer is (d)

لأنه يمتلك أعلى قوى ترابط (Hydrogen bonding)

Phase Diagram:



6) الخط الفاصل بين الحالة السائلة (liquid) والحالة الصلبة (Solid) يمثل درجة الإنصهار (m.p)

7) الخط الفاصل بين الحالة السائلة (liquid) والحالة الغازية (gas) يمثل درجة الغليان (B.P).

Tripte Point — النقطة الثلاثية

All the three state of matter "water" are present

كل حالات المادة (غاز، سائل، صلب) تكون موجودة عند هذه النقطة وتكون محددة بدرجة حرارة وضغط ثابتين، مثلاً في حالة الماء:

$P = 4.58$ torr, $T = 0.01°C \Leftarrow (H_2O)$

Critical Temperature (T_c) درجة الحرارة الحرجة

The Temperature above which the vapor can not be liquefied no matter what pressure is applied.

هي درجة الحرارة التي بعدها لا يمكن تحويل الغاز إلى سائل تحت أي ضغط كان.

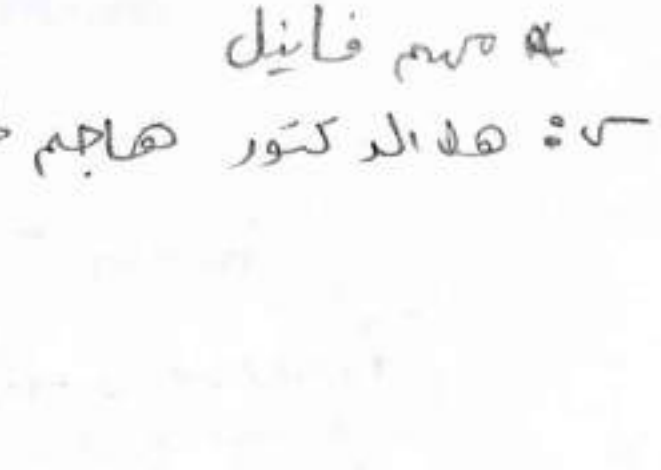
Critical Pressure (Pc) الضغط الحرج

The pressure at critical temperature

هو الضغط عند درجة الحرارة الحرجة.

Critical Point النقطة الحرجة

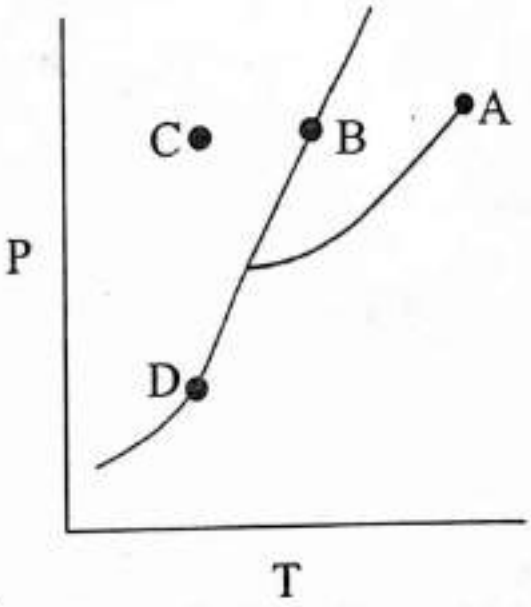
هي النقط المكونة من (T_c, P_c) معاً كنقطة تمثيل على المستوى الديكارتي مثل (x, y).



Example:

In the phase diagram shown aside, the point at which a gas-liquid equilibrium exists is:

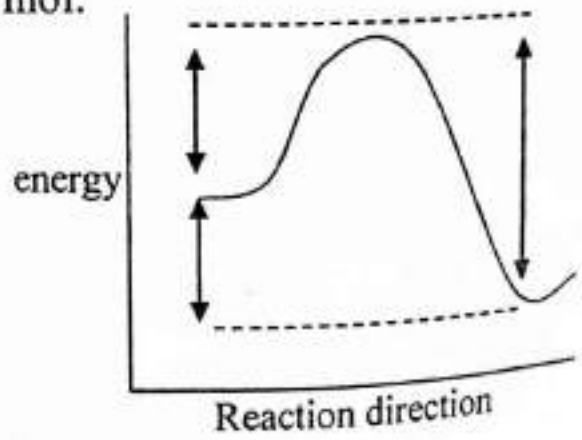
a) A b) B
c) C d) D



The correct answer is (a)

Example:

Use the diagram shown. If the E_a for the forward reaction is 35 kJ/mol, and the enthalpy of reaction is –95 kJ/mol. Give the E_a for the reverse reaction in kJ/mol.



a) 120 b) 35 c) 95
d) 130 e) 25

The correct answer is (d)

Solution:

$\triangle H = E_{Forward} - E_{reverse}$

$E_{Reverse} = 35 + 95 = 130$ kJ

Chapter: Four

Physical properties of solution

الصفات الفيزيائية للمحاليل

Chapter Four
Physical properties of solution
الصفات الفيزيائية للمحاليل

Solution Composition — تركيب المحلول

Solution	=	Solute	+	Solvent
المحلول		مذاب		مذيب

توجد عدة طرق للتعبير عن التراكيز (concentrations) داخل المحاليل وهي كالتالي.

1) mass percent = $\frac{\text{mass of solute}}{\text{mass of solution}} \times 100\%$

وزن المذاب — وزن المحلول

وتذكر بأن

Mass of solution = mass of solute + mass of solvent

(وزن المحلول) (وزن المذاب) (وزن المذيب)

2) mole fraction of A = $\frac{\text{moles of A}}{\text{total no. of moles}}$

النسبة المولية لـ A

عدد مولات A — عدد المولات الكلية

$$X_A = \frac{n_A}{n_{Total}}$$

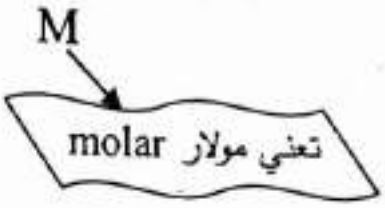
X_A = unil less بدون وحدات

3. Molarity = $\frac{\text{moles of solute}}{\text{volume of solution (L)}}$

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

Unit of Molarity = mol/L or M

(وحدة المولارية)



4. Molality = $\frac{\text{moles of solute}}{\text{mass of solvent (kg)}}$

المولاية

Unit of molality = mol/Kg or m

5. Normality = $f \times M$ (unit = N)

(تعني نورمال Normal)

M = Molarity (mol / L)

f = no. of equivalent (1 , 2 , 3 , ...)

ونستطيع تحديده من خلال نوع المركب أو التفاعل.

1) في الحموض والقواعد يكون (f) مساوياً لعدد (H^+ أو OH^-)

Example:

$$f \quad M$$

$0.2\ M\ H_2SO_4 \Rightarrow N = 2 \times 0.2 = 0.4\ N$

$0.1\ M\ Al(OH)_3 \Rightarrow N = 3 \times 0.1 = 0.3\ N$

$0.3\ M\ HCl \Rightarrow N = 1 \times 0.3 = 0.3\ N$

2) في حال تفاعلات التأكسد والإختزال " Oxidation – Reduction Reaction".

يكون (f) مساوياً لعدد الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة.

Example:

$$MnO_4 + 5e^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{+2} + 4H_2O$$

$0.6\ M$

$$\underline{f} \quad \underline{M}$$

$$\Rightarrow N = 5 \times 0.6 = 3\ N$$

Example:

A solution is prepared by mixing 1.00 g ethanol (C_2H_5OH) with 100.0 g water to give a final volume of 101 ml. Calculate the molarity, mass percent mole fraction and molality of ethanol on this solution.

