سلسلة
التجمع التعليمي

التجمع التعليمي

القناة الرئيسية: t.me/BAK111

بوت التواصل: @BAK1117_bot

الوحدة الأولى: الكيمياء النووية

أولاً: تركيب النواة

تتكوّن نواة الذّرة من جُسيمات أهمها:

a) بروتونات موجبة الشّحنة.

b) نيوترونات معتدلة الشّحنة.

يُرمز لنواة العنصر بالرمز:

العدد الكتلي = عدد البروتونات + عدد النّيوترونات

رمز العنصر ← $^{A}_{Z}X$

العدد الذّري = عدد البروتونات في النّواة = عدد الالكترونات في الذّرة

⇐ عدد النّيوترونات = العدد الكتلي − العدد الذّري.

مثال:

ذرة الصوديوم $^{23}_{11}Na$	
العدد الذّري Z	11
عدد البروتونات P	11
عدد الالكترونات	11
العدد الكتلي A	23
عدد النيوترونات N	23 − 11 = 12

ملاحظة: نظائر عنصر ما: هي ذرات من العنصر نفسه:

✓ تتفق بـ: a) العدد الذّري. b) الخاصيّات الكيميائيّة.

✓ تختلف بـ: a) العدد الكتلي. b) الخاصيّات الفيزيائيّة.

أمثلة:

نظائر الهدروجين			نظائر الهليوم	
الهدروجين العادي	الديتريوم	التريتريوم	البليوم	نظير البليوم
$^{1}_{1}H$	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{3}_{2}He$	$^{4}_{2}He$

ثانياً: رموز بعض الجُسيمات النووية

للحفظ:

جُسيم ألفا	جُسيم بيتا	نيوترون	بروتون	بوزيترون
$^{4}_{2}\alpha$ أو $^{4}_{2}He$	$^{0}_{-1}\beta$ أو $^{0}_{-1}e$	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}P$ أو $^{1}_{1}H$	$^{0}_{+1}\beta$ أو $^{0}_{+1}e$

أعط تفسيراً علمياً: **يعدّ النيوترون أفضل قذيفة نووية.**

الجواب: لأنّه جُسيمة نوويّة متعادلة كهربائياً. فلا يُعاني تنافراً مع النّواة.

ثالثاً: طاقة الارتباط

أعط تفسيراً علمياً:

كتلة نواة العنصر أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرة.

الجواب: نتيجة النّقص في الكتلة الذي يتحوّل إلى طاقة منتشرة

ونُعطى بعلاقة آينشتاين:

$$\Delta E = \Delta m C^2$$

حيث:

ΔE: الطّاقة المنتشرة (المتحرّرة) عن تشكّل النّواة (J).

C: سرعة انتشار الضّوء في الخلاء $C = 3\times10^{8}\ m.s^{-1}$.

Δm: النّقصان في الكتلة (kg).

$$\Delta m = m_2 - m_1 < 0$$

m_2: كتلة النواة. m_1: كتلة مكوّنات النواة (النّيوترونات + البروتونات) وهي حرة.

وعليه فإنّ طاقة الارتباط: هي الطّاقة اللازمة لفصل النّواة إلى مكوّناتها من بروتونات ونيوترونات حرّة (وهي مقدار موجب).

تطبيق (1): تنقص كتلة نواة الأكسجين $^{16}_{8}O$ عن مكوّناتها وهي حرّة بمقدار $\Delta m = -0.23\times10^{-27}\ kg$. المطلوب حساب:

1. الطّاقة المنتشرة (المتحرّرة) أثناء تشكّل هذه النّواة.
2. طاقة الارتباط لهذه النّواة. علماً أنّ: $C = 3\times10^{8}\ m.s^{-1}$.

الحل:

1. $\Delta E = \Delta m C^2$

$$\Delta E = -0.23\times10^{-27}\times(3\times10^{8})^2$$

$$\Rightarrow \Delta E = -2.07\times10^{-11}\ J$$

2. طاقة الارتباط تساوي بالقيمة الطّاقة المنتشرة وتعاكسها بالإشارة:

طاقة الارتباط $= +2.07\times10^{-11}\ J$

تطبيق (2): إذا علمت أنّ الشّمس تشعّ طاقة مقدارها $38\times10^{27}\ J$ في كل ثانية. المطلوب حساب:

1. مقدار النّقص في كتلة الشّمس خلال 1 day.
2. مقدار النقص في كتلة الشّمس خلال 3 hours.

علماً أنّ: سرعة انتشار الضّوء في الخلاء $C = 3\times10^{8}\ m.s^{-1}$.

ثانية ←×60→ دقيقة ←×60→ ساعة ←×24→ يوم

الحل:

1. حساب مقدار النّقص في كتلة الشّمس خلال 1 day:

$$\Delta E = \Delta m \times C^2$$

$$-38\times10^{+27}\times24\times60\times60 = \Delta m\times(3\times10^{8})^2$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{-38\times10^{27}\times24\times60\times60}{(3\times10^{8})^2}$$

$$\Delta m = \frac{-38\times10^{27}\times24\times3600}{9\times10^{16}} = -38\times24\times4\times10^{-13}$$

$$\Rightarrow \Delta m = -3648\times10^{-13}\ kg$$

2. حساب مقدار النّقص في كتلة الشّمس خلال 3 hours:

$$\Delta E = \Delta m C^2$$

$$-38\times10^{27}\times3\times60\times60 = \Delta m\times(3\times10^{8})^2$$

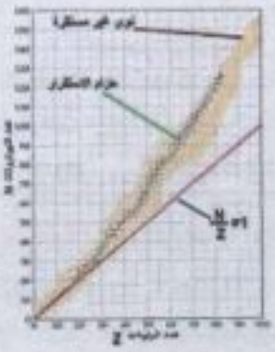
$$\Rightarrow \Delta m = \frac{-38\times10^{27}\times3\times60\times60}{(3\times10^{8})^2}$$

$$\Delta m = \frac{-38\times10^{27}\times3\times3600}{9\times10^{16}} = -38\times3\times4\times10^{-13}$$

$$\Rightarrow \Delta m = -456\times10^{-13}\ kg$$

رابعاً الاستقرار النووي

العامل الذي يحدّد فيما إذا كانت النّواة مستقرّة أم لا هو: النّسبة $\frac{N}{Z}$.



نوى مستقرّة	
تقع ضمن حزام الاستقرار، ولا يحدث لأنويتها تفكّك تلقائي.	
نوى مستقرّة أعدادها الذريّة صغيرة: تكون النّسبة $\frac{N}{Z}=1$.	نوى مستقرّة أعدادها الذريّة كبيرة نسبيًا: تصبح النّسبة $\frac{N}{Z}>1$.
نوى غير مستقرّة	
تقع خارج حزام الاستقرار، ويحدث لأنويتها تفكّك تلقائي.	
نوى غير مستقرّة تقع فوق حزام الاستقرار: $\frac{N}{Z}>\frac{N}{Z}$ ضمن فوق: ${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1H + {}^0_{-1}e$ ⇐ تُطلق جُسيم بيتا.	نوى غير مستقرّة تقع فوق حزام الاستقرار: $\frac{N}{Z}>\frac{N}{Z}$ ضمن فوق: ${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1H + {}^0_{-1}e$ ⇐ تُطلق جُسيم بيتا.

خامساً أنواع التحولات النووية النشاط الإشعاعي الطبيعي

① التحوّل من النوع بيتا:

يحدث في النّوى التي تقع فوق حزام الاستقرار.

سؤال (1): نواة غير مستقرّة تقع فوق حزام الاستقرار. المطلوب:

a) ما هو الجُسيم الذي تُطلقه النّواة للعودة إلى حزام الاستقرار، اكتب معادلة العمليّة الحاصلة.

b) اكتب المعادلة العامّة المعبّرة عن التحوّل من النّوع بيتا.

الجواب:

a) تُطلق جُسيم بيتا.

معادلة العمليّة الحاصلة:

$${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1H + {}^0_{-1}e$$

b) المعادلة العامّة:

$${}^A_ZX \longrightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + Energy$$

سؤال (2): أعط تفسيراً علمياً:

إطلاق النّواة للبوزيترون.

الجواب: بسبب تحوّل بروتون إلى نيوترون يستقر داخل النّواة فينطلق بوزيترون خارج النّواة.

---

② التحوّل من النوع بوزيترون:

يحدث في النّوى التي تقع تحت حزام الاستقرار.

سؤال (1): نواة غير مستقرّة تقع تحت حزام الاستقرار. المطلوب:

a) ما هو الجُسيم الذي تُطلقه النّواة للعودة إلى حزام الاستقرار، اكتب معادلة العمليّة الحاصلة.

b) اكتب المعادلة العامّة المعبّرة عن التحوّل من النّوع بوزيترون.

الجواب:

a) تُطلق بوزيترون.

معادلة العمليّة الحاصلة:

$${}^1_1H \longrightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$$

b) المعادلة العامّة:

$${}^A_ZX \longrightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e + Energy$$

سؤال (2): أعط تفسيراً علمياً:

إطلاق النّواة للبوزيترون.

الجواب: بسبب تحوّل بروتون إلى نيوترون يستقر داخل النّواة فينطلق بوزيترون خارج النّواة.

---

③ التحوّل من نوع الأسر الالكتروني:

يحدث في النّوى التي تقع تحت حزام الاستقرار، ولا تملك طاقة كافية لإطلاق بوزيترون.

سؤال: نواة غير مستقرّة تقع تحت حزام الاستقرار ولا تملك طاقة كافية لإطلاق بوزيترون. المطلوب:

a) ما هو الجُسيم الذي تلتقطه النّواة للعودة إلى حزام الاستقرار، اكتب معادلة العمليّة الحاصلة.

b) اكتب المعادلة العامّة المعبّرة عن التحوّل من نوع الأسر الالكتروني.

الجواب:

a) تلتقط النّواة الكترون.

معادلة العمليّة الحاصلة:

$${}^1_1H + {}^0_{-1}e \longrightarrow {}^1_0n$$

b) المعادلة العامّة:

$${}^A_ZX + {}^0_{-1}e \longrightarrow {}^A_{Z-1}Y + Energy$$

---

④ التحوّل من النّوع ألفا:

يحدث في النّوى التي يزيد عددها الذريّ عن 83.

سؤال: نواة غير مستقرّة يزيد عددها الذري عن 83. المطلوب:

a) ما هو الجُسيم الذي تُطلقه النّواة.

b) اكتب المعادلة العامّة المعبّرة عن التحوّل من النّوع ألفا.

الجواب:

a) تُطلق جُسيم ألفا.

b) المعادلة العامّة:

$${}^A_ZX \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He + Energy$$

سؤال: أكمل التحولات النووية الآتية، ثمّ حدّد نوع كل منها:

التحوّل	نوع التحوّل
$^{90}_{38}Sr \longrightarrow {}^{90}_{39}Y + {}^{0}_{-1}e + Energy$	تحوّل من نوع بيتا.
$^{38}_{19}K \longrightarrow {}^{38}_{18}Ar + {}^{0}_{+1}e + Energy$	تحوّل من نوع بوزيترون.
$^{92}_{44}Ru + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{92}_{43}Tc + Energy$	تحوّل من نوع أسر الكتروني.
$^{212}_{84}Po \longrightarrow {}^{208}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He + Energy$	تحوّل من نوع ألفا.

تدريبات على التحولات النووية:

1 تتحول نواة الثوريوم $^{231}_{90}Th$ إلى نواة البروتكتينيوم $^{231}_{91}Pa$ تلقائياً. المطلوب:

اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحوّل، ثمّ حدّد نوعه.

التحوّل	نوع التحوّل
$^{231}_{90}Th \longrightarrow {}^{231}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + Energy$	تحوّل من نوع بيتا.

2 تتحول نواة الكربون المشع $^{11}_{6}C$ إلى نواة البور المستقر B بإطلاقها بوزيترون. المطلوب:

اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحوّل، ثم حدّد نوعه.

التحوّل	نوع التحوّل
$^{11}_{6}C \longrightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}e + Energy$	تحوّل من نوع بوزيترون.

3 تلتقط نواة عنصر الأرغون $^{37}_{18}Ar$ الكتروناً من مدار داخلي لها متحولةً إلى نواة عنصر الكلور Cl. المطلوب:

اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحوّل، ثمّ حدّد نوعه.

التحوّل	نوع التحوّل
$^{37}_{18}Ar + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{37}_{17}Cl + Energy$	تحوّل من نوع أسر الكتروني.

4 يطرأ تحوّل من نوع ألفا على نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ فتتحوّل إلى نواة الرادون Rn. المطلوب:

اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحوّل، ثم حدّد نوعه.

التحوّل	نوع التحوّل
$^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He + Energy$	تحوّل من نوع ألفا.

اختر الإجابة الصحيحة:

إذا أطلقت النواة المشعّة $^{232}_{90}X$ جسيم ألفا ثمّ أطلقت النواة الناتجة عنها جسيم بيتا تنتج النواة: دورة 2012

a	$^{226}_{89}Y$	b	$^{228}_{89}Y$
c	$^{226}_{88}Y$	d	$^{229}_{90}Y$

توضيح الإجابة:

$$^{232}_{90}X \longrightarrow {}^{228}_{88}X' + {}^{4}_{2}He + Energy$$
$$^{228}_{88}X' \longrightarrow {}^{228}_{89}Y + {}^{0}_{-1}e + Energy$$

سادساً: سلاسل النشاط الإشعاعي

تتحوّل النوى المشعّة وفق عدّة تحولات نوويّة متسلسلة لتصل إلى نواة مستقرّة تُدعى سلسلة نشاط إشعاعيّ.

تطبيق: تتحوّل نواة اليورانيوم المشعّ $^{238}_{92}U$ إلى نواة الرصاص المستقرّ $^{206}_{82}Pb$ وفق سلسلة نشاط إشعاعيّ. المطلوب:

1. احسب عدد التحولات من النوع ألفا x وعدد التحولات من النوع بيتا y التي يقوم بها اليورانيوم لكي يستقرّ.
2. اكتب المعادلة النوويّة الكليّة.

الحل: $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\ {}^{4}_{2}He + y\ {}^{0}_{-1}e + Energy$

1

من قانون مصونيّة العدد الكتلي:
$$238 = 206 + 4x + (0)y$$
$$4x = 32$$
$$\Rightarrow x = 8$$

من قانون مصونيّة العدد الذري:
$$92 = 82 + 2x + (-1)y$$
$$92 = 82 + 2(8) - y$$
$$\Rightarrow y = 6$$

2 $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + 8\ {}^{4}_{2}He + 6\ {}^{0}_{-1}e + Energy$

سابعاً: التفاعلات النووية النشاط الإشعاعي الصنعي

① تفاعل الانشطار:

تلتقط النواة القذيفة التي قُذفت بها دون أن تنقسم.

طاقة + نظير نفس النواة المشعة ⟵ جُسيم + نواة

② تفاعل التطاير:

يحدث عندما تتحوّل النواة المقذوفة بجُسيم إلى عنصر جديد مُطلقة جُسيم أخر.

طاقة + جُسيم جديد + نواة جديدة ⟵ جُسيم + نواة

③ تفاعل الانشطار النووي:

تنشطر فيه نواة ثقيلة لتعطي نواتين متوسطي الكتلة مع انطلاق طاقة هائلة.

طاقة + نيوترونات سريعة + نواتين متوسطي الكتلة ⟵ نواة ثقيلة

④ تفاعل الاندماج النووي:

تندمج نواتان خفيفتان أو أكثر لتشكّل نواة أثقل.

طاقة هائلة + نواة أثقل ⟵ نواتين خفيفتين أو أكثر

سؤال: أكمل التفاعلات النووية الآتية، ثم حدد نوع كل منها:

التفاعل	نوع التفاعل
$^{63}_{29}Cu + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{64}_{29}Cu + Energy$	التقاط.
$^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He + Energy$	تطاير.
$^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{132}_{51}Sb + {}^{101}_{41}Nb + 3\,{}^{1}_{0}n + Energy$	انشطار نووي.
$4\,{}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{+1}e + Energy$	اندماج نووي.

سؤال: أعط تفسيراً علمياً:

يرافق تفاعلات الاندماج النّووي انطلاق طاقة هائلة.

أو: كتلة النّواة النّاتجة عن الاندماج أصغر من مجموع كتل النّوى المندمجة. دورة 2015 الأولى

الجواب: نتيجة النّقص في الكتلة الذي يتحوّل إلى طاقة.

ملاحظة: تحدث في الشّمس والنّجوم تفاعلات اندماج نووي، وتنتج مقدار هائل من الطّاقة.

تدريبات على التفاعلات النووية:

❶ عند قذف نواة الذّهب النّظير غير المشع $^{197}_{79}Au$ بنيوترون تتحوّل إلى نواة الذهب النظير المشع المطلوب.

اكتب المعادلة النّووية المعبّرة عن هذا التّفاعل، ثم حدد نوعه.

التفاعل	نوع التفاعل
$^{197}_{79}Au + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{198}_{79}Au + Energy$	التقاط.

❷ عند قذف نواة النّتروجين $^{14}_{7}N$ بجسيم ألفا ينتج نظير الأكسجين المشع O وينطلق بروتون. المطلوب:

اكتب المعادلة النّووية المعبّرة عن هذا التّفاعل، ثم حدد نوعه.

التفاعل	نوع التفاعل
$^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H + Energy$	تطاير.

❸ تندمج نواتا نظيرَي الهدروجين (الدتيريوم $^{2}_{1}H$ والتريتيوم $^{3}_{1}H$) لينتج نواة الهليوم ونيوترون. المطلوب:

اكتب المعادلة النّووية المعبّرة عن هذا التّفاعل، ثم حدد نوعه.

التفاعل	نوع التفاعل
$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + Energy$	اندماج نووي.

اختر الإجابة الصّحيحة:

عند تفاعل نواة النّتروجين $^{14}_{7}N$ ينتج نواة الكربون المشع $^{14}_{6}C$، فإنّ نواة النّتروجين:

a	تلتقط نيوترون وتُطلق ألفا.	b	تلتقط بروتون وتُطلق نيوترون.
c	تلتقط بوزيترون وتُطلق نيوترون.	d	تلتقط نيوترون وتُطلق بروتون.

توضيح الإجابة: $^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}H + Energy$

ثامناً: عمر النّصف للمادة المشعة $t_{1/2}$

قانونه	دلالات الرموز	ملاحظات
$t_{1/2} = \frac{t}{n}$	$t_{1/2}$: عمر النّصف. t: الزّمن الكلّي. n: عدد مرّات التّكرار.	يتعلق عمر النّصف بنوع المادّة المشعّة فقط. لا يتعلق بالحالة الفيزيائيّة أو الكيميائيّة أو الضّغط أو درجة الحرارة.

ملاحظة لحساب عدد مرات التكرار n في المسائل:

- إذا أعطي عدد النّوى في نص المسألة نبدأ من عدد النوى المعطاة ونقسمها على 2 حتى الوصول إلى عدد النّوى المطلوبة.
- إذا أعطي كتلة العنصر المشع في نص المسألة نبدأ من الكتلة المعطاة ونقسمها على 2 حتى الوصول إلى الكتلة المطلوبة.
- إذا لم يعطى عدد النوى أو الكتلة نبدأ من الرقم 1 ونقسمه على 2 حتى الوصول إلى النسبة المطلوبة.

تطبيقات على عمر النصف للمادة المشعة:

تطبيق (1): تطبيق 7 صفحة 15 كتاب

إذا علمت أنّ عمر النّصف لعنصر مشع 3 years. المطلوب:

احسب الزّمن اللازم كي يصبح النّشاط الإشعاعي $\frac{1}{8}$ ما كان عليه

الحل:

$$t_{1/2} = \frac{t}{n}$$

$$1 \xrightarrow[①]{t_{1/2}} \frac{1}{2} \xrightarrow[②]{t_{1/2}} \frac{1}{4} \xrightarrow[③]{t_{1/2}} \frac{1}{8}$$

$$\Rightarrow n = 3$$

$$t = t_{1/2} \times n$$

$$t = 3 \times 3 = 9 \text{ years}$$

تطبيق (2): تطبيق 8 صفحة 20 كتاب

يبلغ عدد النّوى في عنصر مشع 16×10^5 نواة، وبعد زمن 150 s يصبح عدد النوى 2×10^5 نواة. المطلوب: احسب عمر النّصف.