محلول حضر بخلط (1g) من الإيثانول (C_2H_5OH) مع 100.0 g من الماء ليعطي محلول بحجم نهائي يساوي 101 ml، إحسب المولارية والنسبة الكتلية والنسبة المولية والمولالية للإيثانول في هذا المحلول.

الحل:

$m_{C_2H_5OH} = 1.00\ g$ $\quad Mw_{C_2H_5OH} = 46.07\ g/mol$ (من الجدول الدوري)

$m_{H_2O} = 100.0\ g$ $\quad Mw_{H_2O} = 18\ g/mol$

$V_{solution} = 101\ ml = 0.101\ L$

1) $M = \dfrac{n_{C_2H_5OH}}{v}$

$$n = \frac{m}{M_w} = \frac{1}{46.07} = 2.17 \times 10^{-2}\ \text{mole}$$

$$\Rightarrow M = \frac{2.17 \times 10^{-2}}{0.101} = 0.215\ M$$

2) mass percent $= \dfrac{m_{C_2H_5OH}}{m_{C_2H_5OH} + m_{H_2O}} \times 100\%$

$$= \frac{1}{1+100} \times 100\% = 0.99\%$$

3) mole fraction $= X_{C_2H_5OH} = \dfrac{n_{C_2H_5OH}}{n_{C_2H_5OH} + n_{H_2O}}$

$$n_{H_2O} = \frac{m}{M_w} = \frac{100}{18} = 5.56\ \text{mol}$$

$$\Rightarrow X = \frac{2.17 \times 10^{-2}}{(2.17 \times 10^{-2}) + 5.56} = 3.87 \times 10^{-3}$$

4) molality $= \dfrac{n_{C_2H_5OH}}{\text{mass of so}_{C_2H_5OH}}$

$$m_{H_2O} = 100\ g = 0.1\ kg$$

$$m = \frac{2.17 \times 10^{-2}}{0.1} = 0.217\ m$$

Example:
How many grams of potassium nitrate KNO_3 (molar mass = 101.11 g/mol) should be added to 1263 g H_2O to prepare 0.1982 m solution.

a) 25.31 b) 32.41 c) 50.62 d) 12.61 e) 16.22

The correct answer is (a)

Solution:

$$m_{H_2O} = 1263\ g = 1.263\ kg$$

$$m = \frac{n_{KNO_3}}{\text{mass of } H_2O\ (kg)}$$

$$0.1982 = \frac{n}{1.263}$$

$$\Rightarrow n = 0.25$$

$$m = \frac{m}{M_w}$$

$$0.25 = \frac{m}{101.11}$$

$$\Rightarrow m = 25.31\ g$$

أكثر الأسئلة على هذا الموضوع هي عملية التحويل من نوع وحدات للآخر

وفي عملية التحويل يجب تبسيط معطيات السؤال بالطريقة التالية:

$\frac{0.21 \text{ mol of NaCl}}{1 \text{ L (solution)}}$ ← تعني — 0.21 M of NaCl

$\frac{35 \text{ g of HCl}}{100 \text{ g solution}}$ ← تعني — 35% HCl in water

$\frac{2.6 \text{ mol of NaOH}}{1 \text{ kg of water}}$ ← تعني — 2.6 m NaOH

$\frac{0.6 \text{ mol of KCl}}{1 \text{total no. of moles}}$ ← تعني — 0.6 mole fraction of KCl

Example:

3.75 M sulfuric acid solution that has a density of 1.23 g/ml. Calculate the mass percent, molality and Normality of the sulfuric acid.

محلول حمض الكبريتيك بتركيز 3.75 M ويمتلك كثافة تسوي 1.23 g/ml.
احسب النسبة الكتلية والمولالية والنورمالية لحمض الكبريتيك .

الحل:

$$\frac{3.75 \text{ mol } H_2SO_4}{1 \text{ L of solution}} \xleftarrow{\text{تعني}} 3.75 \text{ M } H_2SO_4$$

$$\Rightarrow n_{H_2SO_4} = 3.75 \text{ mol} \qquad V = 1 \text{ L} = 1000 \text{ ml}$$

$$\Rightarrow m_{H_2SO_4} = n \times Mw = 3.75 \times 98.1 = 367.87 \text{g}$$

(من الجدول الدوري)

$$\Rightarrow m_{solution} = d \times v = 1.23 \times 1000 = 1230 \text{ g}$$

$$\Rightarrow m_{H_2O} = m_{solution} - m_{H_2SO_4} = 1230 - 367.87 = 862.13 \text{ g}$$
$$= 0.862 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow n_{H_2O} = \frac{m}{M_w} = \frac{862.13}{18} = 47.9 \text{ mol}$$

أوجدنا كل ما نحتاجه والآن نبدأ بالتعويض فقط.

1) $$\text{mass Percent} = \frac{m_{H_2So_4}}{M_{solution}} \times 100\%$$
$$= \frac{367.87}{1230} \times 100\% = 29.9\%$$

2) $$\text{Molality} = \frac{n_{H_2So_4}}{M_{H_2O}} = \frac{3.75}{0.862} = 4.35 \text{ m}$$

3) $$N = f \times M$$
$$= 2 \times 3.75 = 7.5 \text{ N}$$

Example:

Solution consists of 34% of NaOH that has a density of 0.98 g/ml, calculate Molarity, Molality, mole fraction and Normality ?

محلول يتكون من 34% NaOH يمتلك كثافة مقدارها 0.98 g/ml احسب المولارية والمولالية والنسبة المولية والنورمالية ؟

الحل:

$$34\%\ NaOH \quad \xleftarrow{\text{تعني}} \quad \frac{34\ g\ NaOH}{100\ g\ solution}$$

$$m_{NaOH} = 34\ g$$

$$\Rightarrow m_{H_2O} = m_{solution} - m_{NaOH} = 100 - 34 = 66\ g = 0.066\ kg$$

$$\Rightarrow n_{NaOH} = \frac{m}{Mw} = \frac{34}{40} = 0.85\ mole$$

(من الجدول الدوري)

$$n_{H_2O} = \frac{m}{M_w} = \frac{66}{18} = 3.67\ mol$$

$$\Rightarrow V_{solution} = \frac{m}{d} = \frac{100}{0.98} = 102\ ml = 0.102\ L$$

أوجدنا كل ما نحتاجه والآن نبدأ بالتعويض فقط.

1) $$M = \frac{n}{v} = \frac{0.85}{0.120} = 8.33M$$

2) $$m = \frac{n}{m_{H_2O}(kg)} = \frac{0.85}{0.066} = 12.88m$$

3) $$X_{NaOH} = \frac{n_{NaOH}}{n_{NaOH} + n_{H_2O}} = \frac{0.85}{1490.85 + 3.67}$$

4) $n = f \times M = 1 \times 8.33 = 8.33\ N$

Example:

An aqueous solution of nitric acid (molar mass = 63.0 g/mol) has a density of 1.084 g/ml and a measured concentration of 2.58 M. What is the percent by mass of nitric acid in the solution?

a) 2.38% b) 13.8% c) 22.3%
d) 44.4% e) 15.0%

The correct answer is (e)

Solution:

$$2.58\,M = \frac{2.58 \text{ mol of } HNO_3}{1\,L \text{ solution}}$$

$$n_{HNO_3} = 2.58 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_{HNO_3} = n \times M_w = .58 \times 63 = 162.54\ g$$

$$V = 1\ L = 1000\ ml$$

$$\Rightarrow m_{solution} = d \times V = 1.084 \times 1000 = 1084\ g$$

$$\%HNO_3 = \frac{m_{HNO_3}}{m_{solution}} \times 100\%$$

$$= \frac{162.54}{1084} \times 100\% = 15\%$$

Example:

What is the molarity of a solution that is 26.0% by mass phosphoric acid (molar mass = 98.0 g/mol), H_3PO_4, and has a density of 1.155 g/ml.

a) 1.53 M b) 2.30 M c) 4.61 M d) 3.06 M e) 4.59 M

The correct answer is (d)

Solution:

$$26\% = \frac{26\ g\ H_3PO_4}{100\ g\ solution}$$

$$n_{H_3PO_4} = \frac{m}{M_w} = \frac{26}{98} = 0.265\ mol$$

$$d = \frac{m}{V}$$

$$1.155 = \frac{100}{V} \Rightarrow V = 86.58\ ml = 0.08658\ L$$

$$\Rightarrow M = \frac{n}{v} = \frac{0.265}{0.08658} = 3.06\,M$$

طاقة تكون المحلول

The energies of solution formation

لتكون المحلول يجب أن نمر بثلاث مراحل وهي:

1) فصل جزيئات المذاب (Solute) بعضها عن بعض Separation of solute molecules (Expanding of Solute).

وتحتاج هذه الخطوة إلى طاقة مقدارها ΔH_1 .

2) فصل جزيئات المذيب (solvent) لتستقر داخلها جزيئات المذاب.

Over coming inter molecular forces in the solvent to make room for the solute (expanding the solvent)

وتحتاج هذه الخطوة إلى طاقة مقدارها ΔH_2.

3) السماح لجزيئات المذاب والمذيب للتفاعل لتكوين المحلول.
Allowing the solute and solvent to interact to form the solution.

وتحتاج هذه الخطوة إلى طاقة مقدارها ΔH_3 .

$$\Delta H_{solution} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

(ionic Compounds) للمركبات الأيونية

$\Rightarrow \Delta H_1$ = Lattice energy طاقة البلورة

$\Rightarrow \Delta H_{hydration} = \Delta H_1 + \Delta H_2$

(تميؤ)

$$A^+_g + B^-_g + H_2O_{(e)} \xrightarrow{\Delta H_{hydration}} A^+_{aq} + B^-_{aq}$$

1) ودائماً في عملية الذوبان (solability) نعتمد على قاعدة الشبيه يذيب الشبيه (like dissolve like).

Polar dissolve Polar
(قطبي)

Non polar dissolve Non polar
(غير قطبي)

Example:

H_2O (polar) dissolve NaCl (polar)

CCl_4 (nonpolar) dissolve C_8H_{18} (non Polar)

The Energy Terms for Various Types of Solutes and Solvents

	ΔH_1	ΔH_2	ΔH_3	ΔH_{soln}	Outcome
Polar solvent, polar solute	Large	Large	Large, negative	Small	Solution forms
Polar solvent, nonpolar solute	Small	Large	Small	Large, positive	No solution forms
Nonpolar solvent, nonpolar solute	Small	Small	Small	Small	Solution forms
Nonpolar solvent, polar solute	Large	Small	Small	Large, positive	No solution forms

Example:

Decide whether liquid hexane (C_6H_{14}) or liquid methanol (CH_3OH) is the more appropriate solvent for the substances grease ($C_{20}H_{42}$) and potassium Iodide (KI).

قرر إذا كان سائل الهكسان (C_6H_{14}) أو سائل الميثانول (CH_3OH)، يفضل أكثر كمذيب للشحمة ($C_{20}H_{42}$) ويوديد البوتاسيوم (KI).

الحل:

C_6H_{14} = non polar CH_3OH = polar

$C_{20}H_{42}$ = non polar KI = Polar

$\Rightarrow$ KI dissolve in CH_3OH

$\Rightarrow C_{20}H_{42}$ dissolve in C_6H_{14}

1) ذائبية المواد الغازية (Solubility of Gases):

A. تأثير التركيب (Structure Effect)

كما تعلمنا قبل قليل سوف نعتمد على قاعدة الشبيه يذيب الشبيه

(like dissolve like).

Example:

$NH_{3(g)}$ dissolve in H_2O more than in CCl_4

(polar) (polar) (non polar)

غاز NH_3 (المونيا) يذوب بالماء أكثر من CCl_4.

B. تأثير الضغط (Pressure Effect)

كلما زاد الضغط الخارجي زادت ذائبية الغازات

External pressure ↑⇒ solubility of gases ↑

ونستطيع تطبيق قانون هنري (Henry's Law) بالاعتماد على هذه النقطة.

$$P = K C$$

P = Partial Pressure of the gaseous solute (atm)

(وحدته تعتمد على وحدة K).

K = Constant "L.atm/mol"

(ثابت) (Henry's Constant)

C= the concentration of dissolved gas (mol/L)

تركيز الغاز المذاب

Example:

A certain soft drink is bottled so that a bottle at 25°C contains CO_2 gas at a pressure of 5.0 atm over the liquid. Assuming that the partial pressure of CO_2 in the atmosphere is 4.0×10^{-4} atm, calculate the equilibrium concentrations of CO_2 in the soda both before and after the bottle is opened. The Henry's law constant for CO_2 in aqueous solution is 32 L atm/mol at 25°C.

شراب غازي معين يوضع في زجاجات عند درجة حرارة 25 C° بحيث تحتوي على غاز (CO_2) بضغط 5 atm فوق سطح السائل، باعتبار أن الضغط الجزئي (O_2) بالهواء الجوي يساوي 4.0×10^{-4} atm احسب تركيز (CO_2) بالمشروب الغازي قبل وبعد فتح الزجاجة. ثابت هنري لغاز (CO_2) هو 32 L.atm/mol عند درجة حرارة 25 C°.

1) قبل فتح الزجاجة $\Leftarrow P_{CO2} = 5$ atm

$$\Rightarrow p = KC \Rightarrow C = \frac{P}{K} = \frac{5}{32} = 0.16 \text{ mol/L}$$

2) بعد فتح الزجاج $\Leftarrow PCO_2 = 4\times10^{-4}$ atm

$$\Rightarrow C = \frac{P}{K} = \frac{4\times10^{-4}}{32} = 01.2\times10^{-5} \text{ mol/L}$$

Example:

The solubility of nitrogen gas at 25°C and 522 mmHg is 4.7×10^{-4} mol/L. What is the solubility of N_2 at 760 mmHg and at the same temperature (in mol/L)?

a) 1.04×10^{-3} b) 1.73×10^{-4} c) 6.84×10^{-4}

d) 8.42×10^{-4} e) 3.45×10^{-4}

The correct answer is (c)

Solution:

$$P = KC \Rightarrow \frac{P}{C} = K \qquad \text{(constant ثابت)}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{C_1} = \frac{P_2}{C_2}$$

$$\frac{522}{4.7\times10^{-4}} = \frac{760}{C_2}$$

$$\Rightarrow C_2 = 6.84 \times 10^{-4}\ M$$

Example:

The solubility of O_2 in water is 0.590 g/L at an oxygen pressure of 15 atm. What is the Henry's law constant for O_2 (in units of L-atm/mol)?

a) 3.93×10^{-3} b) 1.23×10^{-3} c) 8.14×10^{2} d) 1.26

e) None of the above are within 5% of the correct answer.