الحل:

$$t_{1/2} = \frac{t}{n}$$

$$16\times10^5 \xrightarrow[①]{t_{1/2}} 8\times10^5 \xrightarrow[②]{t_{1/2}} 4\times10^5 \xrightarrow[③]{t_{1/2}} 2\times10^5$$

$$\Rightarrow n = 3$$

$$t_{1/2} = \frac{150}{3} = 50 \text{ s}$$

تطبيق (3): كميّة من عنصر مشعّ مقدارها $12\ g$ وبعد مرور زمن قدره $50\ days$ وُجِدَ أنّ الكميّة المتبقيّة منه $0.75\ g$

المطلوب: احسب عمر النّصف لهذا العنصر المشعّ.

الحل:

$$t_{1/2} = \frac{t}{n}$$

$$12 \xrightarrow[①]{t_{1/2}} 6 \xrightarrow[②]{t_{1/2}} 3 \xrightarrow[③]{t_{1/2}} 1.5 \xrightarrow[④]{t_{1/2}} 0.75$$

$$\Rightarrow n = 4$$

$$t_{1/2} = \frac{50}{4} = 12.5\ days$$

تطبيق (4): المسألة الأولى صفحة 20 كتاب

تتحوّل نواة اليود المشعّ $^{131}_{53}I$ إلى نواة الكزينون $^{\square}_{\square}Xe$ مطلقةً جُسيم بيتا. المطلوب:

1. اكتب المعادلة النوويّة المعبّرة عن التحوّل الحاصل.
2. إذا علمت أنّ عمر النّصف لليود المشعّ المستخدم $8\ days$.

المطلوب: احسب النّسبة المتبقيّة منه بعد مرور زمن $24\ days$

الحل:

1.

$$^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{-1}e + Energy$$

2.

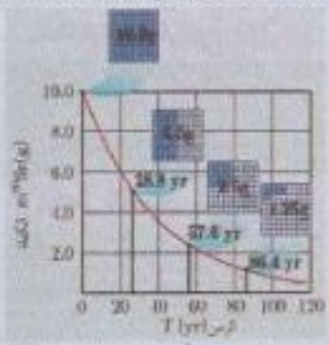
$$t_{1/2} = \frac{t}{n} \Rightarrow n = \frac{t}{t_{1/2}} = \frac{24}{8}$$

$$\Rightarrow n = 3$$

$$1 \xrightarrow[①]{t_{1/2}} \frac{1}{2} \xrightarrow[②]{t_{1/2}} \frac{1}{4} \xrightarrow[③]{t_{1/2}} \frac{1}{8}$$

أي أنّ النّسبة المتبقيّة من اليود المُشعّ تساوي $\frac{1}{8}$ ممّا كانت عليه

تطبيق (5): يبيّن المخطّط الآتي تحوّل $10\ g$ من نظير السترانسيوم ^{90}Sr بدلالة الزّمن، وفق نشاط إشعاعيّ.



المطلوب: استنتج قيمة عمر النّصف للمادّة المشعّة.

الحل:

نستنتج من الخط البيانيّ أنّ: $t_{1/2} = 28.8\ years$

أ. أسامة الحصري

تاسعا: خاصيات جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما

	جُسيمات ألفا α	جسيمات بيتا β	أشعة غاما γ
الطبيعة	تطابق نوى الهليوم ^4_2He	الكترونات عالية السّرعة $^0_{-1}e$	أمواج كهرطيسيّة طاقتها عالية جداً.
الكتلة	كتلتها تساوي أربعة أضعاف كتلة الهدروجين العادي.	كتلتها تساوي كتلة الالكترون.	ليس لها كتلة سكونيّة.
الشحنة	تحمل شحنتين موجبتين.	تحمل شحنة سالبة.	لا تحمل شحنة كهربائية.
تأيين الغازات	تأيّن الغازات التي تمر خلالها.	أقل قدرة على تأيين الغازات من جسيمات ألفا.	أقل قدرة على تأيين الغازات من جسيمات بيتا.
السرعة	$(0.05\ c)$ حيث: c سرعة الضّوء.	$(0.9\ c)$ قريبة من سرعة الضّوء.	تساوي سرعة الضّوء $(C=3\times10^{+8}\ m.s^{-1})$
النفوذية	نفوذيّتها ضعيفة.	نفوذيّتها أكبر من نفوذيّة جُسيمات ألفا.	نفوذيّتها أكبر من نفوذيّة جُسيمات بيتا.
التأثر بالحقل الكهربائي	تنحرف نحو اللّبوس السّالب لمكثّفة مشحونة (علّل): لأنّها تحمل شحنتين موجبتين.	تنحرف نحو اللّبوس الموجب لمكثّفة مشحونة (علّل): لأنّها تحمل شحنة سالبة.	لا تتأثر (علّل): لأنّها لا تحمل شحنة كهربائيّة.
التأثر بالحقل المغناطيسي	تنحرف بتأثير القوّة المغناطيسيّة	تنحرف بتأثير القوّة المغناطيسيّة بجهة معاكسة لجهة انحراف جُسيمات ألفا.	لا تتأثر.

سؤال: قارن بين جُسيم بيتا والبوزيترون من حيث: a) موقع النّواة التي تُطلق كل منها بالنّسبة لحزام الاستقرار.
b) التأثر بالحقل الكهربائي.

	جُسيم بيتا	بوزيترون
a)	فوق حزام الاستقرار.	تحت حزام الاستقرار.
b)	ينحرف نحو اللّبوس الموجب لمكثّفة مشحونة.	ينحرف نحو اللّبوس السّالب لمكثّفة مشحونة.

تطبيق عن طاقة الارتباط: تطبيق 6 صفحة 13 كتاب

إذا علمت أنّ: كتلة نواة الهليوم $m_2 = 6.4024\times10^{-27}\ kg$

كتلة البروتون $m_p = 1.6726\times10^{-27}\ kg$

كتلة النّيوترون $m_n = 1.6749\times10^{-27}\ kg$

المطلوب حساب:

1. كتلة مكوّنات النّواة.
2. مقدار النقص في كتلة النواة.
3. الطّاقة المنتشرة (المتحرّرة) أثناء تشكّل نواة الهليوم ^4_2He
علماً أنّ: سرعة انتشار الضّوء في الخلاء $C=3\times10^{+8}\ m.s^{-1}$.
4. طاقة الارتباط لنواة الهليوم.

الحل:

1. $m_1 = 2\times m_p + 2\times m_n$
$m_1 = 2\times1.6726\times10^{-27} + 2\times1.6749\times10^{-27}$
$m_1 = 2\times10^{-27}\times(1.6726+1.6749)$
$m_1 = 2\times10^{-27}\times3.3475$
$\Rightarrow m_1 = 6.695\times10^{-27}\ kg$

2. $\Delta m = m_2 - m_1$
$\Delta m = 6.4024\times10^{-27} - 6.695\times10^{-27}$
$\Rightarrow \Delta m = -0.2926\times10^{-27}\ kg$

3. $\Delta E = \Delta m\times C^2$
$\Delta E = -0.2926\times10^{-27}\times(3\times10^{+8})^2$
$\Rightarrow \Delta E = -2.6334\times10^{-11}\ J$

4. طاقة الارتباط تساوي بالقيمة الطّاقة المنتشرة وتعاكسها بالإشارة:
طاقة الإرتباط $= +2.6334\times10^{-11}\ J$

ملاحظة
تحتوي نواة الهليوم ^4_2He على:
2 بروتون.
2 نيوترون.

ورقة عمل في الكيمياء النووية

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. إذا علمت أنّ الشّمس تشعّ طاقة مقدارها 38×10^{27} J في كل ثانية، وسرعة انتشار الضّوء في الخلاء $C=3\times10^{8}\ m.s^{-1}$، فإنّ مقدار النّقص في كتلة الشّمس خلال 3 min يساوي:

دورة 2018 الثانية

a	-76×10^{12} kg	b	-38×10^{13} kg
c	-12.66×10^{11} kg	d	-228×10^{30} kg

2. تنقص كتلة نواة الأكسجين $^{16}_{8}O$ عن مكوّناتها وهي حرّة بمقدار -0.23×10^{-27} kg، فإذا علمت أنّ سرعة انتشار الضّوء في الخلاء $C=3\times10^{8}\ m.s^{-1}$، فإنّ طاقة الارتباط لهذه النواة تساوي:

a	-2.07×10^{-11} J	b	$+2.07\times10^{-11}$ J
c	-0.69×10^{-19} J	d	$+0.69\times10^{-19}$ J

3. نواة عنصر غير مستقرة تقع فوق حزام الاستقرار، للعودة إلى حزام الاستقرار، فإنّها تُطلق جُسيم:

a	$^{0}_{-1}e$	b	$^{0}_{+1}e$
c	$^{1}_{0}n$	d	$^{1}_{1}H$

4. تتحوّل نواة الكربون $^{14}_{6}C$ إلى نواة النّتروجين $^{14}_{7}N$ عندما تُطلق:

a	نيوترون.	b	بوزيترون.
c	جُسيم بيتا.	d	جُسيم ألفا.

5. تتحوّل النّواة $^{A}_{Z}X$ إلى النّواة $^{A}_{Z-1}Y$ تلقائياً عندما:

a	تلتقط بروتون.	b	تُطلق بوزيترون.
c	تُطلق جُسيم ألفا.	d	تُطلق جُسيم بيتا.

6. تأسر نواة عنصر مشعّ $^{A}_{Z}X$ الكترون فتتحوّل إلى نواة:

a	$^{A}_{Z-1}Y$	b	$^{A}_{-1}Y$
c	$^{A}_{Z-1}Y$	d	$^{A-1}_{Z}Y$

7. يطرأ تحوّل من النّوع ألفا على نواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ فتتحوّل إلى نواة:

a	$^{222}_{88}Ra$	b	$^{234}_{91}Pa$
c	$^{228}_{89}Ac$	d	$^{234}_{90}Th$

8. قدرة جُسيمات بيتا على تأيّن الغازات التي تمر من خلالها:

دورة 2015 الأولى

a	أكبر من قدرة جُسيمات ألفا.	b	أقل من قدرة جُسيمات ألفا.
c	تساوي قدرة أشعّة غاما.	d	أقل من قدرة أشعة غاما.

9. قدرة جُسيمات ألفا على النّفوذيّة: دورة 2017 الأولى

a	أقل من نفوذيّة جُسيمات بيتا.	b	أكبر من نفوذيّة جُسيمات بيتا.
c	تساوي نفوذيّة أشعّة غاما.	d	أكبر من نفوذيّة أشعّة غاما.

10. من خاصيّات أشعة غاما: دورة 2021 الثانية

a	تتأثر بالحقل الكهربائي.	b	تتأثر بالحقل المغناطيسي.
c	تنتشر بسرعة الضّوء.	d	نفوذيّتها أقل من جُسيمات بيتا.

11. تتفكّك نواة الثوريوم $^{228}_{90}Th$ بإطلاقها لجُسيمات ألفا متحوّلة إلى نواة البولونيوم $^{216}_{84}Po$ فإنّ عدد جُسيمات ألفا المنطلقة خلال هذا التحوّل يساوي:

a	2	b	3
c	4	d	5

12. يتحوّل النّحاس ^{63}Cu وهو نظير غير مشعّ عند قذفه بنيوترون إلى نظير مشعّ ^{64}Cu في تفاعل نوويّ من نوع: دورة 2014 الثانية

a	انشطار.	b	اندماج.
c	التقاط.	d	تطاير.

13. يتوقّف عمر النّصف للعنصر المشعّ على: دورة 2020 الأولى

a	كتلة العنصر المشعّ.	b	الرّوابط الكيميائيّة للعنصر المشعّ.
c	درجة حرارة العنصر المشعّ.	d	نوع العنصر المشعّ.

14. إذا كان عمر النّصف لعنصر مشعّ 6 min، فإنّ نسبة ما يتبقى في عيّنة منه بعد 30 min: دورة 2015 الثانية

a	$\frac{1}{64}$	b	$\frac{1}{8}$
c	$\frac{1}{16}$	d	$\frac{1}{32}$

15. يبلغ عدد النّوى في عيّنة لمادّة مشعّة 8×10^{30}، وبعد زمن قدره 120 s أصبح عدد النّوى 10^{29} فيكون عمر النصف لهذه المادّة:

a	20 s	b	30 s
c	40 s	d	60 s

16. يبلغ عمر النّصف لمادّة مشعّة $t_{1/2}=24$ days وكتلتها 1 kg، تكون نسبة ما تبقّى منها بعد 72 days مساوية:

a	$\frac{1}{8}$	b	$\frac{4}{8}$
c	$\frac{5}{8}$	d	$\frac{7}{8}$

❼ تحدث في الشمس تفاعلات نووية من نوع:

a	انشطار.	b	اندماج.
c	التفاط.	d	تطاير.

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

❶ يُعدّ النيوترون أفضل قذيفة نووية.

❷ كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرّة.

❸ إطلاق النواة للبوزيترون.

❹ إطلاق النواة للالكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا.

❺ لا تتأثر أشعة غاما بالحقل الكهربائي.

❻ تأثر كل من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا بالحقل الكهربائي.

❼ يرافق تفاعلات الاندماج النووي انطلاق طاقة هائلة.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

❶ أكمل كلّ من التحولات النووية الآتية، ثمّ حدّد نوع كلّ منها:

$$^{212}_{83}Bi \longrightarrow {}^{212}_{84}Po + ... + ...$$

$$^{220}_{86}Rn \longrightarrow {}^{216}_{84}Po + ... + ...$$

$$^{42}_{19}K + ... \longrightarrow {}^{40}_{18}Ar + ...$$

$$^{\square}_{92}U \longrightarrow {}^{231}_{\square}Th + {}^{4}_{\square}He + ...$$

❷ تتحوّل نواة الروبيديوم $^{91}_{37}Rb$ إلى نواة الكريبتون Kr عندما تأسر أحد الكترونات السّحابة الالكترونيّة المحيطة بها. المطلوب:
اكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن هذا التحوّل، ثمّ حدّد نوعه.

❸ أكمل كلّ من التّفاعلات النّوويّة الآتية، ثمّ حدّد نوع كل منها:

$$^{23}_{\square}Na + {}^{1}_{\square}H \longrightarrow {}^{\square}_{12}Mg + {}^{\square}_{\square}n + ...$$

$$^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{\square}_{52}Te + {}^{97}_{\square}Zr + 2{}^{\square}_{\square}n + ...$$

❹ تُطلق بعض نوى العناصر المشعّة جُسيمات ألفا α.
المطلوب: دورة 2013 الثانية

a) اكتب رمز جُسيم ألفا بالطّريقة $^{A}_{Z}X$.

b) اكتب ثلاثاً من خواص جُسيم ألفا.

❺ من التّفاعلات التي تجري في الشّمس دمج نواتين من الهيدروجين العادي (بروتونين) لتوليد نواة ديتريوم وبوزيترون. المطلوب:
اكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن هذا التّفاعل.

❻ عند قذف نواة الزئبق $^{200}_{80}Hg$ ببروتون ينتج نواة الذّهب Au وينطلق جُسيم ألفا. المطلوب:
اكتب المعادلة النّوويّة المعبّرة عن هذا التّفاعل، ثمّ حدّد نوعه.

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: إذا علمت أنّ عمر النّصف لعنصر مشعّ 24 days.
المطلوب:
احسب الزّمن اللاّزم كي يصبح النّشاط الإشعاعي لعينة منه ربع ما كان عليه.

المسألة الثانية: عيّنة لعنصر مشعّ، إذا علمت أنّ الزّمن اللاّزم ليصبح النّشاط الإشعاعيّ في تلك العيّنة $\frac{1}{16}$ ما كان عليه يساوي 480 years. المطلوب: احسب عمر النصف لهذا العنصر المشعّ.

المسألة الثالثة: يتحوّل نظير الثوريوم المشعّ $^{232}_{90}Th$ إلى نظير الرّصاص غير المشعّ $^{208}_{82}Pb$. المطلوب:

❶ احسب عدد التحوّلات من النّوع ألفا x، وعدد التحوّلات من النّوع بيتا y.

❷ اكتب المعادلة النّوويّة الكليّة.

انتهت ورقة العمل

أ. أسامة الحصري

الوحدة الثانية: الغازات

أولاً: متحولات وقوانين الغاز

المتحولات التي تصف غاز:	واحداتها والتحويل بينها:
الضغط P	kPa $\xrightarrow{\times 10^{3}}$ Pa $\xrightarrow{\times 9.87\times10^{-6}}$ atm
الحجم V	mL $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ L $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ m^3
درجة الحرارة T	°C (درجة مئوية) $\xrightarrow{+273}$ K (كلفن)
عدد المولات n	mol

ملاحظة في جميع قوانين الغاز تكون درجة الحرارة مقدّرة بالكلفن (K) حصراً.

تطبيقات على قوانين (بويل + شارل + غاي-لوساك):

حل التطبيقات الآتية:

1 عيّنة من غاز NO_2 حجمها 1.5 L عند الضغط 5.6×10^{-3} Pa، المطلوب: **احسب حجم هذه العيّنة من الغاز عندما يصبح ضغطها 1.5×10^{-4} Pa بثبات درجة الحرارة.**

المعطيات:

$V_1 = 1.5$ L	$P_1 = 5.6\times10^{-3}$ Pa
$V_2 = ?$	$P_2 = 1.5\times10^{-4}$ Pa

الحل: حسب قانون بويل:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{5.6\times10^{-3}\times1.5}{1.5\times10^{-4}} = 0.56 \text{ L}$$

---

2 يحوي مكبس غاز حجمه 1 L عند الضغط النظامي. المطلوب: **احسب قيمة الضغط المطبّق ليصبح حجمه 300 mL مع بقاء درجة الحرارة ثابتة 175 °C.**

المعطيات:

$V_1 = 1$ L	$P_1 = 1$ atm
$V_2 = 300$ mL $= 0.3$ L	$P_2 = ?$

الحل: حسب قانون بويل:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{1\times1}{0.3} = 3.33 \text{ atm}$$

---

3 يبلغ حجم عيّنة من غاز 3 L عند الدرجة 27 °C، تُسخّن هذه العيّنة حتى الدرجة 177 °C مع بقاء الضغط ثابتاً. المطلوب: **احسب حجم هذه العيّنة من الغاز.**

المعطيات:

$V_1 = 3$ L	$T_1 = 27+273 = 300$ K
$V_2 = ?$	$T_2 = 177+273 = 450$ K

الحل: حسب قانون شارل:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1T_2}{T_1} = \frac{3\times450}{300} = 4.5 \text{ L}$$

---

4 علبة معدنية تحوي غاز البوتان، ضغطه 360 kPa عند درجة الحرارة 27 °C. المطلوب: **احسب الضغط الجديد للغاز في العلبة إذا تُركت في سيارة وارتفعت درجة حرارتها إلى 47 °C في يوم حار** (يُهمل تمدّد العلبة).

المعطيات:

$P_1 = 360$ kPa	$T_1 = 27+273 = 300$ K
$P_2 = ?$	$T_2 = 47+273 = 320$ K

الحل: حسب قانون غاي - لوساك:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1T_2}{T_1} = \frac{360\times320}{300} = 384 \text{ kPa}$$

العلاقة بين حجم الغاز V وعدد مولاته n (قانون أفوغادرو):

أجريت التجربة الآتية لإيجاد العلاقة بين حجم الغاز V وعدد مولاته n عند ثبات الضغط P ودرجة الحرارة T:

الحجم V (L)	عدد المولات n (mol)	$\frac{V}{n}$ ($L.mol^{-1}$)
49.2	2	24.6
73.8	3	24.6

نستنتج:

1 يتناسب حجم عيّنة من غاز V طرداً مع عدد مولاته n بثبات الضغط P ودرجة الحرارة T.

2 نسبة حجم عيّنة من غاز V إلى عدد مولاته n تساوي مقدار ثابت const. عند ثبات الضغط P ودرجة الحرارة T:

أي أن: $\frac{V}{n} = \text{const.} = V_{mol}$

$$\boxed{\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \ldots = \frac{V}{n} = \text{const.} = V_{mol}}$$

حالة خاصة: في حال الشّرطين النّظاميين:

$$\left.\begin{array}{l} P = 1\ \text{atm} \\ T = 0\,^{\circ}\text{C} = 273\ \text{K} \end{array}\right\} \Rightarrow V_{mol} = 22.4\ \text{L.mol}^{-1}$$

ومنه يُصبح قانون أفوغادرو:

$$\frac{V}{n} = V_{mol} \Rightarrow \frac{V}{n} = 22.4$$

$$\Rightarrow V = 22.4 \times n$$

يُستعمل هذا القانون لحساب حجم غاز في الشّرطين النّظاميين.