The correct answer is (c)

Solution:

$$P = KC$$

$$\Rightarrow K = \frac{P}{C}$$

$$C = 0.59\frac{g}{L} \times \frac{1\ mol}{32\ g} = 0.0184\ mol/L$$

M_w for O_2

$$K = \frac{15}{0.0184} = 813.56$$

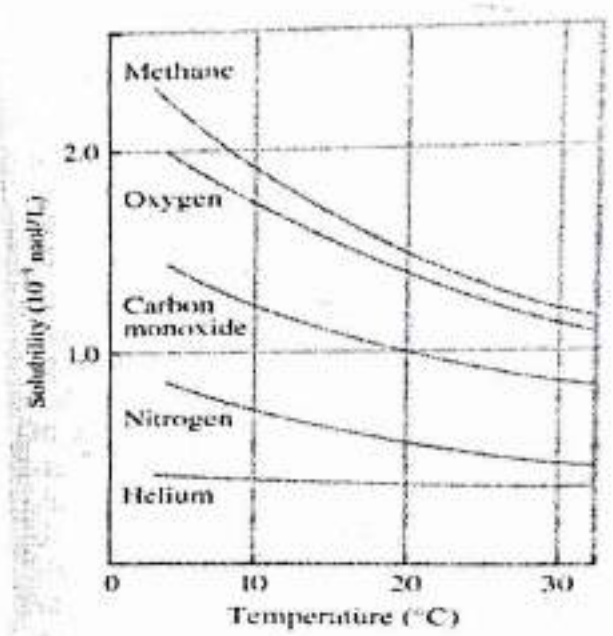
C. تأثير درجة الحرارة (Temperature Effect)

كلما زادت درجة الحرارة قلت ذائبية الغازات

$T \uparrow \Rightarrow$ Solubility of gases $\downarrow$

مثال:

المشروب الغازي البارد ألذ من المشروب الساخن.



2) ذائبية المواد الصلبة (Solubility of Solid Substances)

A. <u>تأثير التركيب (Structure Effct)</u>

كما بالحالة الغازية سوف نعتمد على قاعدة الشبيه يذيب الشبيه.

Example:

NaCl dissolved in water
(polar) (polar)

Example:

Which of the following substances is soluble in water? يذوب
a) I_2 b) C_6H_6 c) CH_3F d) CH_3NH_2

The correct answer is (d)

Example:

Which of the following compounds will be soluble in CCl_4?
a) NaCl b) H_2O c) NaOH d) C_8H_{18}
e) none of them

The correct answer is (d)

B. تأثير درجة الحرارة (Temperature Effect)

عند إذابة المواد الصلبة بالماء ينتج محلولين.

1) محلول ماص للحرارة (Endothermic Solution)

$$\text{Solute} + \text{Solvent} + \text{heat} \longrightarrow \text{Solution}$$

أي كلما زادت درجة الحرارة زادت الذائبية

$$T \uparrow \Rightarrow \text{Solubility of} \uparrow$$

وهذه الحالة تشمل تقريباً معظم المواد الصلبة.

2) محلول طارد للحرارة (Exothermic Solution)

$$\text{Solute} + \text{Solvent} \longrightarrow \text{Solution} + \text{heat}$$

أي كلما زادت الحرارة قلت الذائبية

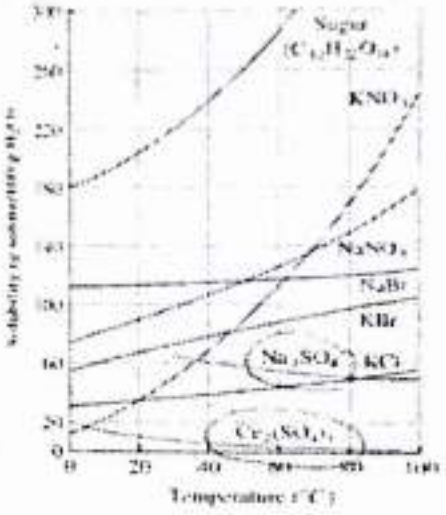
$$T \uparrow \Rightarrow \text{Solubility} \downarrow$$

وتكون هذه الحالة لمركبات قليلة وهي

1) Na_2SO_4

2) $Ce_2(SO_4)_3$

انظر للرسمة التالية:



الضغط البخاري للمحلول
The Vapor Pressure of Solution

كما مرّ معنا سابقاً كلما ازدادت درجة الغليان فإن الضغط البخاري يقل.

$$\text{Boiling Point} \uparrow \Rightarrow \text{vapor Pressure} \downarrow$$

سوف ندرس حالتين لحساب الضغط البخاري للمحاليل.

1) عند إذابة مادة صلبة (Solid) غير متطايرة (Non Volatile) وغير قابلة للتفكك (No Dissociation) بمحلول معين.

فكلما زادت كمية المادة قلّ بذلك الضغط البخاري للمحلول "لأن جزيئات المذيب تمنع جزء من جزيئات المذاب من التبخر".

$$P_{solution} = X \times P^{\circ}_{solvent}$$

حفظ

$P_{solution}$ = Vapor Press of the Solution

(الضغط البخاري للمحلول)

$P^{\circ}_{solvent}$ = Vapor Pressure of Pure Slovent (Constant)

الضغط البخاري للسائل النقي (ثابت)، بحيث أنه يعتمد على نوع المذيب فقط.

* P, P° يجب أن يكون لها نفس الوحدة (... torr or atm)

$X_{solvent}$ = mole fraction of solvent النسبة المولية للمذاب

وكما مرّ معنا في بداية الوحدة

$$X_{solvent} = \frac{n_{solvent}}{n_{solvent} + n_{solute}}$$

Question:

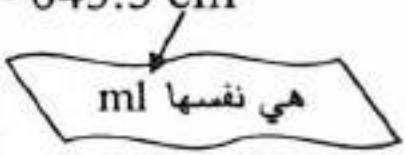
Calculate the expected vapor pressure at 25°C for a solution prepared by dissolving 158.0 g of common table sugar (sucrose, molar mass = 342.3 g/mol) in 643.5 cm^3 of water. At 25°C, the density of water is 0.9971 g/cm^3 and the vapor pressure is 23.76 torr.

احسب الضغط البخاري المتوقع عند درجة حرارة 25°C لمحلول يحضر بإذابة 158 g من السكر "ويكون مركب السكروز Mw = 342.3 g/mol في 463.5 cm^3 من الماء عند درجة حرارة 25 °C ، كثافة الماء هي 0.9971 g/cm^3 والضغط البخاري للماء هو 23.76 torr .

الحل:

$P = ??$ $\qquad P^\circ = 23.76$ torr

$V_{H2O} = 643.5\ cm^3$ $\qquad d_{H2O} = 0.9971\ g/cm^3$



$$m_{solute} = 158\ g \qquad Mw_{solute} = 342.3\ g/mol$$

$$n_{solute} = \frac{m}{Mw} = \frac{158}{342.3} = 0.46\ mol$$

$$m_{H_2O} = d \times v = 0.9971 \times 643.5 = 641.63\ g$$

$$\Rightarrow n_{H_2O} = \frac{m}{Mw} = \frac{641.63}{18} = 35.65\ mol$$

$$\Rightarrow X_{H_2O} = \frac{35.65}{35.65 + 0.46} = 0.987$$

$$\Rightarrow p = X \times P^\circ = 0.987 \times 23.76 = 23.46 \quad \text{torr}$$

Example:

The vapor pressure of water at 25.0°C is 23.8 torr. Determine the mass of glucose (molar mass = 180 g/mol)

needed to add to 500 g of water to change the vapor pressure to 23.1 torr.

a) 72 g b) 154.6 g c) 103 g d) 115 g e) 36 g

The correct answer is (b)

$$P = X_{H_2O} \quad P^{\circ}_{H_2O}$$

$$23.1 = X_{H_2O}(23.8)$$

$$\Rightarrow X_{H_2O} = 0.97$$

$$X_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{H_2O} + n_{gluc}}$$

$$n_{H_2O} = \frac{m}{M_w}\frac{500}{18} = 27.78 \text{ mol}$$

$$0.97 = \frac{27.78}{27.78 + n_{gluc}}$$

$$\Rightarrow n_{gluc} = 0.859 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = n \times M_w = 0.859 \times 180 = 154.64 \text{ g.}$$

Example:

The vapor pressure of pure water at 25°C is 23.8 torr, what is the vapor pressure of a solution consists of 27.0 g glucose (molar mass = 180 g/mol) in 81.0 g water.

a) 26.1 torr b) 23.0 torr c) 24.4 torr

d) 22.3 torr e) 20.8 torr

The correct answer is (b)

Solution:

$$P = X_{H_2O} \quad P^{\circ}_{H_2O}$$

$$n_{gluc} = \frac{m}{M_w} = \frac{27}{180} = 0.15 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = \frac{m}{M_w} = \frac{81}{18} = 4.5 \text{ mol}$$

$$X_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{H_2O} + n_{gluc}} = \frac{4.5}{0.15 + 4.5} = 0.967$$

$$\Rightarrow P = (0.967)*(23.8) = 23.03 \text{ torr}$$

2) في حال وجود سائلين (A , B) ذائبين ببعضهما البعض (Completely Mescible) وكلاهما متطاير (Volatile).

$$\Rightarrow P_A = P°_A \times X_A$$

$$P_B = P°_B \times X_B$$

$$\Rightarrow P_{Total} = P_A \times P_B$$

$$\boxed{P_{Total} = (P^\circ_A \ X_A) + + (P^\circ_B \ X_B)} \quad \text{.....(1)}$$

حفظ

وكما نعلم

$$X_A + X_B = 1$$

$$\Rightarrow \quad X_A = 1 - X_B \text{.....(2)}$$

وبتعويض المعادل رقم (2) بالمعادلة رقم (1)

$$\Rightarrow \boxed{P_{Tot} = (P^\circ_A (1 - X_B)) + (P^\circ_B \ X_B)}$$

حفظ

إذاً لـدينا هنـا معادلـة بمجهـول واحـد وهـو X_B ومنـه نوجـد X_A بـالتعويض بالمعادلة رقم (2).

2) قوى التماسك (Choesive Forces):

هي قوى الترابط بين جزيئات نفس المادة

مثال:

قوى الترابط بين جزيئات H_2O = Hydrogen Bonding.

3) قوى التلاصق (Adhesive Forces):

هي قوى الترابط بين جزيئات مادتين مختلفتين.

مثال:

قوي الترابط بين جزيئات C_5H_{12} with C_3H_{18} = London Forces.

Example:

	Vapor pressure at 25°C
Benzene (C_6H_6)	94.4 torr
Chloroform ($CHCl_3$)	172.0 torr

Using the above data, calculate the vapor pressure of solution over a chloroform-benzene solution at 25°C, which contains 50.0 g $CHCl_3$ (F.W. 119.4) and 50.0 g C_6H_6 (F.W. 78.0). Assume the solution behaves ideally.

a) 68.0 torr b) 125 torr c) 148 torr
d) 172 torr e) 160 torr

The correct answer is (b)

$$n_{C_6H_6} = \frac{m}{M_w} = \frac{50}{78} = 0.641 \text{ mol}$$

$$n_{CHCl_3} = \frac{m}{M_w} = \frac{50}{119.4} = 0.419 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow X_{C_6H_6} = \frac{n_{C_6H_6}}{n_{C_6H_6} + n_{CHCl_3}} = \frac{0.641}{0.641 + 0.419} = 0.605$$

$$\Rightarrow X_{CHCl_3} = 1 - X_{C_6H_6} = 1 - 0.605 = 0.395$$

$$\Rightarrow P_{Tot} = \left(X_{C_6H_6}\ P^{\circ}_{C_6H_6}\right) + \left(X_{CHCl_3}\ P^{\circ}_{CHCl_3}\right)$$

$$= (0.605 \times 94.4) + (0.395 \times 172)$$

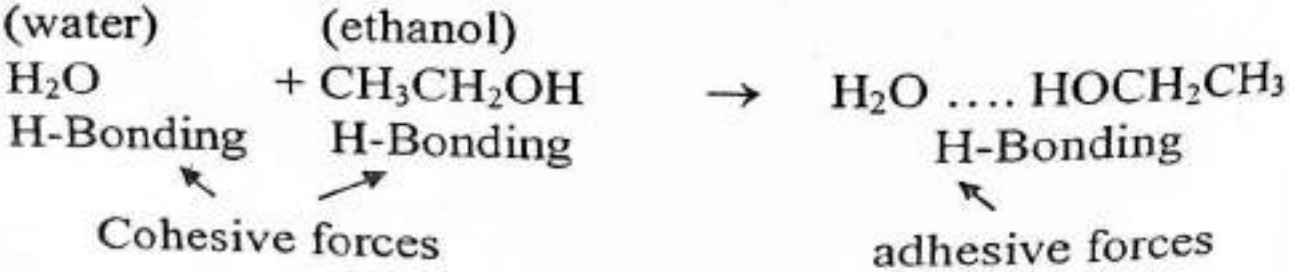
$$= 125 \text{ torr}$$

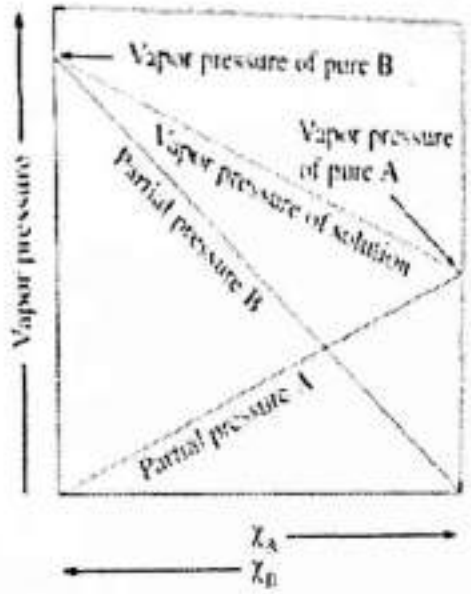
القانون السابق الذي مرّ معنا كان عن المحلول المثالي (Ideal Solution) وهو المطلوب بالمادة وليكون المحلول مثالي يجب أن تتوفر فيه عدة شروط.

1) قوى التلاصق (Adhesive Forces) = قوى التماسك (Cohesive Forces)

2) حجم المحلول = حجم المذاب + حجم المذيب

مثال:





4) والمحلول المثالي هو ما تطبق عليه قانون هنري (Henry's Law)

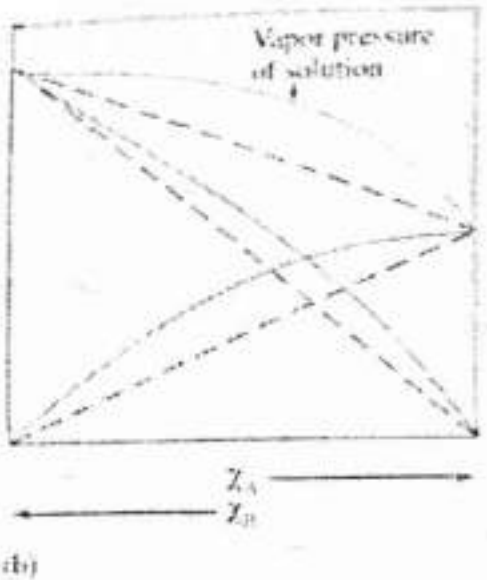
ويوجد نوعين مختلفين من المحاليل تختلف عن المحلول المثالي ولا تنطبق عليها قانون هنري وهي:

A) محلول ينحرف بالاتجاه الموجب عن قانون هنري (Positive Deviation) وتكون له الصفات التالية:

1) الضغط البخاري له > الضغط البخاري للمحلول المثالي .