قانون الغازات العام (معادلة الغاز المثالي):

يربط متحوّلات الغاز جميعها.

$$PV = nRT$$

ومن أجل عيّنة غازيّة ($n = const.$):

$$\Rightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \ldots = \frac{PV}{T} = const.$$

ملاحظات لحل المسائل:

① **لحساب عدد مولات غاز n** اعتمد من العلاقات الآتية:

- $\frac{m}{M}$
- $\frac{\text{عدد جزيئات الغاز}}{\text{عدد أفوغادرو}}$
- $\frac{PV}{RT}$
- $\frac{V}{V_{mol}}$
- طريقة الحساب الكيميائي

تذكرة: طريقة الحساب الكيميائي:

السطر الأول:	الأمثال التفاعليّة (mol)
	الكتلة المولية (g.mol^{-1})
	حجم 1 mol من أيّ غاز في الشرطين النظاميين (22.4 L)
السطر الثاني:	معطيات المسألة.
	مجاهيل المسألة.

② **لحساب كتلة غاز m:**

نحسب أولاً عدد مولاته n ثمّ نطبّق العلاقة الآتية لحساب الكتلة:

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

③ **ثابت الغازات العام R:**

عندما يُعطى بالقيمة: $R = 0.082\ \text{atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

هذا يعني أنّ الحجم في نص المسألة يجب أن يُحوّل إلى L والضّغط في نص المسألة يُحوّل إلى واحدة atm.

أما عندما يُعطى بالقيمة: $R = 8.314\ \text{Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

هذا يعني أنّ الحجم في نص المسألة يجب أن يُحوّل إلى m^3، والضّغط في نص المسألة يُحوّل إلى Pa.

تطبيق: تطبيق 6 صفحة 32 كتاب

عيّنة من غاز النتروجين N_2 عدد جزيئاتها 3.011×10^{23} في دوجلة حجمها 3 L عند الدرجة $27\,^{\circ}\text{C}$. المطلوب:

احسب ضغط هذا الغاز.

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

المعطيات:

$V = 3\ \text{L} = 3\times10^{-3}\ \text{m}^3$ ، عدد جزيئات الغاز $= 3.011\times10^{23}$

$T = 27 + 273 = 300\ \text{K}$ ، $P = ?$

الحل:

$$PV = nRT$$

نحسب أولاً عدد مولات غاز النتروجين في العيّنة:

$$n = \frac{\text{عدد جزيئات الغاز}}{\text{عدد أفوغادرو}}$$

$$n = \frac{3.011\times10^{23}}{6.022\times10^{23}}$$

$$\Rightarrow n = 0.5\ \text{mol}$$

حساب ضغط غاز النتروجين في العيّنة:

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

$$P = \frac{0.5\times8.314\times300}{3\times10^{-3}}$$

$$\Rightarrow P = 415.7\times10^{3}\ \text{Pa}$$

اختر الإجابة الصحيحة:

يزداد ضغط غاز موجود في وعاء مغلق عند:

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

توضيح الإجابة:

$$PV = nRT$$

أيّ كلّما ازداد عدد الجزيئات يزداد الضّغط.

(بثبات الحجم وثبات درجة الحرارة).

المسألة الأولى: دورة 2020 لمتحان تصفي موحّد

عيّنة من غاز الأكسجين O_2 حجمها 24.6 L عند الضّغط 1 atm ودرجة الحرارة 27 °C. المطلوب:

1. احسب عدد مولات هذا الغاز في العيّنة.
2. إذا تحوّل غاز الأكسجين O_2 إلى غاز الأوزون O_3 عند الضّغط ودرجة الحرارة ذاتها. المطلوب حساب:
   a) عدد مولات غاز الأوزون النّاتج.
   b) حجم غاز الأوزون النّاتج. $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

المعطيات:

$V_{(O_2)} = 24.6\ L \ ، \ P = 1\ atm \ ، \ T = 27 + 273 = 300\ K$

الحل:

1. حساب $n_{(O_2)}$:

$$n_{(O_2)} = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 24.6}{0.082 \times 300}$$

$$n_{(O_2)} = \frac{1 \times 246 \times 10^{-1}}{82 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-2}}$$

$$\Rightarrow n_{(O_2)} = 1\ mol$$

2) a) حساب $n_{(O_3)}$:

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

3 mol	2 mol
1 mol	n mol

$$\Rightarrow n_{(O_3)} = \frac{1 \times 2}{3}$$

$$\Rightarrow n_{(O_3)} = \frac{2}{3}\ mol$$

b) حساب $V_{(O_2)}$:

طريقة أولى:
حسب قانون أفوغادرو:

$$\frac{\frac{O_2}{V_1}}{n_1} = \frac{\frac{O_2}{V_2}}{n_2}$$

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

$$V_2 = \frac{24.6 \times \frac{2}{3}}{1}$$

$$\Rightarrow V_2 = 16.4\ L$$

طريقة ثانية:
حسب قانون الغازات العام:

$$PV = n.RT$$

$$\Rightarrow V_{(O_3)} = \frac{n_{(O_3)}.RT}{P}$$

$$V_{(O_3)} = \frac{\frac{2}{3} \times 0.082 \times 300}{1}$$

$$\Rightarrow V_{(O_3)} = 16.4\ L$$

المسألة الثانية: توضع عيّنة من غاز الأكسجين في حاوية معدنيّة حجمها 9 L عند الضغط 16.4 atm والدّرجة 27 °C. المطلوب:

1. احسب كتلة غاز الأكسجين داخل الحاوية.
2. احسب الحجم الذي سيشغله هذا الغاز في الشّرطين النّظاميّين.
3. احسب درجة الحرارة التي تجعل الضّغط في الحاوية مساوياً 4.1 atm مع ثبات الحجم.
4. احسب ضغط الغاز إذا نُقِل إلى حاويةٍ حجمها 27 L عند ثبات درجة الحرارة 27 °C.

$O:16 \ ، \ R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

المعطيات:

$V = 9\ L \ ، \ P = 16.4\ atm \ ، \ T = 27 + 273 = 300\ K$

الحل:

1. $m_{(O_2)} = ?$ ، نحسب أولاً $n_{(O_2)}$:

$$n_{(O_2)} = \frac{PV}{RT} = \frac{16.4 \times 9}{0.082 \times 300}$$

$$\Rightarrow n_{(O_2)} = 6\ mol$$

حساب $m_{(O_2)}$:

$$n = \frac{m}{M_{(O_2)}} \Rightarrow m = n.M_{(O_2)} = 6 \times 32$$

$$\Rightarrow m = 192\ g$$

حيث: $M_{(O_2)} = 16(2) = 32\ g.mol^{-1}$

2. حساب حجم غاز الأكسجين في الشرطين النظاميّين:

$$V = V_{mol}.n$$

$$V = 22.4 \times 6$$

$$\Rightarrow V = 134.4\ L$$

3. $(P_2 = 4.1\ atm \ ، \ T_2 = ?)$

حسب قانون غاي - لوساك:

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

$$\Rightarrow T_2 = \frac{P_2 T_1}{P_1} = \frac{4.1 \times 300}{16.4}$$

$$\Rightarrow T_2 = 75\ K$$

4. $(P_2 = ? \ ، \ V_2 = 27\ L)$

حسب قانون بويل:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = \frac{16.4 \times 9}{27}$$

$$\Rightarrow P_2 = 5.46\ atm$$

أسامة الحصري

المسألة الثالثة: المسألة الرابعة صفحة 42 كتاب

يتأكسد سكر العنب وفق التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:

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

1. حجم غاز CO_2 المنطلق نتيجة أكسدة 2.7 g من سكر العنب في جسم الإنسان، عند درجة الحرارة 37 °C والضغط 0.9 atm
2. كتلة غاز CO_2 المنطلق في الشروط السابقة.

C:12 , H:1 , O:16 ، $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

المعطيات:

$m_{(C_6H_{12}O_6)} = 2.7g$ ، $T = 37 + 273 = 310\ K$ ، $P = 0.9\ atm$

1. حساب $V_{(CO_2)} = ?$:

الحل:

$$P\ V_{(CO_2)} = n_{(CO_2)}.R.T$$

نحسب أولاً $n_{(CO_2)}$:

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

180 g — 6 mol

2.7 g — n mol

$$\Rightarrow n_{(CO_2)} = \frac{2.7\times 6}{180}$$

$$\boxed{\Rightarrow n_{(CO_2)} = 0.09\ mol}$$

$$\Rightarrow V_{(CO_2)} = \frac{n_{(CO_2)}.R.T}{P} = \frac{0.09\times 0.082\times 310}{0.9}$$

$$\boxed{\Rightarrow V_{(CO_2)} = 2.542\ L}$$

2. حساب $m_{(CO_2)} = ?$:

$$n_{(CO_2)} = \frac{m}{M_{(CO_2)}} \Rightarrow m = n.M_{(CO_2)}$$

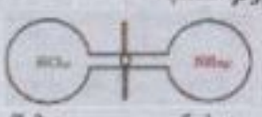
$$m = 0.09\times 44$$

$$\boxed{\Rightarrow m_{(CO_2)} = 3.96\ L}$$

حيث: $M_{(CO_2)} = 12 + 16(2) = 44\ g.mol^{-1}$

المسألة الرابعة: المسألة الثانية صفحة 41 كتاب

يبين الشكل المجاور حوجلتين متماثلتين متصلتان ببعضهما بصمام، تحوي الحوجلة الأولى 5.1 g من غاز النشادر NH_3، بينما تحوي الحوجلة الثانية 7.3 g من غاز كلور الهدروجين HCl، فإذا علمت أن حجم كل حوجلة 1.23 L، ودرجة حرارتهما 27 °C. عند فتح الصمام يتفاعل غاز النشادر مع غاز كلور الهدروجين، وينتج ملح كلوريد الأمونيوم الصلب.



7.3 g — 5.1 g

1.23 L — 1.23 L

$T = 27 + 273 = 300\ K$

المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل.
2. بيّن حسابياً ما هو الغاز المتبقي بعد نهاية التفاعل.
3. احسب الضغط عند نهاية التفاعل.

(باهمال حجم كلوريد الأمونيوم الصلب المتشكل).

4. احسب كتلة ملح كلوريد الأمونيوم الناتج.

H:1 , N:14 , Cl:35.5 ، $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

الحل:

1. $NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$
2. نحسب عدد مولات كل من غازي HCl و NH_3:

$$n = \frac{m}{M} \begin{cases} n_{(HCl)} = \frac{7.3}{36.5} = 0.2\ mol \\ n_{(NH_3)} = \frac{5.1}{17} = 0.3\ mol \end{cases}$$

بما أن: $n_{(NH_3)} > n_{(HCl)}$ ونسبة التفاعل (1:1) ⇐ الغاز المتبقي بعد نهاية التفاعل هو غاز النشادر NH_3.

الكمية المتبقية من غاز النشادر بعد نهاية التفاعل هي:

n_{NH_3} المتبقية $= 0.3 - 0.2 = 0.1\ mol$

3. حساب الضغط عند نهاية التفاعل (للغاز المتبقي):

$$P_{(NH_3)}V = n_{(NH_3)}.RT$$

$$\Rightarrow P_{(NH_3)} = \frac{n_{(NH_3)}.RT}{V}$$

$$P_{(NH_3)} = \frac{0.1\times 0.082\times 300}{2.46}$$

$$\boxed{\Rightarrow P = 1\ atm}$$

4. حساب كتلة ملح كلوريد الأمونيوم الناتج:

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

1 mol — 53.5 g

0.2 mol — x g

$$x = \frac{0.2\times 53.5}{1} \quad \boxed{\Rightarrow x = 10.7\ g}$$

ملاحظات حل مسألة الحوجلتين:

1. لمعرفة الغاز المتبقي بعد نهاية التفاعل:

نحسب عدد مولات كل غاز، والغاز الذي عدد مولاته أكبر هو المتبقي بعد نهاية التفاعل، بشرط أن تكون نسبة التفاعل (1:1).

2. عند فتح الصمام:

يصبح حجم كل غاز مساوياً مجموع حجم الحوجلتين.

3. لحساب الضغط عند نهاية التفاعل:

المقصود حساب الضغط للغاز المتبقي عند نهاية التفاعل.

سؤال (3): يمثل الشكل الآتي عينات غازية:

	①	②	③
$n_t =$	7 mol	4 mol	6 mol
$n_{He} =$	5 mol	3 mol	1 mol

إذا علمت أنّ هذه العينات موجودة عند درجة الحرارة ذاتها. المطلوب:

رتب هذه العيّنات حسب:

❶ تزايد الضّغط الكلي. ❷ تزايد الضّغط الجزئي للهليوم.

الجواب:

❶ (1) ⟵ (3) ⟵ (2) تزايد الضّغط الكلي.

❷ (1) ⟵ (2) ⟵ (3) تزايد الضّغط الجزئي للهليوم He.

رابعا: علاقة الضغوط الجزئية بالكسور المولية

سؤال:

استنتج عبارة الضغط الجزئي بدلالة الكسر المولي لغاز ضمن مزيج غازي.

الجواب:

طريقة أولى:

الضّغط الجزئي لغاز:

$$P_i = n_i \cdot \frac{RT}{V}$$

الضّغط الكلي لمزيج غازي:

$$P_t = n_t \cdot \frac{RT}{V}$$

نسب الضّغط الجزئي إلى الضّغط الكلي:

$$\frac{P_i}{P_t} = \frac{n_i \cdot \frac{RT}{V}}{n_t \cdot \frac{RT}{V}} \Rightarrow \frac{P_i}{P_t} = \frac{n_i}{n_t}$$

تُدعى النّسبة: $X_i = \frac{n_i}{n_t}$ بالكسر المولي لغاز.

$$\Rightarrow \frac{P_i}{P_t} = X_i$$

$$\boxed{P_i = X_i \cdot P_t}$$

طريقة ثانية:

نُعطي الكسر المولي لغاز بالعلاقة:

$$X_i = \frac{n_i}{n_t}$$

$$X_i = \frac{\frac{P_i V}{RT}}{\frac{P_t V}{RT}}$$

$$\Rightarrow X_i = \frac{P_i}{P_t}$$

$$\boxed{P_i = X_i \cdot P_t}$$

ملاحظات

- الكسر المولي ليس له واحدة.
- مجموع الكسور المولية لمكوّنات المزيج الغازي = 1.

ملاحظات لحل المسائل

- لحساب كسر مولي لغاز:
  - X_i ❶ $\frac{n_i}{n_t}$
  - X_i ❷ $\frac{P_i}{P_t}$
- لحساب ضغط جزئي لغاز ضمن مزيج غازي:
  - P_i ❶ $\frac{n_i RT}{V}$
  - P_i ❷ $X_i \cdot P_t$

عندما تُعطى نسبة مئوية لغاز في مزيج غازي فإنّ هذه النّسبة تعبّر عن الكسر المولي X_i لهذا الغاز.

تطبيق: عينة من غاز كثافته $10\ g.L^{-1}$ عند الضّغط 8.2 atm ودرجة الحرارة $47\ ^\circ C$. المطلوب حساب:

❶ الكتلة المولية لهذا الغاز. $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

❷ الضّغط الجزئي لهذا الغاز عند مستوى سطح البحر حيث نسبته 21 % من مجمل الغازات المكوّنة للهواء.

علماً أنّ: الضّغط الجوي عند سطح البحر $P_t = 1\ atm$.

المعطيات:

$d = 10\ g.L^{-1}$ ، $P = 8.2\ atm$ ، $T = 47 + 273 = 320\ K$

الحل:

❶ $M = ?$

$$d = \frac{P.M}{RT}$$

$$\Rightarrow 10 = \frac{8.2 \times M}{0.082 \times 320}$$

$$\boxed{\Rightarrow M = 32\ g.mol^{-1}}$$

❷ $P_t = 1\ atm$ ، $P_i = ?$

$$P_i = X_i . P_t = \frac{21}{100} \times 1$$

$$P_i = \frac{21}{100} \times 1$$

$$\boxed{\Rightarrow P_i = 0.21\ atm}$$

المسألة الخامسة: مشابهة للمسألة الثالثة صفحة #2 كتاب

مزيجٌ غازيّ في وعاء حجمه 32.8 L يحوي 3.2 g من غاز الميتان CH_4 و 12 g من غاز الإيتان، وكمية من غاز البروبان C_3H_8، فإذا علمت أنّ الضّغط الكلي للمزيج 0.7 atm عند الدّرجة $127\ ^\circ C$ المطلوب حساب:

❶ عدد مولات غاز البروبان في المزيج.

❷ الكسر المولي لغاز البروبان في المزيج.

❸ الضّغط الجزئي لغاز الميتان في المزيج.

$C:12$ ، $H:1$ ، $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

مسودة:

$$P_t = P_{(CH_4)} + P_{(C_2H_6)} + P_{(C_3H_8)}$$

⇒ دالتون ⇒ مزيج غازي

$$P_t = \frac{n_t RT}{V}$$

حيث: $n_t = n_{(CH_4)} + n_{(C_2H_6)} + n_{(C_3H_8)}$

المعطيات:

$m_{(CH_4)} = 3.2\ g$ ، $m_{(C_2H_6)} = 12\ g$ ، $m_{(C_3H_8)} = ?$ ، $V = 32.8\ L$

$P_t = 0.7\ atm$ ، $T = 127 + 273 = 400\ K$

ثانياً كثافة الغاز الكتلة الحجمية للغاز:

سؤال:

عينة من غاز كتلته المولية M ، ضغطه P ، ودرجة حرارته T. المطلوب:

a) الطلاقاً من قانون الغازات العام استنتج قانون كثافة الغاز (القانون الذي يعمل بموجبه المنطاد).

b) فسّر ارتفاع المنطاد عن سطح الأرض عند تسخين الهواء داخله.

c) احسب كثافة عينة من غاز CO_2 عند الضّغط $1.64\ atm$ والدرجة $127^\circ C$.

علماً أنّ: $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$ ، $C:12\ ,\ O:16$

الجواب:

a)

$$PV = nRT$$

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

لكن: $n = \frac{m}{M}$

ومنه: $\frac{P}{RT} = \frac{m}{MV}$

تُعطى كثافة الغاز بالعلاقة:

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

وبالتالي: $\frac{P}{RT} = \frac{d}{M}$

$$\boxed{d = \frac{P.M}{RT}}$$

b) لأنّه بتسخين الهواء داخل المنطاد تنقص كثافته لتصبح أقل من كثافة الهواء المحيط به ممّا يؤدي إلى ارتفاعه.

c)

$$d = \frac{P.M}{RT}$$

$$d = \frac{1.64 \times 44}{0.082 \times 400}$$

$$\boxed{\Rightarrow d = 2.2\ g.L^{-1}}$$

حيث: $M_{(CO_2)} = 12 + 16(2) = 44\ g.mol^{-1}$

نستنتج: تتناسب كثافة الغاز:

- طرداً مع ضغطه P وكتلته المولية M.
- عكساً مع درجة حرارته T.

ملاحظة: تُقدّر واحدة الكثافة بـ $g.L^{-1}$.

ثالثاً قانون دالتون والضغوط الجزئية:

لاحظ الشكل المجاور:

(بفرض ثبات الحجم ودرجة الحرارة).

ماذا تستنتج؟

نستنتج أنّ: الضّغط الكلّي لمزيج غازي يساوي مجموع الضّغوط الجزئيّة للغازات المكوّنة له.

يُعبّر عنه بالعلاقة:

$$\underline{P_t} = \underline{P_1 + P_2 + P_3 + \dots}$$

سؤال (1): دورة 2020 الثانية

مزيجٌ غازي مؤلّف من ثلاث غازات مختلفة. المطلوب:

استنتج عبارة الضّغط الكلّي للمزيج السّابق بثبات الحجم ودرجة الحرارة.

الجواب:

حسب قانون دالتون: $P_t = P_1 + P_2 + P_3$

يُعطى ضغط كل غاز وفق قانون الغازات العام:

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

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

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

$$\boxed{P_t = n_t \frac{RT}{V}}$$

ملاحظات على قانون دالتون:

1. نستعمل قانون دالتون في مسائل المزيج الغازي.
2. يزداد الضّغط الكلّي للمزيج P_t بازدياد عدد المولات الكلّي n_t (بثبات الحجم وثبات درجة الحرارة).

سؤال (2): اختر الإجابة الصحيحة:

يحتوي مزيجٌ غازي على $2\ mol$ من النتروجين و $4\ mol$ من الأكسجين عند الضّغط $0.98\ atm$ ، إذا استُبدل المزيج في الشّروط ذاتها بـ $6\ mol$ من الأكسجين، فتكون قيمة الضّغط النّاتج مساوية:

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

توضيح الإجابة:

$2\ mol\ N_2$ $4\ mol\ O_2$	استبدل المزيج ←	$6\ mol\ O_2$
$n_t = 6\ mol$		$n_t = 6\ mol$
$P_t = 0.98\ atm$		$P_t = 0.98\ atm$

لا يتغيّر الضّغط الكلّي لأنّ عدد المولات الكلّي لم يتغيّر.

الحل:

❶ حساب ؟ $= n_{(C_2H_6)}$:

نحسب أولاً n_t:

$$n_t = \frac{P_t V}{RT} = \frac{0.7 \times 32.8}{0.082 \times 400}$$

$$\Rightarrow n_t = 0.7 \text{ mol}$$

ولكن:

$$n_t = n_{(CH_4)} + n_{(C_2H_6)} + n_{(C_3H_8)}$$

$$n_t = \frac{m}{M_{(CH_4)}} + \frac{m}{M_{(C_2H_6)}} + n_{(C_2H_6)}$$

$$0.7 = \frac{3.2}{16} + \frac{12}{30} + n_{(C_2H_6)}$$

$$0.7 = 0.2 + 0.4 + n_{(C_2H_6)}$$

$$\Rightarrow n_{(C_2H_6)} = 0.1 \text{ mol}$$

حيث:

$$M_{(CH_4)} = 12 + 1(4) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_{(C_2H_6)} = 12(2) + 1(6) = 30 \text{ g.mol}^{-1}$$

❷ حساب ؟ $= X_{(C_2H_6)}$:

$$X_{(C_2H_6)} = \frac{n_{(C_2H_6)}}{n_t}$$

$$X_{(C_2H_6)} = \frac{0.1}{0.7}$$

$$\Rightarrow X_{(C_2H_6)} = \frac{1}{7}$$

❸ حساب $P_{(CH_4)}$:

$$P_{(CH_4)} = \frac{n_{(CH_4)} . RT}{V}$$

$$P_{(CH_4)} = \frac{0.2 \times 0.082 \times 400}{32.8}$$

$$P_{(CH_4)} = 0.2 \text{ atm}$$

المسألة السادسة: تطبيق 10 صفحة 35 كتاب

يُحضّر مزيج غازيّ مؤلف من 10 % بوتان C_4H_{10} و 90 % أرغون Ar ، بملء وعاء مُخلى من الهواء حجمه 41 L بغاز البوتان حتى يصبح الضغط 0.975 atm ، ثم يُضاف غاز الأرغون حتى يُحقق النسبة السابقة عند الدرجة 52 °C . المطلوب حساب:

❶ عدد مولات غاز البوتان في المزيج.

❷ كتلة غاز الأرغون في المزيج.

❸ الضغط الكلي للمزيج النهائي.

Ar:40 , C:12 , H:1 , $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

مسودة:

دالتون ⇒ مزيج غازي: ⇒ $\begin{cases} P_t = P_{(C_4H_{10})} + P_{(Ar)} \\ P_t = \dfrac{n_t . RT}{V} \end{cases}$

حيث: $n_t = n_{(C_4H_{10})} + n_{(Ar)}$

المعطيات:

$$X_{(C_4H_{10})} = \frac{10}{100} \text{ ، } X_{(Ar)} = \frac{90}{100} \text{ ، } V = 41 \text{ L}$$

$$P_{(C_4H_{10})} = 0.975 \text{ atm ، } T = 52 + 273 = 325 \text{ K}$$

الحل:

❶ $n_{(C_4H_{10})} = ?$

$$n_{(C_4H_{10})} = \frac{P_{(C_4H_{10})} V}{RT}$$

$$n_{(C_4H_{10})} = \frac{0.975 \times 41}{0.082 \times 325}$$

$$\Rightarrow n_{(C_4H_{10})} = 1.5 \text{ mol}$$

❷ $m_{(Ar)} = ?$

نحسب عدد المولات الكلي للمزيج (من قانون الكسر المولي):

$$X_{(C_4H_{10})} = \frac{n_{(C_4H_{10})}}{n_t}$$

$$\frac{10}{100} = \frac{1.5}{n_t}$$

$$\Rightarrow n_t = \frac{1.5 \times 100}{10}$$

$$\Rightarrow n_t = 15 \text{ mol}$$

نحسب $n_{(Ar)}$:

$$n_t = n_{(C_4H_{10})} + n_{(Ar)}$$

$$15 = 1.5 + n_{(Ar)}$$

$$\Rightarrow n_{(Ar)} = 13.5 \text{ mol}$$

حساب $m_{(Ar)}$:

$$n = \frac{m}{M_{(Ar)}}$$

$$\Rightarrow m = n . M_{(Ar)}$$

$$m = 13.5 \times 40$$

$$\Rightarrow m_{(Ar)} = 540 \text{ g}$$

❸ حساب ؟ $= P_t$:

$$P_t = \frac{n_t . RT}{V}$$

$$P_t = \frac{15 \times 0.082 \times 325}{41}$$

$$\Rightarrow P_t = 9.75 \text{ atm}$$

أ. أسامة الحصري

خامساً: قانون غراهام في الانتشار والتسرب

سؤال (1): أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

① **عند رش كمية صغيرة من العطر في غرفة تنتشر رائحته في كامل أرجاء الغرفة.** دورة 2020 امتحان تصفي موحد

الجواب: بسبب الحركة العشوائية لجزيئات الغاز لتملأ الحيّز الذي توجد فيه بشكل متجانس تقريباً.

② **عند وضع عبوتين من محلول حمض كلور الماء المركز ومحلول النشادر المركز بجانب بعضهما نلاحظ وجود أبخرة بيضاء بالقرب من عبوة حمض كلور الماء المركز.**

الجواب: بسبب انتقال جزيئات غازي كلور الهيدروجين والنّشادر خارج عبوتيهما وتكوين ملح كلوريد الأمونيوم الأبيض.

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

نستنتج أن:

① نسبة سرعتي انتشار غازين في وسط، ضمن الشروط ذاتها من الضغط ودرجة الحرارة، تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لنسبة كتلتيهما المولية. أي أنّ:

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

v_1: سرعة انتشار الغاز الأول. v_2: سرعة انتشار الغاز الثاني.

M_1: الكتلة المولية للغاز الأول. M_2: الكتلة المولية للغاز الثاني.

② تزداد سرعة انتشار غاز كلّما نقصت كتلته المولية وفق قانون غراهام.

سؤال (2): لديك العينات الغازية الآتية الموجودة عند الضغط ودرجة الحرارة ذاتها: H_2 , N_2 , O_2 **المطلوب:**

a) **رتب هذه العينات حسب تزايد سرعة انتشارها. علّل إجابتك.**

b) **احسب نسبة سرعة انتشار غاز الأكسجين إلى سرعة انتشار غاز الهيدروجين.**

علماً أنّ: H:1, N:14, O:16

توضيح السؤال:

(تزايد سرعة الانتشار)

الأعلى سرعة انتشار ⟵ الأقل سرعة انتشار

الأصغر كتلة مولية ⟵ الأكبر كتلة مولية

الجواب:

a) نحسب الكتلة المولية لكل غاز:

الغاز	H_2	N_2	O_2
الكتلة المولية $g.mol^{-1}$	2	28	32

$$O_2 \longrightarrow N_2 \longrightarrow H_2$$

تزايد سرعة الانتشار

التعليل: تزداد سرعة انتشار غاز بنقصان كتلته المولية.

b) $$\frac{v_{(O_2)}}{v_{(H_2)}} = \sqrt{\frac{M_{(H_2)}}{M_{(O_2)}}} = \sqrt{\frac{2}{32}} = \sqrt{\frac{1}{16}} = \frac{1}{4}$$

سؤال (3): يملأ أنبوب زجاجي طوله 1 m بغاز الأرغون عند الضغط 1 atm، وأغلق طرفيه بالقطن كما في الشكل المجاور. يحقن غاز HCl من أحد طرفيه، وغاز NH_3 من الطرف الآخر في نفس الوقت.

يتفاعل الغازان ضمن الأنبوب الزجاجي ليتكوّن ملح NH_4Cl الصلب.

المطلوب:

في أي نقطة (a أو b أو c) تتوقع أن يتكوّن الملح. ولماذا؟

علماً أنّ: N:14 , H:1, Cl:35.5

الجواب: نحسب الكتلة المولية لكل غاز:

$$M_{(NH_3)} = 17\ g.mol^{-1} \quad , \quad M_{(HCl)} = 36.5\ g.mol^{-1}$$

نلاحظ أنّ: $M_{(NH_3)} < M_{(HCl)} \Leftarrow v_{(NH_3)} > v_{(HCl)}$

⇐ أي أنّ سرعة انتشار غاز NH_3 أكبر من سرعة انتشار غاز HCl فيتشكل الملح في النقطة a.

المسألة السابعة: المسألة الأولى صفحة 41 كتاب

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

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
2. احسب كتلة الحديد المستخدم.
3. احسب كتلة حمض الكبريت.

H:1 , O:16 , S:32 , Fe:56

الحل:

1. $$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2$$

2. يتسرّب 20 % ويبقى 80 % وبالتالي:

لملء $80\ m^3$ من غاز الهيدروجين يجب ضخ $100\ m^3$

لملء $4800\ m^3$ من غاز الهيدروجين يجب ضخ $V\ m^3$

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

$$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2$$

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

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

حساب كتلة الحديد المستعمل:

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

3. حساب كتلة حمض الكبريت المستعمل:

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

سادساً: الخطوط البيانية

سؤال (1): أجريت عدة تجارب مخبرية على عينة غازية لإيجاد العلاقة بين ضغط غاز وحجمه عند درجة حرارة ثابتة، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

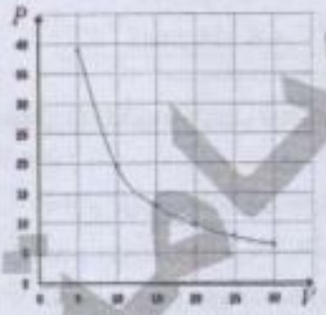
الحجم V (L)	الضغط P (atm)	PV (atm.L)
5	39	195
10	19.5	195
15	13	195
20	9.75	195

المطلوب:

1. ارسم الخط البياني لتغيّر الضغط بدلالة الحجم.
   وماذا تستنتج من الرسم.
2. اكتب نص النتيجة (نص القانون) التي توصلت إليها. ثم اكتب بالرموز العلاقة الرياضية المعبرة عنها.

الجواب:

1.



نستنتج من الرّسم:

يتناسب ضغط غاز P عكساً مع حجمه V بثبات درجة الحرارة T.

2. نصّ النتيجة (نصّ القانون): جداء ضغط عينة من غاز P في حجمه V يساوي مقدار ثابت const. بثبات درجة الحرارة T.

أي أنّ:

$$PV = \text{const.}$$

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \ldots = PV = \text{const.}$$

سؤال (2): أجريت عدة تجارب مخبرية على عينة غازية لإيجاد العلاقة بين حجم غاز ودرجة حرارته عند ضغط ثابت، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

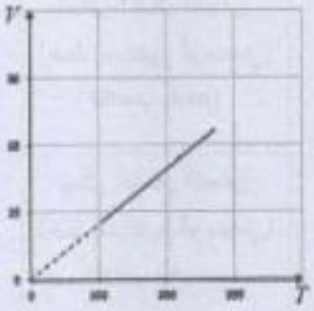
الحجم V (L)	درجة الحرارة T (K)	$\frac{V}{T}$ (L.K^{-1})
22	270	0.081
21	259	0.081
18	220	0.081
9	111	0.081

المطلوب:

1. ارسم الخط البياني لتغيّر الحجم بدلالة درجة الحرارة.
   وماذا تستنتج من الرسم.
2. اكتب نص النتيجة (نص القانون) التي توصلت إليها.
   ثم اكتب بالرموز العلاقة الرياضية المعبرة عنها.

الجواب:

1.



نستنتج من الرّسم:

يتناسب حجم غاز V طرداً مع درجة حرارته T بثبات الضغط P.

2. نصّ النتيجة (نصّ القانون): نسبة حجم عيّنة من غاز P إلى درجة حرارته T تساوي مقدار ثابت const. بثبات الضغط P.

أي أنّ:

$$\frac{V}{T} = \text{const.}$$

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

سؤال (3): أجريت عدة تجارب مخبرية على عينة غازية لإيجاد العلاقة بين ضغط غاز ودرجة حرارته عند حجم ثابت، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

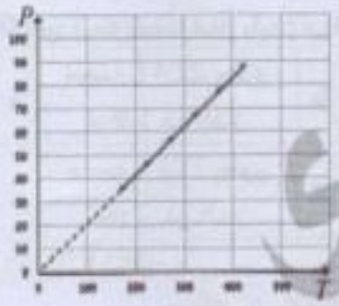
الضغط P (atm)	درجة الحرارة T (K)	$\frac{P}{T}$ (atm.K^{-1})
36	173	0.208
46.5	223	0.208
56.8	273	0.208

المطلوب:

1. ارسم الخط البياني لتغيّر الضغط بدلالة درجة الحرارة.
   وماذا تستنتج من الرسم.
2. اكتب نص النتيجة (نص القانون) التي توصلت إليها.
   ثم اكتب بالرموز العلاقة الرياضية المعبرة عنها.

الجواب:

1.



نستنتج من الرّسم:

يتناسب ضغط غاز P طرداً مع درجة حرارته T بثبات الحجم V.

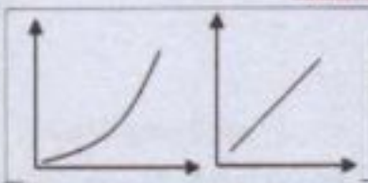
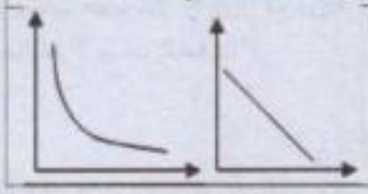
2. نصّ النتيجة (نصّ القانون): نسبة ضغط عينة من غاز P إلى درجة حرارته T تساوي مقدار ثابت const. بثبات الحجم V.

أي أنّ:

$$\frac{P}{T} = \text{const.}$$

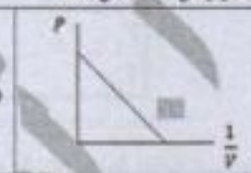
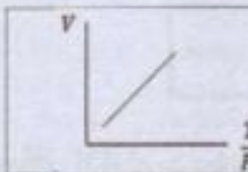
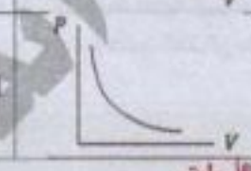
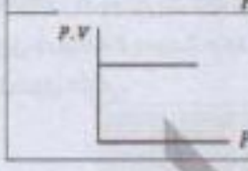
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \ldots = \frac{P}{T} = \text{const.}$$

ملاحظات على الخطوط البيانية

يُمثّل الشّكل المجاور (خط مستقيم أو منحني) تناسب طردي	
يُمثّل الشّكل المجاور (خط مستقيم أو منحني) تناسب عكسي	

سؤال (4): اختر الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

❶ أيّ من الخطوط البيانية الآتية لا يمثّل قانون بويل، بفرض ثبات درجة الحرارة وعدد المولات:

a	
b	
c	
d	

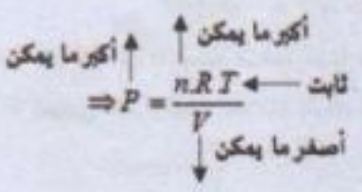
توضيح الإجابة:

	العلاقة بين	حسب قانون بويل	حسب الخط البياني	يمثّل أم لا يمثّل قانون بويل
a	$P, \frac{1}{V}$	طردي.	عكسي.	لا يُمثّل.
b	$V, \frac{1}{P}$	طردي.	طردي.	يُمثّل.
c	P, V	عكسي.	عكسي.	يُمثّل.
d	PV , P	$PV = const.$	$PV = const.$	يُمثّل.

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

a	حجمه 22.4 L يحوي 1 mol من الغاز.	b	حجمه 22.4 L يحوي 2 mol من الغاز.
c	حجمه 11.2 L يحوي 2 mol من الغاز.	d	حجمه 11.2 L يحوي 1 mol من الغاز.

توضيح الإجابة:



تطبيق: احسب قيمة R (ثابت الغازات العام) لمول واحد من أي غاز في كل من الحالتين الآتيتين:

a) في الشّرطين النّظاميين.

b) في الشّرطين النّظاميين مقاساً بالواحدات الدولية.

الجواب:

a) في الشّرطين النّظاميّ:

$$n = 1\ mol \quad , \quad T = 273\ K$$

$$P = 1\ atm \quad , \quad V = 22.4\ L$$

$$PV = nRT \Rightarrow R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \times 22.4}{1 \times 273}$$

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

b) في الواحدات الدولية يكون:

$$n = 1\ mol \quad , \quad T = 273\ K$$

$$P = 1 \times 10^{+5}\ Pa \quad , \quad V = 22.4 \times 10^{-3}\ m^3$$

$$PV = nRT \Rightarrow R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \times 10^{+5} \times 22.4 \times 10^{-3}}{1 \times 273}$$

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

سؤال: عدد الشّروط الواجب توافرها في الغاز حتى يكون مثالي.

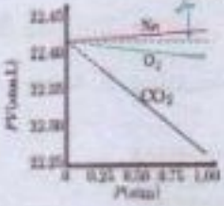
الجواب:

① انعدام قوى التّجاذب بين جزيئاته.

② حجم جزيئات الغاز مهملة بالنّسبة لحجم الوعاء الذي يحتويه.

③ التّصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة.

④ تتحرك جزيئات الغاز حركة عشوائيّة.



نستنتج

يسلك غاز النيون Ne سلوك غاز مثاليّ.

في حين يسلك غاز CO_2 سلوك غاز حقيقيّ.

سؤال: عدد النّقاط التي تتضمّنها النّظريّة الحركيّة للغازات مع الشّرح.

الجواب:

① يشغل الغاز حجم الوعاء الذي يوضع فيه (علّل):

لأنّ جزيئات الغاز تتحرك بحركة عشوائيّة بكافة الاتجاهات ضمن الحجم الذي يشغله الغاز.

② يُهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز (علّل):

لنتيجة تباعد الجزيئات.

③ تُهمل قُوى التّأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.

④ لا يتغيّر متوسّط الطّاقة الحركيّة للجزيئات بمرور الزّمن، وتنتقل الطّاقة بين الجزيئات من خلال التّصادمات، بشرط بقاء درجة الحرارة ثابتة، وينتج ضغط الغاز (علّل):

لنتيجة تصادم جزيئاته مع جدار الإناء الذي يحويه.

⑤ تزداد الطّاقة الحركيّة لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

ورقة عمل في الغازات

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

❶ يبلغ حجم عيّنة من غاز 3 L عند الضغط 5×10^{3} Pa. فيكون حجم هذه العيّنة عندما يصبح الضغط 1.5×10^{5} Pa بثبات درجة الحرارة مساوياً:

a	0.2 L	b	1 L
c	0.1 L	d	2 L

❷ تشغل عيّنة غازيّة حجماً قدره 30 mL عند الدّرجة 27 °C وضغط ثابت. إذا سُخّنت العيّنة إلى الدّرجة 50 °C يصبح حجمها مساوياً:

a	60 mL	b	27.5 mL
c	15 mL	d	32.3 mL

❸ يبلغ ضغط عيّنة من غاز 4 atm عند الدّرجة 0 °C نسخّن العيّنة حتى الدّرجة 273 °C مع بقاء حجمها ثابت. فيصبح الضّغط مساوياً:

a	2 atm	b	6 atm
c	8 atm	d	10 atm

❹ غاز هدروكربوني كثافته $1\ g.L^{-1}$ عند الضّغط 0.82 atm ودرجة الحرارة 27 °C فتكون كتلته المولية مساوية:

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

a	$60\ g.mol^{-1}$	b	$30\ g.mol^{-1}$
c	$27\ g.mol^{-1}$	d	$15\ g.mol^{-1}$

❺ نسبة سرعة انتشار غاز الهدروجين إلى سرعة انتشار غاز الأكسجين تساوي: علماً أنّ: H:1 , O:16

a	4	b	$\frac{1}{4}$
c	16	d	1

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

❶ يرتفع المنطاد عن سطح الأرض عند تسخين الهواء داخله.