2) قوى التلاصق < قوى التماسك.

3) حجم المحلول > حجم المذاب + حجم المذيب.



(b)

مثال:

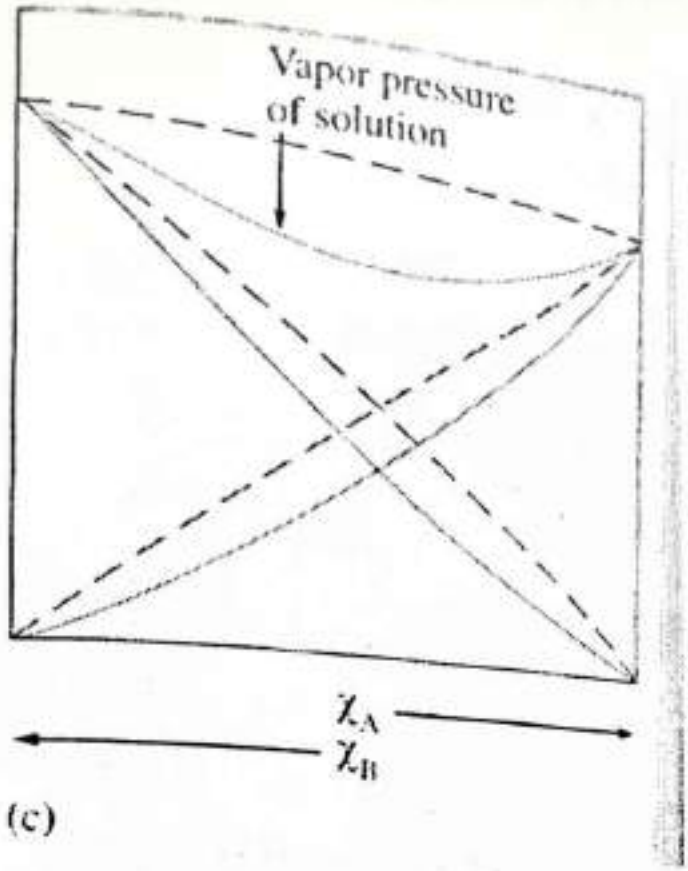
$$\underset{\text{H-Bonding}}{CH_3CH_2CH_2OH} + \underset{\text{London}}{C_6H_{14}} \rightarrow CH_3CH_2OH \cdots\cdots \underset{\text{London}}{C_6H_{14}}$$

B) محلول ينحرف بالاتجاه السالب عن قانون هنري (Negative Devotion) وتكون له الصفات التالية:

1) الضغط البخاري له < الضغط البخاري للمحلول المثالي .

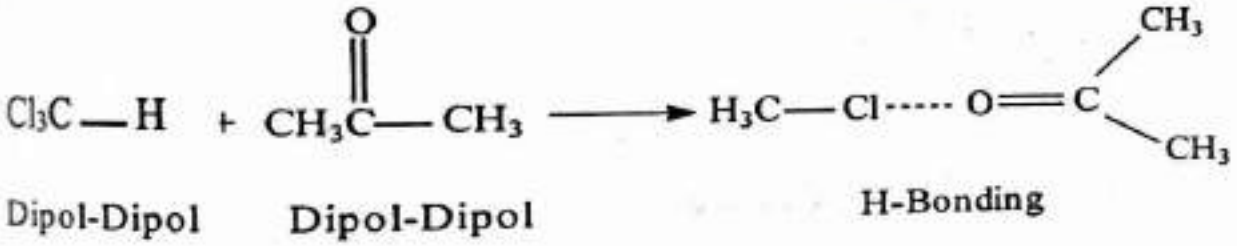
2) قوى التلاصق > قوى التماسك.

3) حجم المحلول < حجم المذاب + حجم المذيب.



(c)

مثال:



الصفات التجميعية Colligative Properties

وهي صفات تعتمد على عدد جزيئات المذاب (Solute) بالمحلول ولا تعتمد على طبيعة هذه الجزيئات (Nature) وسوق ندرس أربع صفات تجميعية وهي:

i. انخفاض الضغط البخاري (Lowering the Vapor Pressure)

ii. ارتفاع درجة الغليان (Boiling Point Elevation)

iii. الانخفاض في درجة التجمد (Freezing Point Depression)

iv. الضغط الإسموزي (Osmotic Pressure).

5) النقطة الأولى مرّت معنا قبل قليل بهذه الوحدة والآن سوف ندرس باقي النقاط.

6) سوف تكون دراستنا الآن في الثلاث نقاط المتبقية عن مركبات غير قابلة للتفكك أو التجمع. (No Dissociation or Association)

1. Boiling Point Elevation: الارتفاع (في درجة الغليان)

كلما زادت كمية المذاب زادت بذلك درجة الغليان .

Amount of Solute ↑ ⇒ B.p ↑

$$\Delta T_b = K_b \; m_{solute}$$

حفظ

ΔT_b = Boiling Point Elevation (C°)

الارتفاع في درجة الغليان

K_b = molal Boiling Piont elevation constant (C°.Kg/mol)

ثابت الارتفاع المولالي في درجة الغليان

7) ويعتمد على نوع المذيب (Solvent) المستخدم.

m_{solute} = molality of Solute (mol/kg) مولالية المذاب

$$m = \frac{n_{solute}}{\text{mass of solvent(kg)}}$$

8) كما نعلم أن درجة غليان المحلول > المذيب النقي .

B.p of Solution > Solvent

$$\Rightarrow T_{b_{(solution)}} > T_{b_{(solvent)}}$$

$$\Rightarrow \Delta T_b = T_{b_{(solution)}} - T_{b_{(solvent)}}$$

Boiling Point of water = 100 °C Freezing Point of water = 0 °C

9) نوجد ΔT_b ومنها نوجد $T_{b\,(solution)}$.

10)أو تستطيع حساب Mw لمذاب مجهول (Unknown Solute) وللتسهيل على أعزائي الطلاب، سوف أقومن بإعطاء قانون مشتق من القانون السابق يوجد (Mw) مباشرة وهو:

$$M_w = \frac{m_{solute} Kb}{m_{solvent} \times 10^{-3} \times \Delta T_b}$$

❖ ($m_{solvent}$, m_{solute}) وحدتها (g) في هذا القانون، ونستطيع استخدامه في حساب درجة غليان المحلول مباشر.

Example:

A solution is prepared by dissolving 4.9 g sucrose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) in 175 g water (M_w= 342 g/mol). Calculate the boiling point of this solution.sucrose is a nonelectrolyte (K_b=0.51 C.Kg/mol).

محلول حضر بإذابة 4.9g من السكروز ($C_{12}H_{22}O_{11}$) في 175 g من الماء، احسب درجة غليان هذا المحلول "السكروز ليس كهرلي أي لا يتفكك"

الحل:

$m_{solvent}$ = 175 g = 0.175 kg

m_{solute} = 4.9 g

$$n_{C_{12}H_{22}O_{11}} = \frac{m}{Mw} = \frac{4.9}{392} = 0.0143 \quad mol$$

$$\Delta T_b = K_b \quad m$$

$$= 0.51 \times \left(\frac{0.0143}{0.175} \right) = 0.0418$$

$$\Rightarrow \Delta T_b = T_{b_{solution}} - T_{b_{solvent}}$$

$$0.0418 = T_{b_{solution}} - 100$$

$$\Rightarrow T_{b_{solution}} = 100.0418\ C°$$

Example:
A solution was prepared by dissolving 18.00 g glucose in 150.0 g water. The resulting solution was found to have a boiling point of 100.34°C. Calculate the molar mass of glucose. Glucose is a molecular solid that is present as individual molecules in solution.