❷ عند رشّ كميّة صغيرة من العطر، تنتشر رائحته في كامل أرجاء الغرفة.

❸ يُهمل حجم جزيء الغاز أمام حجم الغاز.

❹ نشوء ضغط الغاز.

❺ يشغل الغاز حجم الوعاء الذي يوضع فيه.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: احسب حجم عيّنة من غاز عدد جزيئاتها 3.011×10^{23} موجودة في حوجلة عند الضّغط 2 atm ودرجة الحرارة 300 K.

$R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$ ، عدد أفوغادرو $= 6.022\times10^{23}$

المسألة الثانية: عيّنة من غاز A_2 حجمها 12 L وعدد مولاتها 0.6 mol. إذا تحوّل غاز A_2 إلى غاز A_3 عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين. **المطلوب حساب:**

❶ عدد مولات الغاز A_3 الناتج.

❷ حجم الغاز A_3 الناتج.

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

المسألة الثالثة: يحترق غاز الميتان بأكسجين الهواء وفق المعادلة الآتية: $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

المطلوب حساب:

❶ حجم غاز CO_2 المنطلق نتيجة احتراق 32 g من غاز الميتان عند درجة الحرارة 500 K والضّغط 2 atm.

❷ ضغط غاز O_2 اللازم لاحتراق 320 g من غاز الميتان إذا كان حجم غاز الأكسجين 800 L ودرجة الحرارة 400 K.

C:12 , H:1 , O:16 ، $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

المسألة الرابعة: يتفاعل 5.1 g من غاز النشادر NH_3 مع 3.65 g من غاز كلور الهدروجين HCl في وعاء حجمه 3 L عند الدّرجة 27 °C. **المطلوب:**

❶ اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.

❷ بيّن حسابياً ما هو الغاز المتبقي بعد نهاية التّفاعل.

❸ احسب الضّغط عند نهاية التّفاعل بإهمال حجم المادة الصلبة الناتجة عن التفاعل السابق.

H:1 , N:14 , Cl:35.5 ، $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

المسألة الخامسة: يحوي وعاء مغلق حجمه 100 L مزيجاً غازيّاً مكوّن من 32 g من غاز الميتان CH_4، و 140 g من غاز النّتروجين N_2 وكميّة من غاز مجهول x، فإذا علمت أنّ الضّغط الكلّي للمزيج 2.46 atm عند الدّرجة 27 °C. **المطلوب حساب:**

❶ الضّغط الجزئي لكل غاز في المزيج.

❷ عدد مولات الغاز المجهول x.

❸ الكسر المولي لغاز الميتان CH_4.

C:12 , H:1 , N:14 ، $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

انتهت ورقة العمل

الوحدة الثالثة: الدرس الأول: سرعة التفاعل الكيميائي

أولاً: تصنيف التفاعلات الكيميائية حسب سرعتها:

سؤال: صنف التفاعلات الكيميائية من حيث سرعتها، مع ذكر مثال لها.

الجواب:

1. **تفاعلات سريعة جداً:** مثل: احتراق غاز البوتان.
2. **تفاعلات بطيئة:** مثل: صدأ الحديد.
3. **تفاعلات بطيئة جداً:** مثل: تشكل النفط والغاز.

ثانياً: السرعة الوسطية:

1. **لمادة:**

ليكن لدينا التفاعل العام الآتي:

$$mA_{(g)} \longrightarrow nB_{(g)}$$

عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك (لاختفاء) المادة A بالعلاقة:

$$v_{avg(A)} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

عبارة السرعة الوسطية للشكل (لتكوّن) المادة B بالعلاقة:

$$v_{avg(B)} = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

2. **لتفاعل:**

هي تغير تركيز إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة خلال وحدة الزمن مقسومة على الأمثال التفاعلية لهذه المادة في معادلة التفاعل الموزونة. فيمكن التعبير عن السرعة الوسطية للتفاعل الآتي:

$$mA_{(g)} \longrightarrow nB_{(g)}$$

بالعلاقة:

$$v_{avg} = -\frac{1}{m}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = +\frac{1}{n}\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

أو:

$$v_{avg} = \frac{1}{m}v_{avg(A)} = \frac{1}{n}v_{avg(B)}$$

ملاحظات

① وُضعت الإشارة السالبة في عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك المواد المتفاعلة لأنّ تركيزها يتناقص مع الزمن.

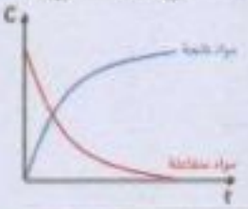
② وُضعت الإشارة الموجبة في عبارة السرعة الوسطية لتشكل المواد الناتجة لأنّ تركيزها يزداد مع الزمن.

③ لا تدخل الأمثال التفاعلية في عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك المواد المتفاعلة وتشكل المواد الناتجة.

④ يدخل مقلوب الأمثال التفاعلية للمادة في عبارة السرعة الوسطية للتفاعل.

⑤ تقاس واحدة السرعة بـ $mol.L^{-1}.s^{-1}$

سؤال: مثّل بيانياً تغير تراكيز كل من المادتين A, B خلال سير التفاعل الآتي: $A_{(g)} \longrightarrow B_{(g)}$



الجواب:

عند بداية التفاعل: تكون تراكيز المواد المتفاعلة أعظمية.

أمّا تراكيز المواد الناتجة معدومة.

بمرور الزمن: تتناقص تراكيز المواد المتفاعلة لأنها تُستهلك أثناء التفاعل وتتزايد تراكيز المواد الناتجة لأنها تتشكّل بالتدريج.

المسألة الأولى: لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:

$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ المطلوب:

1. اكتب عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك غاز O_2.
2. اكتب عبارة السرعة الوسطية لتشكّل غاز CO_2.
3. اكتب العلاقة التي تربط بين السرعتين الوسطيتين السابقتين.
4. إذا علمتَ أنّ السرعة الوسطية لتشكّل H_2O تساوي $0.32\ mol.L^{-1}.s^{-1}$ المطلوب

احسب قيمة السرعة الوسطية لاستهلاك غاز الميتان CH_4

الحل:

1. عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك O_2:

$$v_{avg(O_2)} = -\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$$

2. عبارة السرعة الوسطية لتشكل CO_2:

$$v_{avg(CO_2)} = +\frac{\Delta[CO_2]}{\Delta t}$$

3. العلاقة التي تربط بين السرعتين الوسطيتين السابقتين:

$$-\frac{1}{2}\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[CO_2]}{\Delta t}$$

أو:

$$\frac{1}{2}v_{avg(O_2)} = v_{avg(CO_2)}$$

4. $v_{avg(CH_4)} = ?$ ، $v_{avg(H_2O)} = 0.32\ mol.L^{-1}.s^{-1}$

لنكتب العلاقة التي تربط بين السرعة الوسطية لاستهلاك CH_4 والسرعة الوسطية لتشكل H_2O:

$$-\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t} = +\frac{1}{2}\frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$$

$$v_{avg(CH_4)} = \frac{1}{2}v_{avg(H_2O)}$$

$$v_{avg(CH_4)} = \frac{1}{2} \times 0.32$$

$$\Rightarrow v_{avg(CH_4)} = 0.16\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

المسألة الثانية: يحدث التفاعل الآتي في شروط مناسبة:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow 2C_{(g)}$$

وقد تم تعيين تغير تركيز A خلال الزمن وفق الجدول الآتي:

[A] ($mol.L^{-1}$)	1	0.9	0.8	0.75
الزمن t (s)	0	10	20	30

المطلوب:

1. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A.
2. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة C.
3. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة للتّفاعل.
4. احسب قيمة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A بين اللّحظتين $10 \rightarrow 20\ s$.
5. احسب قيمة السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة C بين اللّحظتين $20 \rightarrow 30\ s$.

الحل:

1. عبارة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A:

$$v_{avg(A)} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

2. عبارة السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة C:

$$v_{avg(C)} = +\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

3. عبارة السّرعة الوسطيّة للتّفاعل:

$$v_{avg} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{2}\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

أو:

$$v_{avg} = v_{avg(A)} = v_{avg(B)} = \frac{1}{2}v_{avg(C)}$$

4. حساب قيمة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك A بين اللّحظتين $10 \rightarrow 20\ s$:

$$v_{avg(A)} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

حيث:

$\Delta[A]$:	$0.9 \longrightarrow 0.8\ mol.L^{-1}$
Δt:	$10 \longrightarrow 20\ s$

نعوّض:

$$v_{avg(A)} = -\frac{(0.8-0.9)}{20-10}$$

$$\Rightarrow v_{avg(A)} = +0.01\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

5. نحسب أولاً $v_{\substack{avg(A)\\20\rightarrow30\,s}}$ ثمّ نحسب $v_{\substack{avg(C)\\20\rightarrow30\,s}}$ وذلك لأنّ: معطيات الجدول في نصّ المسألة هي للمادّة A وليس للمادّة C:

$$v_{avg(A)} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

حيث:

$\Delta[A]$:	$0.8 \longrightarrow 0.75\ mol.L^{-1}$
Δt:	$20 \longrightarrow 30\ s$

نعوّض:

$$v_{avg(A)} = -\frac{(0.75-0.8)}{30-20}$$

$$\Rightarrow v_{\substack{avg(A)\\20\rightarrow30\,s}} = +5\times10^{-3}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

نكتب العلاقة التي تربط بين السّرعة الوسطيّة لاستهلاك A والسّرعة الوسطيّة لتشكّل C:

$$-\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = +\frac{1}{2}\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

أو:

$$v_{avg(A)} = \frac{1}{2}v_{avg(C)}$$

$$5\times10^{-3} = \frac{1}{2}v_{avg(C)}$$

$$\Rightarrow v_{avg(C)} = 2\times5\times10^{-3}$$

$$\Rightarrow v_{\substack{avg(C)\\20\rightarrow30\,s}} = 10^{-2}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

المسألة الثالثة: يحدث التفاعل الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$A_{(g)} \longrightarrow B_{(g)}$$

في شروط مناسبة وسُجّلت النّتائج في الجدول الآتي:

[A] $mol.L^{-1}$	1	0.54	0.3	0
[B] $mol.L^{-1}$	0	0.46	0.7	1
الزمن t (s)	0	20	40	80

اعتماداً على النّتائج المدوّنة في الجدول. المطلوب:

1. احسب تغيّر تركيز المادّة A خلال تغيّر الزّمن $0 \rightarrow 20\ s$.
2. احسب تغيّر تركيز المادّة B خلال تغيّر الزّمن $20 \rightarrow 40\ s$.
3. احسب السّرعة الوسطيّة لتشكّل B بين اللّحظتين $40 \rightarrow 80\ s$.
4. مثّل بيانيّاً تغيّر تراكيز كل من A , B خلال سير التّفاعل.
5. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة للتّفاعل السّابق. ماذا تستنتج.

الحل:

1. حساب تغيّر [A] من $0 \rightarrow 20\ s$:

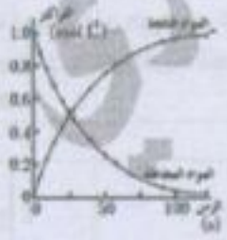
$$\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{0.54-1}{20-0} = -0.023\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

2. حساب تغيّر [B] من $20 \rightarrow 40\ s$:

$$\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{0.7-0.46}{40-20} = +0.012\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

3. حساب قيمة السّرعة الوسطيّة لتشكّل B بين اللّحظتين $40 \rightarrow 80\ s$:

$$v_{avg(B)} = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{(1-0.7)}{80-40} = +0.0075\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

4. 

5. $$v_{avg(\text{التفاعل})} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

$$v_{avg(\text{التفاعل})} = v_{avg(A)} = v_{avg(B)}$$

نستنتج: تساوي السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A مع السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة B بسبب تساوي الأمثال التّفاعليّة في معادلة التّفاعل الموزونة.

ثالثا: مراحل حدوث التفاعل الكيميائي:

❖ نظرية التصادمات

سؤال (1): تقوم نظرية التصادم على فرضيتين، عدّدهما؟

الفرضية الأولى: لحدوث تفاعل كيميائي يجب أن تتصادم دقائق المواد المتفاعلة (جزيئات أو ذرات أو أيونات) مع بعضها.

الفرضية الثانية: التصادم شرط لازم وغير كافٍ لحدوث التفاعل، حيث توجد تصادماتٌ فعّالة وأخرى غير فعّالة.

سؤال (2): أعط تفسيرا علميا:

بعض التصادمات ينتج عنها تفاعل كيميائي وليس جميعها.

الجواب: لأنّه يوجد تصادمات فعّالة وأخرى غير فعّالة ولا يحدث تفاعل كيميائي إلا إذا كان التصادم فعّالاً.

سؤال (3): اعتماداً على نظرية التصادمات، اكتب الشّرطين اللّذين ينبغي توافرهما لكي يكون التصادم فعّالاً؟ دورة 2013 الأولى

الشرط الأول: أن تأخذ دقائق المواد المتفاعلة وضعاً فراغياً مناسباً.

الشرط الثاني: أن تمتلك دقائق المواد المتفاعلة الحد الأدنى من الطّاقة اللاّزمة لحدوث التّفاعل (طاقة التّنشيط).

سؤال (4): ارسم المخطط الطاقي لتفاعل ناشر للحرارة، ثم عدد المراحل التي تمر من خلالها التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط.

المرحلة الأولى: إضعاف روابط جزيئات المواد المتفاعلة.

المرحلة الثانية: تشكّل الحالة الانتقاليّة أو ما يسمّى المعقّد النّشط.

المرحلة الثالثة: تفكّك المعقّد النّشط، وتشكّل النّواتج.

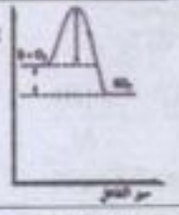
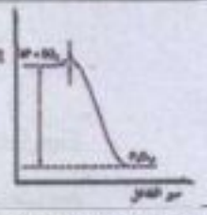
سؤال (5): عرف طاقة التنشيط، وبماذا تتعلق هذه الطاقة؟

طاقة التّنشيط E_a: هي الحد الأدنى من الطّاقة الواجب توافره لوصول طاقة المواد المتفاعلة إلى الحالة الانتقاليّة.

تتعلّق طاقة التّنشيط بـ: طبيعة المواد المتفاعلة.

سؤال (6): ليكن لديك المخططين البيانيين الآتيين:

المطلوب: أي التفاعلين يحتاج طاقة تنشيط أكبر؟ وأي التفاعلين أسرع؟ فسر ذلك.

②	①
	
يحتاج طاقة تنشيط منخفضة ⇐ التّفاعل أسرع.	يحتاج طاقة تنشيط كبيرة ⇐ التّفاعل أبطأ.

سؤال (7): أعط تفسيرا علميا لكل مما يأتي:

① **التّفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تميل أن تكون سريعة.**

لأنّ عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون كبيراً.

② **التّفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط كبيرة تميل أن تكون بطيئة.**

لأنّ عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة تنشيط يكون صغيراً.

رابعا: السرعة اللّحظيّة للتّفاعل:

يحدث التّفاعل الأوليّ الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$mA_{(g)} + nB_{(g)} \longrightarrow \text{نواتج}$$

تعطى عبارة السّرعة اللّحظية للتّفاعل السّابق بالعلاقة:

$$v = k\,[A]^m.[B]^n$$

سرعة التّفاعل تساوي: ثابت السّرعة k مضروباً بجداء تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعة إلى أس يساوي الأمثال التفاعليّة.

ملاحظات:

① يتعلّق ثابت السّرعة k بـ:

طبيعة المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة معاً.

② تتناسب سرعة التّفاعل اللّحظيّة في التّفاعلات الأوليّة طرداً مع تراكيز المواد الغازيّة (g) والمحاليل (aq) فقط.

أعط تفسيرا علميا:

لا تدخل تراكيز المواد الصلبة s والسائلة ℓ في عبارة سرعة التفاعل.

الجواب: لأنّ تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كميّتها.

سؤال: اكتب عبارة السّرعة اللّحظية لكل من التّفاعلات الأوليّة الآتية:

$$C_4H_9Cl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow C_4H_9OH_{(aq)} + HCl_{(aq)}$$
$$v = k\,[C_4H_9Cl]$$

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(\ell)} + CO_{2(g)}$$
$$v = k\,[HCl]^2$$

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$$
$$v = k\,[SO_2]^2.[O_2]$$

$$C_{(s)} + 2S_{(g)} \longrightarrow CS_{2(\ell)}$$
$$v = k$$

المسألة الرابعة: يحدث التفاعل الأولي الممثل بالمعادلة:

$$A_{(g)} + 2B_{(g)} \longrightarrow 2C_{(g)}$$

فإذا كانت التراكيز الابتدائية:

$$[A]_0 = 0.5\ mol.L^{-1} \quad ; \quad [B]_0 = 0.8\ mol.L^{-1}$$

وقيمة ثابت سرعة هذا التفاعل $k = 10^{-2}$. المطلوب حساب:

1. سرعة التفاعل الابتدائية v_0.
2. سرعة التفاعل v بعد زمن ينقص فيه تركيز B بمقدار $0.3\ mol.L^{-1}$
3. سرعة التفاعل v' بعد زمن يصبح فيه تركيز B مساوياً $0.4\ mol.L^{-1}$
4. تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند توقف التفاعل.

الحل:

1. حساب سرعة التفاعل الابتدائية v_0:

$$v_0 = k[A]_0.[B]_0^2$$
$$v_0 = (10^{-2})(0.5)(0.8)^2$$
$$\Rightarrow v_0 = 32\times10^{-4}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

2.

	$A_{(g)}$	+ $2B_{(g)}$	$\longrightarrow 2C_{(g)}$
بدء	0.5	0.8	0
بعد زمن	$0.5-x$	$0.8-2x$	$2x$

من الفرض:

$$2x = 0.3\ mol.L^{-1}$$
$$\Rightarrow x = 0.15\ mol.L^{-1}$$

نعوّض في A و B لحساب v:

$$[A] = 0.5 - x = 0.5 - 0.15 = 0.35\ mol.L^{-1}$$
$$[B] = 0.8 - 2x = 0.8 - 2(0.15) = 0.5\ mol.L^{-1}$$

نحسب سرعة التفاعل v:

$$v = k[A][B]^2$$
$$v = (10^{-2})(0.35)(0.5)^2$$
$$\Rightarrow v = 875\times10^{-4}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

3. من الفرض:

$$0.8 - 2x = 0.4$$
$$\Rightarrow x = 0.2\ mol.L^{-1}$$

نعوّض في A و B لحساب v':

$$[A]' = 0.5 - x = 0.5 - 0.2 = 0.3\ mol.L^{-1}$$
$$[B]' = 0.8 - 2x = 0.8 - 2(0.2) = 0.4\ mol.L^{-1}$$
$$v' = k[A]'[B]'^2$$
$$v' = (10^{-2})(0.3)(0.4)^2$$
$$\Rightarrow v' = 48\times10^{-4}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

4. عند توقف التفاعل يكون:

$$v = 0$$
$$k[A][B]^2 = 0 \quad ; \quad k \neq 0$$

$[B] = 0$	$[A] = 0$
$\Rightarrow 0.8 - 2x = 0$	$\Rightarrow 0.5 - x = 0$
$\Rightarrow x = 0.4\ mol.L^{-1}$	$\Rightarrow x = 0.5\ mol.L^{-1}$
نعوّض في A:	نعوّض في B:
$[A] = 0.5 - x$	$[B] = 0.8 - 2x$
$[A] = 0.5 - 0.4$	$[B] = 0.8 - 2(0.5)$
$[A] = 0.1\ mol.L^{-1}$	$[B] = -0.2$
نعوّض في C:	مرفوض، لأنّ التراكيز موجبة دوماً.
$[C] = 2x$	
$[C] = 2(0.4)$	
$[C] = 0.8\ mol.L^{-1}$	
مقبول.	