محلول حضر بإذابة 18 g من الجلوكوز في 150 g من الماء، والمحلول الناتج يمتلك درجة غليان تساوي 100.34 °C ، احسب الكتلة المولية للجلوكوز. الجلوكوز مادة صلبة جزيئية تتمثل بالمحلول على شكل جزيئات "لا تتفكك"

الحل:

$$K_b = 0.51\ °C.kg/mol$$

$$M_w = \frac{m_{solute} \times K_b}{m_{solvent} \times 10^{-3} \times \Delta T_b}$$

$$M_w = \frac{18 \times 0.51}{150 \times 10^{-3} \times (100.34 - 100)} = 180\ g/mol$$

2) Freezing Point depression: الانخفاض في درجة التجمد

كلما زادت كمية المذاب (Solute) فإن درجة التجمد (Freezing Point (F.P)) تقل.

Amount of Solute ↑ $\Rightarrow$ F.p ↓

القانون استخدم هنا مشابه لحد كبير للقانون السابق

$\Delta T_f = K_f \times m$

ΔT_f = Freezing Point depression (°C)

الانخفاض في درجة التجمد

KF = molal Freezing – Point depression (°C. kg/mol)
Constant

ثابت انخفاض درجة التجمد المولالي

* وهو يعتمد على نوع المذيب (Solvent) المستخدم.

m = molality of Solute (mol/kg)

$$\Rightarrow T_{F_{(solven)}} \rangle T_{F_{(solution)}}$$

$$\Rightarrow \Delta T_F = T_{F_{(solven)}} - T_{F_{(solution)}}$$

11) ولإيجاد الكتلة المولية (Mw) لمذاب مجهول (Unknown Solute) نستخدم نفس القانون السابق مع تغيير بسيط.

$$M_w = \frac{m_{solute} K_F}{m_{solvent} \times 10^{-3} \times \Delta T_F}$$

حفظ

Example: نفترض انا المحلول 100g

Calculate the freezing point and boiling point of an antifreeze solution that is 50.0% by mass of ethylene glycol ($HOCH_2CH_2OH$) (Mw=62 g/mol)in water. Ethylene glycol is a nonelectrolyte
(K_b=0.51 C°.Kg/mol, . K_f=1.86 C°.Kg/mol)

احسب درجة التجمد ودرجة الغليان لمحلول معنا د التجمد الذي يتكون من 50% من كتلة من ($HOCH_2CH_2OH$, Mw= 62 g/mol) بالماء، هذا المركب ليس كهرلي "لا يتفكك".

الحل:

$K_b = 0.51\ °C\ kg/mol$ $K_f = 1.86\ °C\ kg/mol$

نفترض أنه يوجد لدينا 100 g من المحلول

$\Rightarrow m_{H_2O} = 50\ g = 0.05\ kg\ /\ m_{solute} = 50\ g$

2) $\Delta T_b = K_b m = 0.51 \times 16.13 = 8.23\ °C$

$\Rightarrow \Delta T_b = T_{b\ (solution)} - T_{b\ (solvent)}$

$8.23 = T_{b\ (solution)} - 100$

$\Rightarrow T_{b\ (solution)} = 108.23\ °C$

$$n_{solute} = \frac{m}{M_w} = \frac{50}{62} = 0.806\ mol$$

$$\Rightarrow m_{solute} = \frac{n_{solute}}{\text{mass of solvent(kg)}} = \frac{0.806}{0.05} = 16.13\ m$$

1) $\Delta T_F = K_F m = 1.86 \times 16.13 = 30\ C°$

$\Rightarrow \Delta T_F = T_{F_{solvent}} - T_{F_{solution}}$

$30 = 0 - T_{f\,solution}$

$\Rightarrow T_{f_{solution}} = -30\ C°$

2) $\Delta T_b = K_b\ m = 0.51 \times 16.13 = 8.23\ ^\circ C$

$\Rightarrow \Delta T_b = T_{b\ solution} - T_{b\ solvent}$

$8.23 = T_{b\ solution} - 100$

$\Rightarrow T_{b\ solution} = 108.23\ ^\circ C$

Example:

A 0.350 g sample of a large biomolecule was dissolved in 15.0 g of chloroform, and the freezing-point depression was determined to be 0.240°C. Calcu8late the molar mass of the biomlecule (K_f for chloroform is 4.70°C.kg/mol).

0.35 g من عينة لجزيء حيوي ضخم أذيبت في 15 g من الكلوروفورم وكان الانخفاض في درجة التجمد يساوي 0.24 °C ، احسب الكتلة المولية لهذا الجزيء الحيوي ($K_f = 4.7\ ^\circ C\ kg/mol$).

الحل:

$$M_w = \frac{m_{solute} K_f}{m_{solvent} \times 10^{-3} \times \Delta T_f}$$

$$M_w = \frac{0.35 \times 4.7}{15 \times 10^{-3} \times 0.24} = 456.94 \quad g/mol$$

Question:

What mass of glycerin ($C_3H_8O_3$) (Mw=92 g/mol), a nonelectrolyte, must be dissolved in 200.0 g water to give a solution with a freezing point of – 1.50°C? (K_f=1.86 C°.Kg/mol)

ما هي كتلة الغليسرين ($C_3H_8O_3$, $M_w = 92$ g/mol) ، غير كهرلي، يجب إذابتها في 200 g من الماء لإعطاء محلول بدرجة تجمد تساوي -1.5 °C ؟

الحل:

$K_f = 1.86$ °C.kg/mol

$$M_w = \frac{m_{solute} \times K_F}{m_{solvent} \times 10^{-3} \times \Delta T_f}$$

$$92 = \frac{m \times 1.86}{200 \times 10^{-3} \times (0 - {}^{-}1.5)}$$

$$\Rightarrow m = 14.84 \quad g$$

Question:

The freezing point of *t*-butanol is 25.50°C and K_f is 9.1°C.kg/mol. Usually *t*-butanool absorbs water on exposure to air. If the freezing point of a 10.0 g sample of *t*-butanol is 24.59°C, how many grams of water are present in the sample?

درجة التجمد للبيونانول هي 25.5 °C ، KF لها يساوي 9.1 °C kg/mol°C kg/mol . عادة البيوتانول يمتص الماء إذا تعرض للهواء. إذا كانت درجة التجمد لـ 10 g من هذا المركب تساوي 24.59 °C . كم غرام من الماء موجودة بالعينة ؟

الحل:

الماء هنا يعامل كمذاب (Solute)

$$M_w = \frac{m_{solute} \times K_f}{m_{solvent} \times 10^{-3} \times \Delta T_f}$$

$$18 = \frac{m \times 9.1}{109 \times 10^{-3} \times (25.5 - 24.59)} \quad \frac{175}{}$$

$$m = 0.196 \quad g$$

Example:

When 12.1 g of a compound is dissolved in 800 g of water, the solution has a freezing point of –0.082°C. What is the molar mass of this compound (K_f for water = 1.86 °C/m)

a) 210 b) 177 c) 250 d) 150 e) 343

The correct answer is (e)

Solution:

$$\Delta T_f = 0 - {}^{-}0.082 = 0.082\ C^{\circ}$$

$$M_w = \frac{m_{solute} \times K_f}{m_{solvent} \times 10^{-3} \times \Delta T_f}$$

$$= \frac{12.1 \times 1.86}{800 \times 10^{-3} \times '0.082} = 343.1\ g/mol$$

Example:

An aqueous solution freezes at –2.50°C, calculate the boiling point of the solution (for water: Kf = 1.86°C.Kg/mol, Kb = 0.52°C.Kg/mol).

a) 101.62 b) 100.55°C c) 100.70°C d) 98.50

The correct answer is (c)

Solution:

$$\Delta T_f = 0 - {}^{-}2.5 = 2.5$$

$$\Delta T_f = K_f\, m$$

$$2.5 = 1.86\ m$$

$$\Rightarrow m = 1.34\ m$$

$$\Rightarrow \Delta T_b = K_b\, m$$

$$= 0.52 \times 1.34$$

$= 0.7$

$\Rightarrow Bp = 100 + 0.7 = 100.7\ ^\circ C$

3) Osmotic Pressure الضغط الإسموزي

* دائماً الماء ينتقل من المحلول الذي يمتلك تركيز أقل إلى محلول يمتلك تركيز أعلى. والضغط الإسموزي (π Osmatic Pressure) هو الضغط اللازم لتوقف انتقال الماء بين المحلولين .
* نتذكر قانون الغاز المثالي من مادة كيمياء 101.