ملاحظة عند زيادة ضغط الغاز ينقص حجمه ويزداد تركيزه (والعكس صحيح)، مع بقاء درجة الحرارة ثابتة.

$$\uparrow P \Rightarrow \downarrow V \Rightarrow \uparrow C$$

فمثلاً:

$$P' = 2P \Rightarrow V' = \frac{V}{2} \Rightarrow C' = 2C$$
$$P' = \frac{P}{2} \Rightarrow V' = 2V \Rightarrow C' = \frac{C}{2}$$

---

❶ لديك التفاعل الأولي الآتي: $2A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow$ نواتج

بيّن كيف تتغير سرعة التفاعل إذا ازداد تركيز المادة A مرتين وانخفض تركيز المادة B مرتين.

من الفرض:

$$[A]' = 2[A] \quad ، \quad [B]' = \frac{[B]}{2}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{k[A]^2.[B]'}{k[A]^2.[B]}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{(2[A])^2.\left(\frac{[B]}{2}\right)}{[A]^2.[B]}$$

$$\frac{v'}{v} = 2 \Rightarrow v' = 2v$$

أي تزداد السرعة مرتين.

---

❷ لديك التفاعل الأولي الآتي: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \longrightarrow$ نواتج

بيّن كيف تتغير سرعة التفاعل إذا ازداد تركيز المادة B ثلاث مرات.

من الفرض:

$$[A]' = [A] \quad ، \quad [B]' = 3[B]$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{k[A].[B]^2}{k[A].[B]^2}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{[A].(3[B])^2}{[A].[B]^2}$$

$$\frac{v'}{v} = 9 \Rightarrow v' = 9v$$

أي تزداد السرعة تسع مرات.

---

❸ لديك التفاعل الأولي الآتي: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \longrightarrow$ نواتج

بيّن كيف تتغير سرعة التفاعل إذا تضاعف الضغط على الوعاء الذي يحدث فيه التفاعل.

من الفرض:

$$P' = 2P \Rightarrow V' = \frac{V}{2} \Rightarrow C' = 2C$$

ومنه: $[A]' = 2[A] \quad ، \quad [B]' = 2[B]$

$$\frac{v'}{v} = \frac{k[A]'.[B]'^2}{k[A].[B]^2}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{2[A].(2[B])^2}{[A].[B]^2}$$

$$\frac{v'}{v} = 8 \Rightarrow v' = 8v$$

أي تزداد السرعة ثمان مرات.

---

❹ لديك التفاعل الأولي الآتي: $2A_{(g)} \longrightarrow$ نواتج

بيّن كيف تتغير سرعة التفاعل إذا تضاعف حجم الوعاء الذي يحدث فيه التفاعل.

من الفرض:

$$V' = 2V \Rightarrow C' = \frac{C}{2}$$

ومنه: $[A]' = \frac{[A]}{2}$

$$\frac{v'}{v} = \frac{k[A]'^2}{k[A]^2}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{k[A]^2}{k[A]^2} = \frac{\left(\frac{[A]}{2}\right)^2}{[A]^2}$$

$$\frac{v'}{v} = \frac{1}{4} \Rightarrow v' = \frac{v}{4}$$

أي تقل السرعة أربع مرات.

ملاحظة: يُعطى التركيز المولي الحجمي بالعلاقة: $C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V}$

المسألة الخامسة: وُضِعَ 4 mol من غاز A مع 3 mol من غاز B في وعاء مغلق سعته 10 L، فَحَدَثَ التَّفاعل الأولي عند درجة حرارة معيّنة وفق المعادلة: $2A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow 2C_{(g)}$

فإذا كان ثابت سرعة هذا التفاعل $k = 10^{-2}$. المطلوب:

❶ احسب قيمة سرعة التَّفاعل الابتدائيّة v_0.

❷ احسب قيمة سرعة التَّفاعل v بعد زمن يصبح فيه $[A] = [B]$

❸ احسب قيمة $[C]$ عندما يتفاعل 40 % من المادّة A.

❹ بيّن بالحساب كيف تتغيّر السرعة الابتدائية لهذا التَّفاعل إذا تضاعف حجم الوعاء الذي يحدث فيه (مع ثبات درجة الحرارة).

الحل:

❶ حساب $v_0 = ?$

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [A]_0 = \frac{4}{10} = 0.4 \ mol.L^{-1} \\ [B]_0 = \frac{3}{10} = 0.3 \ mol.L^{-1} \end{cases}$$

$$v_0 = k\,[A]_0^2.[B]_0$$

$$v_0 = (10^{-2})(0.4)^2(0.3)$$

$$\Rightarrow v_0 = 48 \times 10^{-5} \ mol.L^{-1}s^{-1}$$

❷

	$2A_{(g)}$	+	$B_{(g)}$	⟶	$2C_{(g)}$
بدء	0.4		0.3		0
بعد زمن	$0.4-2x$		$0.3-x$		$2x$

من الفرض:

$$[A]=[B]$$

$$0.4-2x=0.3-x$$

$$\boxed{\Rightarrow x=0.1\ mol.L^{-1}}$$

نعوّض في A و B لحساب v:

$$[A]=0.4-2x=0.4-2(0.1)=0.2\ mol.L^{-1}$$

$$[B]=0.3-x=0.3-0.1=0.2\ mol.L^{-1}$$

$$v=k\,[A]^2.[B]$$

$$v=(10^{-2})(0.2)^2(0.2)$$

$$\boxed{\Rightarrow v=8\times10^{-5}\ mol.L^{-1}.s^{-1}}$$

❸

كل $0.4\ mol.L^{-1}$ من المادّة A يتفاعل منها $2x\ mol.L^{-1}$

كل $100\ mol.L^{-1}$ من المادّة A يتفاعل منها $40\ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow 2x=\frac{0.4\times40}{100}=0.16$$

$$\boxed{\Rightarrow x=0.08\ mol.L^{-1}}$$

نعوّض في C:

$$[C]=2x=2(0.08)=0.16\ mol.L^{-1}$$

❹

من الفرض:

$$V'=2V\Rightarrow C'=\frac{C}{2}$$

$$[A]'=\frac{[A]_0}{2}\quad,\quad[B]'=\frac{[B]_0}{2}$$

$$\frac{v'}{v_0}=\frac{k[A]'^2.[B]'}{k[A]^2.[B]}$$

$$\frac{v'}{v_0}=\frac{\left(\frac{[A]_0}{2}\right)^2.\left(\frac{[B]_0}{2}\right)}{[A]_0^2.[B]_0}$$

$$\frac{v'}{v_0}=\frac{1}{8}\Rightarrow v'=\frac{v_0}{8}$$

أي تقلّ السّرعة ثمان مرّات.

$$v'=\frac{48\times10^{-5}}{8}$$

$$\boxed{v'=6\times10^{-5}\ mol.L^{-1}.s^{-1}}$$

خطوات حل مسائل المزج (مزج محلولين):

الخطوة الأولى: نحسب الحجم الجديد بعد المزج:

$$V'=V_1+V_2$$

الخطوة الثانية: نحسب التراكيز الجديدة بعد المزج:

(وهي تراكيز ابتدائية بعد المزج):

① إمّا أن يُعطى في نص المسألة التراكيز قبل المزج. عندها نحسب التراكيز الجديدة من العلاقة:

$$n_{\text{قبل المزج}}=n'_{\text{بعد المزج}}\Rightarrow CV=C'V'\Rightarrow C'=\frac{CV}{V'}$$

② أو أن يُعطى في نص المسألة عدد المولات قبل المزج. عندها نحسب التراكيز الجديدة من العلاقة:

$$C_{mol.L^{-1}}=\frac{n}{V'}$$

مع الانتباه إلى تحويل الحجم إلى L

المسألة السادسة: مُزِجَ 600 mL من محلول للمادّة A تركيزه $0.8\ mol.L^{-1}$ مع 200 mL من محلول للمادّة B تركيزه $0.8\ mol.L^{-1}$ فحَدَثَ التّفاعل الأولي اللّتي في درجة حرارة معيّنة:

$$3A_{(aq)}+B_{(aq)}\longrightarrow 2C_{(aq)}$$

إذا علمت أنّ قيمة ثابت سرعة هذا التّفاعل $k=0.1$. المطلوب:

1. احسب قيمة سرعة التّفاعل الابتدائيّة v_0.
2. احسب $[C]$ وسرعة التّفاعل v بعد زمن يتفاعل 75 % من A
3. إذا تغيّر $[A]$ من $0.06\ mol.L^{-1}$ إلى $0.03\ mol.L^{-1}$ خلال تغيّر الزمن $10\rightarrow30\ s$. المطلوب: احسب السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة C خلال الفاصل الزّمني ذاته.

الحل:

1. يصبح الحجم الجديد بعد المزج:

$$V'=600+200=800\ mL=0.8\ L$$

نحسب التراكيز الجديدة بعد المزج:

$$n_{\text{بعد المزج}}=n_{\text{قبل المزج}}$$

$$CV=C'V'$$

$$\Rightarrow C'=\frac{CV}{V'}\begin{cases}[A]_0=\dfrac{0.8\times600\times10^{-3}}{0.8}=0.6\ mol.L^{-1}\\[2ex][B]_0=\dfrac{0.8\times200\times10^{-3}}{0.8}=0.2\ mol.L^{-1}\end{cases}$$

$$v_0=k\,[A]_0^3.[B]_0$$

$$v_0=(0.1)(0.6)^3(0.2)$$

$$\boxed{\Rightarrow v_0=432\times10^{-5}\ mol.L^{-1}.s^{-1}}$$

❸

	$3A_{(g)}$	+	$B_{(g)}$	⟶	$2C_{(g)}$
بدء	0.6		0.2		0
بعد زمن	$0.6-3x$		$0.2-x$		$2x$

كل $0.6\ mol.L^{-1}$ من المادة A يتفاعل منها $3x\ mol.L^{-1}$

كل $100\ mol.L^{-1}$ من المادة A يتفاعل منها $75\ mol.L^{-1}$

$$3x = \frac{0.6\times 75}{100} = 0.45$$

$$\Rightarrow x = 0.15\ mol.L^{-1}$$

نعوّض في C: $[C] = 2x = 2(0.15) = 0.3\ mol.L^{-1}$

نعوّض في A و B لحساب v:

$[A] = 0.6 - 3x = 0.6 - 3(0.15) = 0.15\ mol.L^{-1}$

$[B] = 0.2 - x = 0.2 - 0.15 = 0.05\ mol.L^{-1}$

$$v = k\,[A]^3.[B]$$

$$v = (0.1)(0.15)^3(0.05)$$

$$\Rightarrow v = 16875\times 10^{-9}\ mol.L^{-1}s^{-1}$$

❸ حساب: $v_{avg(C)} = ?$

نحسب أولاً $v_{avg(A)}$ ثمّ نحسب $v_{avg(C)}$ وذلك لأنّ: معطيات الطلب هي للمادّة A وليس للمادّة C:

$$v_{avg(A)} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

حيث:

$\Delta[A]$:	$0.06 \longrightarrow 0.03\ mol.L^{-1}$
Δt:	$10 \longrightarrow 30\ s$

نعوّض:

$$v_{avg(A)} = -\frac{(0.03-0.06)}{30-10}$$

$$\Rightarrow v_{avg(A)} = +1.5\times 10^{-3}\ mol.L^{-1}s^{-1}$$

نكتب العلاقة التي تربط بين السّرعة الوسطيّة لاستهلاك A والسّرعة الوسطيّة لتشكّل C:

$$-\frac{1}{3}\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = +\frac{1}{2}\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

$$\frac{1}{3}v_{avg(A)} = \frac{1}{2}v_{avg(C)}$$

$$\Rightarrow v_{avg(C)} = \frac{2}{3}v_{avg(A)}$$

$$v_{avg(C)} = \frac{2}{3}\times 1.5\times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow v_{avg(C)} = 10^{-3}\ mol.L^{-1}s^{-1}$$

المسألة السابعة: المسألة الرابعة صفحة 52 كتاب

نضيف 200 mL تحوي 1.2 mol من محلول للمادّة A إلى 200 mL تحوي 0.8 mol من محلول للمادّة B فيتم التّفاعل الأولي الآتي: $2A_{(aq)} + B_{(aq)} \longrightarrow 2C_{(aq)} + D_{(aq)}$

فإذا علمت أنّ قيمة ثابت سرعة هذا التّفاعل $k = 2\times 10^{-2}$.

المطلوب حساب:

❶ قيمة سرعة التّفاعل الابتدائيّة v_0.

❷ قيمة سرعة التّفاعل v بعد زمن يتشكّل فيه 0.4 mol من D.

❸ تركيز كل من المادّتين B ، C عند توقّف التّفاعل.

الحل:

❶ يصبح الحجم الجديد بعد المزج:

$$V_1 = 200 + 200 = 400\ mL = 0.4\ L$$

نحسب التّراكيز الجديدة بعد المزج:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V}\begin{cases}[A]_0 = \dfrac{1.2}{0.4} = 3\ mol.L^{-1}\\ [B]_0 = \dfrac{0.8}{0.4} = 2\ mol.L^{-1}\end{cases}$$

$$v_0 = k[A]_0^2.[B]_0$$

$$v_0 = (2\times 10^{-2})(3)^2(2)$$

$$\Rightarrow v_0 = 36\times 10^{-2}\ mol.L^{-1}s^{-1}$$

❷

$2A_{(g)}$	+	$B_{(g)}$	$\longrightarrow$	$2C_{(g)}$	+	$D_{(g)}$
3		2		0		0
$3-2x$		$2-x$		$2x$		x

نحسب تركيز المادّة D:

$$[D] = \frac{n}{V_1} = \frac{0.4}{0.4} = 1\ mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow x = 1\ mol.L^{-1}$$

نعوّض في A و B لحساب v:

$[A] = 3 - 2x = 3 - 2(1) = 1\ mol.L^{-1}$

$[B] = 2 - x = 2 - 1 = 1\ mol.L^{-1}$

$$v = k[A]^2.[B]$$

$$v = (2\times 10^{-2})(1)^2(1)$$

$$\Rightarrow v = 2\times 10^{-2}\ mol.L^{-1}s^{-1}$$

❸ عند توقّف التّفاعل يكون:

$$v = 0$$

$$k[A]^2.[B] = 0 \quad \because k \neq 0$$

$[A] = 0$

$\Rightarrow 3 - 2x = 0$

$\Rightarrow x = 1.5\ mol.L^{-1}$

نعوّض في B:

$[B] = 2 - x$

$[B] = 2 - 1.5$

$[B] = 0.5\ mol.L^{-1}$

نعوّض في C:

$[C] = 2x$

$[C] = 2(1.5)$

$[C] = 3\ mol.L^{-1}$

مقبول.

$[B] = 0$

$\Rightarrow 2 - x = 0$

$\Rightarrow x = 2\ mol.L^{-1}$

نعوّض في A:

$[A] = 3 - 2x$

$[A] = 3 - 2(2)$

$[A] = -1$

مرفوض، لأنّ التّراكيز موجبة دوماً.

خامسا: رتبة التفاعل:

هي مجموع أسس تراكيز المواد المتفاعلة في عبارة سرعة التّفاعل.

ملاحظة: إذا لم تُذكر كلمة أولي في نص المسألة نضع x ، y في عبارة السّرعة اللّحظيّة للتّفاعل.

المسألة الثامنة: المسألة الثالثة صفحة 60 كتاب

يبيّن الجدول الآتي تغيّر السّرعة الابتدائيّة للتّفاعل:

$A_{(g)} \longrightarrow$ نواتج

رقم التجربة	[A]	v ($mol.L^{-1}.s^{-1}$)
1	0.1	0.008
2	0.2	0.016

المطلوب:

1. اثبت أنّ التّفاعل من الرّتبة الأولى، واكتب عبارة سرعته.
2. احسب قيمة ثابت سرعة هذا التّفاعل.

الحل:

1. $v = k[A]^x$

من التجربة الأولى:

$0.008 = k(0.1)^x$ .....(1)

من التجربة الثانية:

$0.016 = k(0.2)^x$ .....(2)

نقسم طرفي العلاقة 2 على طرفي العلاقة 1:

$$\frac{0.016}{0.008} = \frac{k(0.2)^x}{k(0.1)^x} \Rightarrow 2 = \frac{(0.2)^x}{(0.1)^x} \Rightarrow 2 = (\frac{2}{1})^x$$

$$\Rightarrow 2 = (2)^x$$

$$\boxed{\Rightarrow x = 1}$$

$v = k[A]^x$

$\boxed{v = k[A]^1}$

⇐ التفاعل من الرتبة الأولى.

2. حساب ثابت السرعة k:

$v = k[A]$

من التّجربة الأولى:

$0.008 = k(0.1)^1$

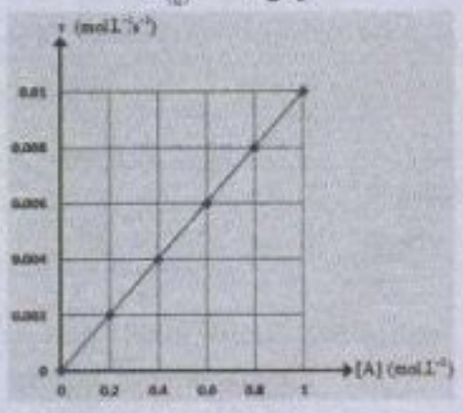
$$\Rightarrow k = \frac{0.008}{0.1}$$

$$\boxed{\Rightarrow k = 8\times10^{-2}}$$

المسألة التاسعة: سؤال رقم 2 صفحة 59 كتاب

يبيّن الشّكل الآتي تغيّر سرعة التّفاعل بتغيّر تركيز المادّة A للتّفاعل:

$A_{(g)} \longrightarrow$ نواتج



المطلوب:

1. حدّد رتبة التّفاعل، ثم اكتب عبارة سرعة هذا التّفاعل.
2. احسب قيمة ثابت سرعة التّفاعل.

الحل:

1. $v = k[A]^x$

من الخط البيانيّ يمكن استنتاج المعطيات الآتية:

رقم التجربة	[A]	v ($mol.L^{-1}.s^{-1}$)
1	0.2	0.002
2	0.4	0.004

من التجربة الأولى:

$0.002 = k(0.2)^x$ .....(1)

من التجربة الثانية:

$0.004 = k(0.4)^x$ ..... (2)

نقسم طرفي العلاقة 2 على طرفي العلاقة 1:

$$\frac{0.004}{0.002} = \frac{k(0.4)^x}{k(0.2)^x} \Rightarrow 2 = \frac{(0.4)^x}{(0.2)^x} \Rightarrow 2 = (\frac{2}{1})^x$$

$$\Rightarrow 2 = (2)^x$$

$$\boxed{\Rightarrow x = 1}$$

$v = k[A]^x$

$\boxed{v = k[A]^1}$

⇐ التفاعل من الرتبة الأولى.

2. حساب ثابت السرعة k:

$v = k[A]$

من التّجربة الأولى:

$0.002 = k(0.2)$

$$\Rightarrow k = \frac{0.002}{0.2}$$

$$\boxed{\Rightarrow k = 10^{-2}}$$

المسألة العاشرة: المسألة الرابعة صفحة 60 كتاب

يتفاعل أكسيد النّتروجين مع الهدروجين وفق المعادلة:

$$NO_{(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow \text{نواتج}$$

وسُجّلت البيانات الآتية عند إجراء التّجربة لعدّة مرّات:

رقم التجربة	$[H_2]$	$[NO]$	$v\ (mol.L^{-1}.s^{-1})$
1	0.4	0.4	1.23×10^{-3}
2	0.8	0.4	2.46×10^{-3}
3	0.4	0.8	4.92×10^{-3}

المطلوب:

1. اكتب عبارة سرعة التّفاعل اللحظيّة، واستنتج رتبته.
2. احسب قيمة ثابت سرعة هذا التّفاعل.
3. احسب سرعة التّفاعل عندما يكون:

$[H_2] = 0.02\ mol.L^{-1}$ و $[NO] = 0.08\ mol.L^{-1}$

الحل:

1.

$$v = k[NO]^x.[H_2]^y$$

$$1.23\times10^{-3} = k(0.4)^x(0.4)^y \quad .....(1)$$

$$2.46\times10^{-3} = k(0.4)^x(0.8)^y \quad .....(2)$$

$$4.92\times10^{-3} = k(0.8)^x(0.4)^y \quad .....(3)$$

نقسّم طرفي العلاقة 3 على طرفي العلاقة 1:

$$\frac{4.92\times10^{-3}}{1.23\times10^{-3}} = \frac{k(0.8)^x(0.4)^y}{k(0.4)^x(0.4)^y} \Rightarrow 4 = \frac{(0.2)^x}{(0.1)^x}$$

$$\Rightarrow 4 = (\frac{2}{1})^x \Rightarrow 4 = (2)^x$$

$$\boxed{\Rightarrow x = 2}$$

نقسّم طرفي العلاقة 2 على طرفي العلاقة 1:

$$\frac{2.46\times10^{-3}}{1.23\times10^{-3}} = \frac{k(0.4)^x(0.8)^y}{k(0.4)^x(0.4)^y} \Rightarrow 2 = \frac{(0.8)^y}{(0.4)^y}$$

$$\Rightarrow 2 = (\frac{2}{1})^y \Rightarrow 2 = (2)^y$$

$$\boxed{\Rightarrow y = 1}$$

$$v = k[NO]^x.[H_2]^y$$

$$v = k[NO]^2.[H_2]^1$$

$$x + y = 2 + 1 = 3$$

⇐ التفاعل من الرتبة الثالثة.

2. من التجربة الأولى:

$$1.23\times10^{-3} = k(0.4)^2(0.4)$$

$$\Rightarrow k = \frac{1.23\times10^{-3}}{(0.4)^2(0.4)} = \frac{1.23\times10^{-3}}{64\times10^{-3}} = \frac{1.23}{64}$$

3.

$$v = k[NO]^2.[H_2]$$

$$v = (\frac{1.23}{64})(0.08)^2(0.02) = 246\times10^{-8}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

نتيجة: يوجد تفاعلات من الرتبة:

① صفر: $v = k$

② الأولى: $v = k[A]$

③ الثانية: $v = k[A][B]$ ، $v = k[A]^2$

④ الثالثة: $v = k[A]^2[B]$ ، $v = k[A][B][C]$ ، $v = k[A]^3$

سؤال: اختر الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. تمّ زيادة تراكيز المواد المتفاعلة إلى مثلي ما كان عليه في التّفاعل:

$A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow$ نواتج ولم تتغيّر سرعة التّفاعل

فتكون العلاقة الممثّلة لسرعة هذا التّفاعل هي:

a	$v = k[A]$	b	$v = k[A][B]$
c	$v = k$	d	$v = k[B]$

2. يحدث التّفاعل الآتي في الغلاف الجوّي:

$$NO_{(g)} + O_{3(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

على مرحلتين:

المرحلة الأولى: ذاتُ تفاعلٍ بطيء:

$$O_{3(g)} \longrightarrow O_{2(g)} + O^*_{(g)}$$

المرحلة الثانية: ذاتُ تفاعلٍ سريع:

$$NO_{(g)} + O^*_{(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$$

فتُكتب عبارة السّرعة على الشّكل الآتي:

a	$v = k[NO][O^*]$	b	$v = k[O_3]$
c	$v = k[NO][O_3]$	d	$v = k[NO][O_3][O^*]$

توضيح الإجابة: المرحلة الأبطأ هي المحدّدة لسرعة التفاعل.

ملاحظات:

① تتحدّد سرعة التّفاعل في التّفاعلات ذات الرّتبة صفر بمجموعة من العوامل منها: مساحة سطح التّماس، أو الحفّاز.

② التّفاعلات الأوليّة: تتوافق فيها عبارة السّرعة اللحظيّة مع معادلة التّفاعل المعطاة.

③ التّفاعلات غير الأوليّة: تجري وفق عدّة مراحل. لا تتوافق فيها عبارة السّرعة اللحظيّة مع معادلة التّفاعل، وتعطى عبارة السّرعة للمرحلة الأبطأ.

سادساً العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي:

❶ طبيعة المواد المتفاعلة:

أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

① **سرعة احتراق غاز البوتان C_4H_{10} أكبر من سرعة احتراق غاز الأوكتان C_8H_{18} في الشروط المتماثلة** دورة 2020 الثانية

الجواب: لأنّ عدد الروابط $(C-C)$ و $(C-H)$ في غاز البوتان أقل منها في غاز الأوكتان.

② **لديك التفاعلين الآتيين:**

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$$

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

إنّ سرعة تفاعل غاز الهدروجين مع غاز الفلور أكبر من تفاعل غاز الهدروجين مع غاز الكلور في الشروط ذاتها. علماً أنّ:

$\Delta H_{b(Cl-Cl)} = +243\ kJ.mol^{-1}$ ، $\Delta H_{b(F-F)} = +156.9\ kJ.mol^{-1}$

الجواب: لأنّ الطّاقة اللازمة لتحطيم الرّابطة $(Cl-Cl)$ أكبر بكثير من الطّاقة اللازمة لتحطيم الرابطة $(F-F)$.

نستنتج أنه

① تزداد سرعة التّفاعل الكيميائيّ كلما قلّت قيمة طاقة روابط المواد المتفاعلة.

② تتعلّق سرعة التفاعل بطبيعة المواد المتفاعلة.

❷ تراكيز المواد المتفاعلة:

سؤال (1): لديك التّفاعل الأوّلي الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

المطلوب:

a) **اكتب عبارة السّرعة اللّحظيّة لهذا التّفاعل، وحدّد رتبته.**

b) **هل هذا التّفاعل متجانس أم لا. علل إجابتك.**

c) **اقترح طريقتين تؤدي إلى زيادة سرعة هذا التّفاعل.**

الجواب:

a) $v = k[H_2][Cl_2]$

التّفاعل من الرتبة الثانية $\Rightarrow 1+1=2$

b) التّفاعل متجانس، لأنّ المواد المتفاعلة والناتجة في طور واحد.

c) طريقة ①: زيادة تركيز H_2. طريقة ②: زيادة تركيز Cl_2.

سؤال (2): لديك التّفاعل الأوّلي الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(\ell)}$$

المطلوب:

a) **اكتب عبارة السّرعة اللّحظيّة لهذا التّفاعل، وحدّد رتبته.**

b) **هل هذا التّفاعل متجانس أم لا. علل إجابتك.**

c) **اقترح طريقتين تؤدي إلى زيادة سرعة هذا التّفاعل.**

الجواب:

a) $v = k[HCl]^2$ $\Rightarrow$ التّفاعل من الرّتبة الثّانية

b) التّفاعل غير متجانس، لأنّ المواد المتفاعلة والناتجة في أطوار مختلفة.

c) طريقة ①: زيادة تركيز حمض كلور الماء HCl.

طريقة ②: تحويل قطعة $CaCO_{3(s)}$ إلى مسحوق.

(زيادة مساحة سطح التماس المعرّض للتّفاعل).

أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

① **تزداد سرعة التّفاعل الكيميائي المتجانس بازدياد تراكيز المواد المتفاعلة.**

الجواب:

بسبب ازدياد عدد التّصادمات الفعّالة بين جزيئات المواد المتفاعلة.

② **يحترق مسحوق الفحم في الهواء بسرعة أكبر من احتراق قطعة الفحم المماثلة له بالكتلة وبالشروط ذاتها.**

أو: **تصدأ برادة الحديد بسرعة أكبر من قطعة الحديد.**

أو: **يتفاعل حمض كلور الماء مع مسحوق الزّنك بسرعة أكبر من تفاعله مع قطعة الزّنك المماثلة له بالكتلة وبالشروط ذاتها.**

أو: **احتراق نشارة الخشب أسرع من احتراق قطعة الخشب لهما نفس الكتلة وبالشروط ذاتها.**

الجواب: بسبب زيادة سطح التّماس بين المواد المتفاعلة.

③ **يحترق الصّوف المعدني عندما تكون نسبة الأكسجين 100% بسرعة أكبر من احتراقه بأكسجين الهواء حيث نسبته 21%.**

الجواب: لأنّ سرعة الاحتراق تزداد بازدياد تركيز غاز الأكسجين.

④ **المواد الصلبة والسائلة الصرفة ذات تركيز ثابت.**

الجواب: لأنّ تغيّر عدد المولات يؤدي إلى تغيّر الحجم والعكس صحيح، فتبقى نسبة عدد المولات إلى الحجم (التّركيز) ثابتة.

❸ درجة الحرارة:

أعط تفسيراً علمياً:

تزداد سرعة التّفاعل الكيميائي بزيادة درجة الحرارة.

الجواب: بسبب ازدياد عدد الجزيئات التي تملك طاقة حركيّة أكبر أو تساوي طاقة التّنشيط، فيزداد عدد التّصادمات الفعّالة وبالتّالي تزداد سرعة التّفاعل.

❹ الوسيط (المواد المساعدة):

- الوسيط: مادّة تغيّر من سرعة التّفاعل الكيميائيّ القابل للحدوث دون أن يتغيّر تركيبها الكيميائيّ في نهاية التّفاعل.
- يُقسم الوسيط إلى:

مسرّع للتّفاعل يُدعى حفّاز، ومثبّط للتّفاعل يُدعى مثبّط.

- يقتصر دور الوسيط (الحفّاز) على: زيادة سرعة التّفاعل القابل للحدوث وبالتالي يُخفّض من طاقة التّنشيط.
- يقتصر دور الوسيط (المثبّط) على: نقصان سرعة التّفاعل القابل للحدوث وبالتالي يرفع من طاقة التّنشيط.

أعط تفسيراً علمياً:

تحفظ الأغذية المعلبة لفترة زمنية طويلة دون أن تفسد.

الجواب: نتيجة إضافة مواد حافظة إليها تُبطئ سرعة تفاعل تحلّلها.

ورقة عمل في سرعة التفاعل الكيميائي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. إذا علمت أنّ قيمة السّرعة الوسطيّة لتكوّن المادّة C تساوي $0.15\ mol.L^{-1}$ فتكون قيمة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة A بواحدة $mol.L^{-1}.s^{-1}$ في التّفاعل الآتي:

$2A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow 3C_{(g)}$ مساويةً:

a	0.1	b	0.225
c	0.15	d	0.3

2. يتفكّك المركّب NO_2 في الدّرجة $300\ ^\circ C$ وفق التّفاعل:

$2NO_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$ فإذا تغيّر $[NO_2]$ من $0.01\ mol.L^{-1}$ إلى $0.0064\ mol.L^{-1}$ خلال $100\ s$. فتكون قيمة السّرعة الوسطيّة لتشكّل O_2 مقدّرة بـ $mol.L^{-1}.s^{-1}$ مساويةً:

a	3.4×10^{-5}	b	6.8×10^{-5}
c	3.4×10^{-4}	d	1.8×10^{-5}

3. من أجل التّفاعل الأوليّ: $3A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow$ نواتج إذا ازداد تركيز المادّة A إلى مثلي ما كان عليه فإنّ سرعة التّفاعل:

a	تزداد مرّتين.	b	تزداد أربع مرّات.
c	تزداد ثمان مرّات.	d	لا تتأثّر.

4. يتعلق ثابت سرعة التّفاعل الأوليّ بـ: دورة 2013 الأولى

a	طبيعة المواد المتفاعلة فقط.	b	درجة الحرارة فقط.
c	طبيعة المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة.	d	طبيعة المواد النّاتجة.

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. بعض التّصادمات ينتج عنها تفاعل كيميائيّ وليس جميعها.
2. المواد الصّلبة (s) لا تظهر في عبارة سرعة التّفاعل الكيميائيّ.
3. تركيز المواد الصّلبة والسّائلة الصّرفة يبقى ثابت.
4. تصدأ برادة الحديد في الهواء الرّطب بسرعة أكبر من قطعة حديد مماثلة لها بالكتلة وبالشّروط ذاتها. دورة 2018 الأولى
5. تزداد سرعة التّفاعل بزيادة تركيز المواد المتفاعلة.
6. إنّ التّفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط عالية تميل إلى أن تكون بطيئة. دورة 2014 الأولى
7. يحترق البروبان بسرعة أكبر من البنتان في الشّروط المتماثلة. دورة 2020 الثانية

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. تزداد سرعة تفاعل كيميائي بارتفاع درجة الحرارة، علّل ذلك. واكتب بقيّة العوامل المؤثّرة في سرعة التّفاعل الكيميائيّ.

المسألة الثانية:

2. a) اكتب عبارة السّرعة اللحظيّة لكلّ من التّفاعلات الأوليّة:

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$

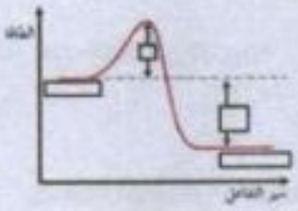
$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \longrightarrow 2AlCl_{3(s)}$

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

b) اقترح طريقتين تؤدّي إلى زيادة سرعة تفاعل كلّ من التّفاعلات السّابقة.

3. يبيّن المخطّط الآتي تغيّر الطّاقة خلال مراحل حدوث التّفاعل.

المطلوب: 2014 + 2018 الثانية



انقل الشّكل المجاور إلى ورقة إجابتك ثمّ بيّن اسم كل مرحلة، أو الطّاقة المشار إليها.

4. يحدث التّفاعل الأوليّ الآتي في درجة حرارة مناسبة:

$2NO_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$

المطلوب: دورة 2013 الثانية

a) اكتب علاقة سرعة هذا التّفاعل بدلالة ثابت السّرعة k.

b) اعتماداً على نظريّة التّصادمات اكتب الشّرطين اللّذين ينبغي توافرهما لكي يكون التّصادم فعّالاً.

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: المسألة الأولى صفحة 59 كتاب

يحدث التّفاعل الآتي في شروط مناسبة: $C_4H_{8(g)} \longrightarrow 2C_2H_{4(g)}$

وقد تمّ تعيين تغيّر تركيز C_4H_8 خلال الزّمن وفق الجدول الآتي:

$[C_4H_8]$	1	0.91	0.83	0.76	0.69	0.63
الزمن (s) t	0	10	20	30	40	50

المطلوب:

1. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك المادّة المتفاعلة وعبارة السّرعة الوسطيّة لتشكّل المادّة النّاتجة.
2. اكتب عبارة السّرعة الوسطيّة للتّفاعل.
3. احسب قيمة السّرعة الوسطيّة لاستهلاك C_4H_8 بين اللّحظتين $40 \rightarrow 50\ s$.
4. احسب قيمة السّرعة الوسطيّة لتشكّل C_2H_4 بين اللّحظتين $20 \rightarrow 30\ s$.

المسألة الثانية: وُضِعَ 5 mol من غاز A مع 2 mol من غاز B في وعاء مغلق سعته 10 L وسُخّن الوعاء إلى درجة حرارة مناسبة.

فحَدَثَ التّفاعل الأوليّ الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$2A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow 3C_{(g)} + 2D_{(g)}$$

فإذا علمت أنّ قيمة ثابت سرعة هذا التفاعل $k = 0.2$.

المطلوب حساب:

1. قيمة سرعة التّفاعل الابتدائيّة.
2. قيمة سرعة التّفاعل v بعد زمن ينقص فيه تركيز المادّة A بمقدار $0.3\ mol.L^{-1}$
3. تركيز المادّة C بعد زمن يصبح فيه تركيز المادّة A مساوياً خُمس تركيزه الابتدائيّ.
4. تركيز المادّة B بعد زمن يتشكّل 3 mol من المادّة C.
5. تركيز المادّة D بعد زمن يتفاعل 80 % من المادّة A.
6. بيّن بالحساب كيف تتغيّر السّرعة الابتدائيّة لهذا التّفاعل إذا أصبح الضغط على الوعاء الذي يحدث فيه التّفاعل نصف ما كان عليه مع بقاء درجة الحرارة ثابتة.
7. تركيز المادّة D عندما يتوقف التّفاعل.

المسألة الثالثة: مُزِجَ 100 mL من محلول للمادّة A تركيزه $0.4\ mol.L^{-1}$ مع 900 mL من محلول للمادّة B تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ فحَدَثَ التّفاعل الأوليّ الآتي في درجة حرارة مناسبة:

$$2A_{(aq)} + B_{(aq)} \longrightarrow C_{(aq)} + 2D_{(aq)}$$

إذا علمت أنّ قيمة ثابت سرعة هذا التّفاعل $k = \frac{1}{0.16}$.

المطلوب حساب:

1. سرعة التّفاعل الابتدائيّة v_0.
2. تركيز المادّة C بعد زمن يصبح فيه $[D] = 0.02\ mol.L^{-1}$.

المسألة الرابعة: يحدث التّفاعل الآتي في شروط مناسبة:

$$NO_{2(g)} + CO_{(g)} \longrightarrow \text{نواتج}$$

وكانت النّتائج لقياس سرعة التّفاعل الابتدائيّة في عدّة تجارب بتراكيز مختلفة على الشّكل:

رقم التجربة	$[CO]$	$[NO_2]$	$v\ (mol.L^{-1}.s^{-1})$
1	0.1	0.1	0.0021
2	0.1	0.2	0.0084
3	0.2	0.2	0.0084

المطلوب:

1. اكتب عبارة سرعة التّفاعل اللّحظيّة، واستنتج رتبته.
2. احسب قيمة ثابت سرعة هذا التّفاعل.

انتهت ورقة العمل

أ. أسامة الحصري

الوحدة الثالثة: الدرس الثاني: التوازن الكيميائي

أولاً تعريف التفاعل المتوازن

هو تفاعل عكوس وغير تام ويُمثّل بمعادلة ذات اتجاهين متعاكسين:

$$aA + bB \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} cC + dD$$

ثانياً حالة التوازن الكيميائي – التفاعلات العكوسة

أعط تفسيراً علمياً:

لا تُستهلك المواد المتفاعلة كلياً في التفاعلات المتوازنة.

الجواب: لأنّ المواد النّاتجة تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة في الشّروط ذاتها.

ثالثاً المفهوم الحركي للتوازن الكيميائي

سؤال: لديك التفاعل المتوازن الآتي:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} C_{(g)} + D_{(g)}$$ المطلوب:

1. **بيّن كيف تتغير تراكيز كل من المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل المتوازن.**
2. **اكتب العلاقة بين سرعتي التفاعل المباشر (1) والعكسي (2) عند ثبات التّراكيز.**
3. **ماذا تُسمّى الحالة التي تثبت فيها تراكيز المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة.**
4. **ارسم خطاً بيانياً يوضح:**
   a) **تغير تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة بدلالة الزمن حتى الوصول إلى حالة التوازن.**
   b) **تغير سرعتي التّفاعل المباشر والعكسي بدلالة الزمن حتى الوصول إلى حالة التوازن.**

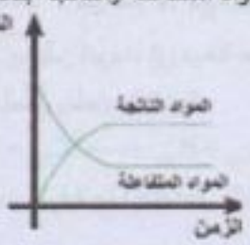
الجواب:

1. في بداية التفاعل: تكون تراكيز المواد المتفاعلة كبيرة وأعظميّة أي أنّ سرعة التّفاعل المباشر كبيرة و أعظميّة. في حين تكون تراكيز المواد النّاتجة معدومة أي أنّ سرعة التّفاعل العكسي معدومة.
   وبمرور الزّمن: تنقص تراكيز المواد المتفاعلة (تُستهلك) فتنقص سرعة التّفاعل المباشر. وتزداد تراكيز المواد النّاتجة (تتكوّن) فتزداد سرعة التّفاعل العكسي حتى تتساوى السّرعتان فنصل إلى حالة التّوازن.

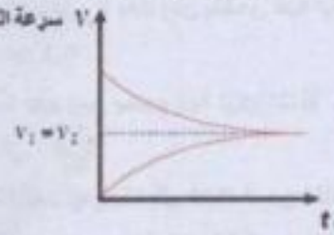
2. ثبات التّراكيز يدل على تساوي سرعتي التّفاعلين: المباشر (1) والعكسي (2) أي أنّ: ($v_1 = v_2$).

3. تُسمّى حالة التّوازن: وهي الحالة التي تثبت فيها تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة وتكون عندها سرعة التّفاعل المباشر تساوي سرعة التّفاعل العكسي ($v_1 = v_2$).

4. a) تغيّر تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة بدلالة الزّمن:



b) تغيّر سرعتي التفاعل المباشر والعكسيّ بدلالة الزّمن:



أعط تفسيراً علمياً:

يسمّى التوازن في حال التفاعلات الكيميائية بالتّوازن الحركي.

الجواب: لأنّ التّوازن يحدث عندما تتساوى سرعة التّفاعل المباشر مع سرعة التّفاعل العكسيّ ولا تكون قيمة السّرعة لأيّ تفاعل معدومة.