$PV = n\,R\,T$

نعوض مكان P بـ π

$$\pi V = n\,RT$$

π = osmatic Pressure (atm) الضغط الأسموزي

V = Volume (L)

n = no. of moles (mol)

R = gas constant (0.0821 atm.L/mol. °K)

T = Temperature (°K)

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

$$\Rightarrow \pi = \frac{n}{v}\ RT \ \Rightarrow\ (\pi = MRT)$$

حفظ

ولإيجاد الكتلة المولية (Mw) لمذاب مجهول (Unknown Solute) بالاعتماد على الضغط الإسموزي نستطيع استعمال هذا القانون مباشرة.

$$Mw = \frac{m\,R\,T}{\pi\,v}$$

حفظ

Example:

Calculate osmatic pressure for 0.16 M of $C_6H_{12}O_6$ "non electronlyte" at 25 °C ?

احسب الضغط الاسموزي لمحلول بتركيز 0.16 M من $C_6H_{12}O_6$ "غير كهرلي" عند درجة حرارة 25 °C ؟

الحل:

$T = 25\ °C = 298\ °K$ $\quad M = 0.16\ M$

$\pi = M\ R\ T$

$= 0.16 \times 0.0821 \times 298 = 3.91\ atm$

Example:

A 20.0 mg sample of a protein is dissolved in water to make 25.0 ml of solution. The osmotic pressure of the solution is 0.56 torr at 25°C. What is the molar mass of the protein?

20 mg من البروتين تم تذويبها بالماء لإعطاء محلول بحجم 25 ml ، الضغط الاسموزي لهذا المحلول يساوي 0.56 torr عند درجة حرارة 25.5 °C ، ما هي الكتلة المولية لهذا البروتين؟

الحل:

$v = 25\ ml = 0.025\ L$

$m = 20\ mg = 0.02\ g$

$$\pi = \frac{0.56\ torr}{760} = 7.37 \times 10^{-4}\ atm \qquad T = 25\ C^{\circ} = 298\ ^{\circ}k$$

$$\Rightarrow Mw = \frac{mRT}{\pi V} = \frac{0.02 \times 0.0821 \times 298}{7.37 \times 10^{-4} \times 0.025} = 2.656 \times 10^{4}\ g/mol$$

Example:

i = 2

Calculate the molarity of a solution containing KCl and water whose osmotic pressure at 21°C is 100 torr. Assume complete dissociation of the salt.

a) 0.005 M b) 0.01 M c) 0.08 M
d) 0.0025 M e) 0.002M

The correct answer is (d)

Solution:

$KCl \rightarrow K^+ + Cl^-$ (i = 2)

$$\pi = \frac{100 \text{ torr}}{760} = 0.132 \text{ atm}$$

$T = 21°C = 294°K$

$\pi = i\,MRT$

$$\Rightarrow M = \frac{\pi}{iRT} = \frac{0.132}{2 \times 0.0821 \times 294} = 0.0025 \text{ M}$$

كما قلنا سابقاً فإن الصفات التجمعية (Colligative Properties) تعتمد على عدد الجزيئات بالمحلول وليس على طبيعتها، لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار تفكك الجزيئات داخل المحلول إذا تم ذلك.

وسوف نركز على عامل فانت هوف ((Van't Hoff Factor (i) والذي يدل على عدد الجزيئات المتفككة داخل المحلول.

Example:

$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+ + Cl^-$ $\quad i = 2$

$Na_2SO_4 \xrightarrow{H_2O} 2Na^+ + SO_4^{-2}$ $\quad i = 3$

$Al(OH)_3 \xrightarrow{H_2O} Al^{+3} + 3OH^-$ $\quad i = 4$

الآن سوف اكتب القوانين السابقة لكن لمركبات كهرلية قابلة للتفكك داخل المحلول (Electrolyte).

$\Delta T_b = i\, k_b\, m$

$\Delta T_F = i\, k_f\, m$

$\pi = i\, M\, R\, T$

Expected and Observed Values of the van't Hoff factor for 0.05 m solutions of several electrolytes

Electrolyte	*i* (expected) نوجدها من صيغة المركب	*i* (observed) نوجدها عملياً من القوانين الثلاث
NaCl	2.0	1.9
$MgCl_2$	3.0	2.7
$MgSO_4$	2.0	1.3
$FeCl_3$	4.0	3.4
HCl	2.0	1.9
Glucose*	1.0	1.0

* A nonelectrolyte shown for comparison

$i_{expected} \geq i_{observed}$

Question:

The observed osmotic pressure for a 0.10 M solution of $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ at 25°C is 10.8 atm. Compare the expected and experimental values for *i*.

ضغط الاسموزي الملاحظ لمحلول يحتوي تركيز M 0.1 من $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ عند درجة حرارة 25°C هو 10.8 atm، قارن القيمة النظرية والعملية لـ i (أ):

الحل:

1) expected value for (i)

القيمة المتوقعة لـ (i)

نحصل عليها من معادلة التفكك للمركب،

$$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \xrightarrow{H_2O} Fe^{+2} + 2NH_4^+ + 2SO_4^{-2}$$

$$i = 5$$

2) experimental value for (i)

القيمة العملية

نوجدها من خلال القانون

$$\pi = i MRT$$

$$10.8 = (i)\ 0.1 \times 0.0821 \times 298$$

$$\therefore i = 4.4$$

إذاً القيمة العملية لـ (i) < القيمة المتوقعة

Example:

The osmotic pressure of 0.01 M $MgSO_4$ solution at 25°C is 0.318 atm. Calculate i, the Van't Hoff factor for $MgSO_4$.

a) 1.4 b) 1.8 c) 2.0 d) 1.3 e) 1.5

The correct answer is (d)

Solution:

$\pi = i\,MRT$

$T = 25°C = 298\ °K$

$0.318 = i \times 0.01 \times 0.0821 \times 298$

$i = 1.3$

Example:

Which of the following solutions has the lowest osmotic pressure?

a) 0.02 M sugar
b) 0.02 M KCl
c) 0.02 M $CaCl_2$
d) 0.02 M HCl
e) 0.02 M $Al(NO_3)_3$

The correct answer is (a)

Solution:

نلاحظ أن معظم المركبات التالية قابلة للتفكك لذلك سوف نعتمد على قيمة (*i*)

$Al(NO_3)_3$ $>$ $CaCl_2$ $>$ $HCl = KCl$ $>$ sugar

$4\times0.02=0.08$ $3\times0.02=0.06$ $2\times0.02=0.04$ 0.02

$\pi \uparrow$

Example:

Which of the following solutions has the highest Van't Hoff factor (i)?

a) glucose b) NaCl c) $MgCl_2$ d) HNO_3

The correct answer is (c)