رابعاً ثابت التوازن الكيميائي

سؤال: في التفاعل المتوازن الآتي:

$$aA_{(g)} + bB_{(g)} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} cC_{(g)} + dD_{(g)}$$

بفرض أن كل من التفاعلين المباشر والعكسي أوليان. دورة 2004

المطلوب:

a) **اكتب عبارة سرعة التفاعل المباشر وعبارة سرعة التفاعل العكسي.**

b) **استنتج علاقة ثابت التوازن.**

الجواب:

a) عبارة سرعة التّفاعل المباشر (1):

$$v_1 = k_1[A]^a[B]^b$$

عبارة سرعة التّفاعل العكسيّ (2):

$$v_2 = k_2[C]^c[D]^d$$

b) عند التّوازن يكون:

$$v_1 = v_2$$

$$k_1[A]^a[B]^b = k_2[C]^c[D]^d$$

نعزل الثّوابت لطرف والتّراكيز لطرف آخر:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

حيث أنّ النّسبة $\frac{k_1}{k_2}$ مقدار ثابت نرمز له بـ K_c.

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$$

وهي عبارة ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز K_c.

أعط تفسيراً علمياً: دورة 2020 الأولى

لا تظهر المواد الصلبة s والسائلة ℓ في عبارة ثابت التوازن.

الجواب: لأنّ تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كميّتها.

ملاحظات

① يمكن التّعبير (في التّفاعلات الغازيّة) عن ثابت التّوازن بدلالة الضّغوط الجزئيّة:

$$K_p = \frac{P_{(C)}^{c} \cdot P_{(D)}^{d}}{P_{(A)}^{a} \cdot P_{(B)}^{b}}$$

② K_c و K_p مقداران ثابتان ليس لهما واحدة.

③ تتعلّق قيمة K_c و K_p بدرجة الحرارة فقط.

④ العلاقة التي تربط بين K_p و K_c:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

Δn: الفرق بين عدد المولات الغازيّة النّاتجة وعدد المولات الغازيّة المتفاعلة ($\Delta n = n_2 - n_1$).

R: ثابت الغازات العام $R = 0.082 \ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

T: درجة الحرارة المطلقة (كلفن) حيث: $T = {}^{\circ}C + 273$

⑤ يكون $K_p = K_c$: عندما تتساوى عدد المولات الغازيّة في طرفي المعادلة الموزونة، أي أنّ عدد المولات الغازيّة النّاتجة تساوي عدد المولات الغازيّة المتفاعلة ($n_2 = n_1$) وتكون عندها ($\Delta n = 0$).

سؤال (1): **اكتب علاقة كل من ثابتي التوازن K_c و K_p لكل من التفاعلات الآتية، ثمّ اكتب العلاقة التي تربط بينها لكل منها:**

$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftarrows H_2S_{(g)}$	$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)}$
$K_c = \frac{[H_2S]}{[H_2]}$	$K_c = \frac{[CH_4]}{[H_2]^2}$
$K_p = \frac{P_{(H_2S)}}{P_{(H_2)}}$	$K_p = \frac{P_{(CH_4)}}{P_{(H_2)}^2}$
$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ حيث: $\Delta n = n_2 - n_1$ $\Delta n = 1 - 1 = 0$ ومنه: $K_p = K_c (RT)^0$ $\Rightarrow K_p = K_c$	$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ حيث: $\Delta n = n_2 - n_1$ $\Delta n = 1 - 2 = -1$ ومنه: $K_p = K_c (RT)^{-1}$ $\Rightarrow K_p = \frac{K_c}{RT}$

سؤال (2): **اختر الإجابة الصحيحة:**

أيّ من التّفاعلات الآتية تكون النّسبة $\frac{K_p}{K_c}$ أكبر عند درجة الحرارة ذاتها:

a	$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{(g)}$	$\Delta n = 0$
b	$CaCO_{3(s)} \rightleftarrows CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	$\Delta n = 1$
c	$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftarrows H_2S_{(g)}$	$\Delta n = 0$
d	$Ni(CO)_{2(s)} \rightleftarrows Ni_{(s)} + 2CO_{(g)}$	$\Delta n = 2$

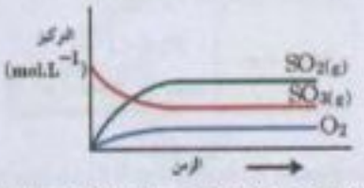
توضيح الإجابة:

$$\frac{K_p}{K_c} = (RT)^{\Delta n}$$

أيّ كلّما كانت قيمة Δn أكبر كانت النّسبة $\frac{K_p}{K_c}$ أكبر.

سؤال (3): دورة 2020 الأولى

يمثل الشكل الآتي تفاعل متوازن. المطلوب:



a) اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبرة عن التّفاعل الحاصل، ووازنها.

b) اكتب العلاقة التي تربط بين K_c و K_p لهذا التفاعل.

الجواب:

(a)

$$2SO_{3(g)} \rightleftarrows 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

(b)

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$
$$\Delta n = n_2 - n_1$$
$$\Delta n = 3 - 2 = 1$$
$$K_p = K_c (RT)^1$$

سؤال (4): **عند مزج حجمين متساويين من غازي الهدروجين H_2 وبخار اليود I_2 ذي اللّون البنفسجي في شروط مناسبة، يلاحظ تضاؤل اللّون البنفسجي ثم ثباته. المطلوب:**

a) اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التّفاعل الحاصل.

b) فسر بقاء اللون البنفسجي.

c) اكتب عبارة كل من ثابتي التّوازن K_c و K_p.

الجواب:

(a)

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$$

(b) يدل ثبات اللّون البنفسجي على الوصول إلى حالة التّوازن أي يصبح عندها سرعة تبخّر اليود تساوي سرعة تكثّفه.

(c)

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]} \quad , \quad K_p = \frac{P_{(HI)}^2}{P_{(H_2)}.P_{(I_2)}}$$

خامساً: أهمية ثابت التوازن

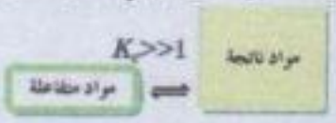
نبيّن قيمة ثابت التوازن لتفاعل ما: مدى تحوّل المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التوازن.

① إذا كانت قيمة $K_c \gg 1$ (كبيرة):

⇐ البسط > المقام

⇐ كميّة المواد النّاتجة > كميّة المواد المتفاعلة

⇐ التّفاعل يحدث إلى مدى كبير في الاتّجاه المباشر.

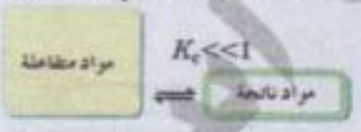


② إذا كانت قيمة $K_c \ll 1$ (صغيرة):

⇐ البسط < المقام

⇐ كميّة المواد النّاتجة < كميّة المواد المتفاعلة

⇐ التّفاعل لا يحدث إلى مدى كبير في الاتّجاه المباشر.



سؤال (1): قارن بين كمية المواد المتفاعلة والمواد النّاتجة عند بلوغ التوازن في كل من التفاعلين الآتيين:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)} \qquad K_c = 14\times10^{+1}$$

بما أنّ: $K_c \gg 1$ ⇐ كميّة المواد النّاتجة أكبر من كميّة المواد المتفاعلة.

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} \qquad K_c = 1.5\times10^{-10}$$

بما أنّ: $K_c \ll 1$ ⇐ كميّة المواد النّاتجة أقل من كميّة المواد المتفاعلة.

سؤال (2): اختر الإجابة الصحيحة:

يُمزج 0.1 mol من مادّة A مع 0.1 mol من مادّة B في وعاء سعته 1 L فتكون قيمة $K_c = 10^{-3}$ للتّفاعل المتوازن الآتي:

$$A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$$

فيكون عند بلوغ التّوازن:

a	$[C]=2[B]$	b	$[C]=[B]$
c	$[C]>[B]$	d	$[C]<[B]$

توضيح الإجابة:

بما أنّ $K_c < 1$ فيكون تركيز المواد النّاتجة أقل من تركيز المواد المتفاعلة.

سادساً: حساب ثابت التوازن من خلال المعادلات

إذا عُكس تفاعل ما، فإن ثابت التوازن الجديد يساوي مقلوب ثابت التوازن الأصلي.

مثال: لديك التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} \qquad K_c$$

إذا عُكِس هذا التّفاعل يُصبح:

$$B_{(g)} \rightleftharpoons A_{(g)} \qquad K_c' = \frac{1}{K_c}$$

إذا ضُرب تفاعل برقم، فإن ثابت التوازن الجديد يرفع إلى أس يساوي هذا العدد

مثال: لديك التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} \qquad K_c$$

إذا ضُرِب هذا التّفاعل بعدد ما (n مثلاً) يُصبح:

$$nA_{(g)} \rightleftharpoons nB_{(g)} \qquad K_c' = (K_c)^n$$

تطبيق (1): لديك التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \qquad K_c = 0.36$$

المطلوب: احسب قيمة ثابت التّوازن K_c لكلٍ من التّفاعلين الآتيين:

1) $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)} \qquad K_{c_1} = ?$

$$K_{c_1} = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

توضيح الإجابة: نلاحظ أنّ التّفاعل مجهول قيمة K_c ينتج من عكس التفاعل معلوم قيمة K_c، وبالتالي عند حساب قيمة K_{c_1} نقوم بقلب قيمة K_c المعلومة.

2) $\frac{1}{2}N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons NO_{2(g)} \qquad K_{c_2} = ?$

$$K_{c_2} = (K_c)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{K_c} = \sqrt{0.36} = \sqrt{36\times10^{-2}} = 0.6$$

توضيح الإجابة: نلاحظ أنّ التّفاعل مجهول قيمة K_c ينتج من ضرب التفاعل معلوم قيمة K_c بالعدد $\frac{1}{2}$، وبالتالي عند حساب قيمة K_{c_2} نقوم برفع قيمة K_c المعلومة للعدد $\frac{1}{2}$.

عند جمع تفاعلين، فإن ثابت التوازن للتفاعل الجديد يساوي جداء قيم ثوابت التوازن لكلٍ من هذين التفاعلين

مثال:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)} \qquad K_{c_1}$$

$$C_{(g)} + F_{(g)} \rightleftharpoons G_{(g)} + A_{(g)} \qquad K_{c_2}$$

بجمع المعادلتين السّابقتين نحصل على:

$$B_{(g)} + F_{(g)} \rightleftharpoons G_{(g)} + D_{(g)} \qquad K_c = K_{c_1} \times K_{c_2}$$

تطبيق (2): استناداً إلى التفاعلين الآتيين:

1) $Fe_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons FeO_{(s)} + CO_{(g)} \quad K_{c_1} = 1.47$

2) $Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons FeO_{(s)} + H_{2(g)} \quad K_{c_2} = 2.38$

احسب قيمة ثابت التوازن K_c للتفاعل:

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \quad K_c = ?$$

الحل:

نبقي المعادلة الأولى كما هي:

1) $Fe_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons FeO_{(s)} + CO_{(g)} \quad K_{c_1} = 1.47$

نعكس المعادلة الثانية:

2) $FeO_{(s)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \quad K'_{c_2} = \frac{1}{K_{c_2}} = \frac{1}{2.38}$

بجمع المعادلتين السابقتين نحصل على:

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

$$K_c = K_{c_1} \times K'_{c_2} = 1.47 \times \frac{1}{2.38} = \frac{147}{238}$$

العوامل المؤثرة في حالة التوازن

درس العالم لوشاتولييه التغيرات التي تؤثر في حالة التوازن الكيميائي. وتنص قاعدة لوشاتولييه على أنه:

إذا حدث تغير في أحد العوامل المؤثرة في جملة كيميائية متوازنة مثل: التركيز أو الضغط أو درجة الحرارة ⇐ يختل التوازن ⇐ يرجح التفاعل بالاتجاه الذي يعاكس فيه هذا التغير.

❶ تأثير تغيّر التراكيز:

- عند زيادة تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التوازن، فيُرجّح التفاعل بالاتجاه الذي ينقص فيه تركيز هذه المادة.
- عند نقصان تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التوازن، فيُرجّح التفاعل بالاتجاه الذي يزداد فيه تركيز هذه المادة.

تطبيق (3): يحدث التفاعل المتوازن الآتي في شروط مناسبة:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التغير/ التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة
زيادة كمية B	يُرجّح التفاعل بالاتجاه المباشر.	تنقص	تزداد
نقصان كمية B	يُرجّح التفاعل بالاتجاه العكسي.	تزداد	تنقص
زيادة كمية C	يُرجّح التفاعل بالاتجاه العكسي.	تزداد	تنقص
نقصان كمية C	يُرجّح التفاعل بالاتجاه المباشر.	تنقص	تزداد

ملاحظة: لا يؤثر تغير تركيز مادة في قيمة ثابت التوازن K_c (علل):

لأنّ ثابت التوازن K_c يتعلق بدرجة الحرارة فقط.

❷ تأثير تغيّر الضغط:

- عند زيادة الضغط يختل التوازن، فيُرجّح التفاعل بالاتجاه الذي يحوي عدد مولات غازية أقل.
- عند نقصان الضغط يختل التوازن، فيُرجّح التفاعل بالاتجاه الذي يحوي عدد مولات غازية أكثر.

تطبيق (4): لديك التفاعل المتوازن الآتي:

$$2A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التغير / التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة
نقصان الضغط	يُرجّح التفاعل بالاتجاه العكسي.	تزداد	تنقص
زيادة الضغط	يُرجّح التفاعل بالاتجاه المباشر.	تنقص	تزداد

ملاحظات:

① لا يؤثر تغير الضغط في حالة التوازن إذا كان عدد المولات الغازية متساوياً في طرفي المعادلة. مثال: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

② لا يؤثر تغير الضغط في قيمة ثابت التوازن K_c (علل):

لأنّ ثابت التوازن K_c يتعلق بدرجة الحرارة فقط.

❸ تأثير تغيّر درجة الحرارة:

- عند رفع درجة الحرارة يختل التوازن، فيُرجّح التفاعل بالاتجاه الماص للحرارة.
- عند خفض درجة الحرارة يختل التوازن، فيُرجّح التفاعل بالاتجاه الناشر للحرارة.

ولمعرفة الاتجاه الناشر والماص للحرارة ننظر إلى قيمة ΔH للتفاعل:

قيمة ΔH	نوع التفاعل	الشكل العام
$\Delta H > 0$ موجبة.	ماصّ للحرارة.	ماص ⇌ ناشر
$\Delta H < 0$ سالبة.	ناشر للحرارة.	ناشر ⇌ ماص

تطبيق (5): يحدث التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = +198\ kJ$$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التغير/ التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد النّاتجة	قيمة K_c
رفع درجة الحرارة	يُرجّح التّفاعل المباشر لأنه الاتّجاه الماصّ للحرارة.	تنقص	تزداد	تزداد
خفض درجة الحرارة	يُرجّح التّفاعل العكسيّ لأنه الاتّجاه النّاشر للحرارة.	تزداد	تنقص	تنقص

* تأثير درجة الحرارة على قيمة ثابت التوازن:

أعط تفسيراً علمياً لكل ممّا يأتي:

a) **تزداد قيمة ثابت التّوازن عندما يرجّح التّفاعل المباشر بتأثير تغير درجة الحرارة.**

بسبب ازدياد كميّة المواد النّاتجة ونقصان كميّة المواد المتفاعلة.

توضيح: $\uparrow K_c = \frac{\uparrow[\text{النواتج}]}{\downarrow[\text{المتفاعلات}]}$

b) **تنقص قيمة ثابت التّوازن عندما يرجّح التّفاعل العكسي بتأثير تغير درجة الحرارة.**

بسبب نقصان كميّة المواد النّاتجة وازدياد كميّة المواد المتفاعلة.

توضيح: $\downarrow K_c = \frac{\downarrow[\text{النواتج}]}{\uparrow[\text{المتفاعلات}]}$

* تأثير الحفّاز:

لا يؤثّر الحفاز في حالة التّوازن ولا في قيمة ثابت التّوازن. وإنّما يُسرّع الوصول إلى حالة التّوازن.

أعط تفسيراً علمياً: إضافة حفاز تسرّع الوصول إلى حالة التّوازن.

الجواب:

لأنّ الحفّاز يزيد من سرعة التّفاعل المباشر والعكسيّ بالمقدار ذاته.

تطبيق (6): ليكن التّفاعل المتوازن الآتي:

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \quad \Delta H < 0$$

المطلوب:

1. اكتب عبارة ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز، ثمّ بدلالة الضّغوط الجزئيّة.
2. اكتب العلاقة التي تربط بين K_c و K_p لهذا التّفاعل.
3. بيّن تأثير رفع درجة الحرارة على حالة التّوازن مع التّفسير.
4. اقترح طريقة تؤدّي إلى زيادة قيمة ثابت التّوازن. علّل إجابتك.

الجواب:

1. $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2.[O_2]}$ ، $K_p = \frac{P^2_{(NO_2)}}{P^2_{(NO)}.P_{(O_2)}}$
2. $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

$$\Delta n = n_2 - n_1$$

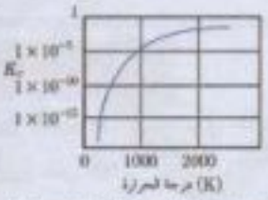
$$\Delta n = 2 - 3 = -1$$

$$\Rightarrow K_p = K_c(RT)^{-1}$$

3. يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه العكسيّ لأنّه الاتّجاه الماصّ للحرارة.
4. يخفض درجة الحرارة، حيث يُرجّح التّفاعل بالاتجاه المباشر ممّا يؤدّي إلى زيادة تركيز المواد النّاتجة ونقصان تركيز المواد المتفاعلة، وبالتالي زيادة قيمة ثابت التّوازن.

سؤال (1): يمثل المنحني البياني الآتي قيم مختلفة لثابت التوازن K_c بدلالة درجة الحرارة للتفاعل الآتي:

$$\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons NO_{(g)}$$



المطلوب: بيّن فيما إذا كان التّفاعل ناشر للحرارة أم ماص للحرارة.

الجواب: نستنتج من المنحني البيانيّ أنه:

برفع درجة الحرارة تزداد قيمة K_c.

ونعلم أنّه:

① برفع درجة الحرارة يُرجّح التّفاعل بالاتجاه الماصّ للحرارة.

② تزداد قيمة ثابت التّوازن عندما يُرجّح التّفاعل المباشر.

وبالتالي: التفاعل المباشر ماص للحرارة

$\Leftarrow$ التفاعل ماص للحرارة $\Delta H > 0$.

سؤال (2): قيست قيم ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية في درجات حرارة مختلفة: $3A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$ المطلوب:

درجة الحرارة °C	قيم K_c
300	4.34×10^{-3}
400	1.64×10^{-4}

هل التّفاعل ناشر للحرارة أم ماص للحرارة. فسّر إجابتك.

الجواب:

نستنتج من الجدول أنه:

برفع درجة الحرارة تقل قيمة ثابت التّوازن.

ونعلم أنّه:

① برفع درجة الحرارة يُرجّح التّفاعل بالاتجاه الماصّ للحرارة.

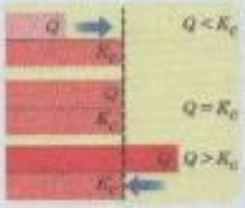
② تقل قيمة ثابت التّوازن عندما يُرجّح التّفاعل العكسيّ.

وبالتالي: التفاعل العكسيّ ماص للحرارة

$\Leftarrow$ التفاعل ناشر للحرارة $\Delta H < 0$.

سابعا. حاصل التفاعل Q

تُمثل عبارة حاصل التفاعل Q عبارة ثابت التوازن K_c حيث تُؤخذ التراكيز في لحظة ما (دون شرط الوصول لحالة التوازن).



نميز ثلاث حالات:

① $Q < K_c$ ⇐ تراكيز المواد النّاتجة أقل من تراكيزها في حالة التّوازن.
⇐ يُرجّح التّفاعل المباشر على التّفاعل العكسيّ للوصول إلى حالة التّوازن.

② $Q = K_c$ ⇐ التّفاعل في حالة توازن.

③ $Q > K_c$ ⇐ تراكيز المواد النّاتجة أكبر من تراكيزها في حالة التّوازن.
⇐ يُرجّح التّفاعل العكسيّ على التّفاعل المباشر للوصول إلى حالة التّوازن.

تطبيق: يحتوي وعاء حجمه $2\,L$ على $4\times10^{-2}\ mol$ من $HI_{(g)}$ و $10^{-2}\ mol$ من $H_{2(g)}$ و $2\times10^{-2}\ mol$ من $I_{2(g)}$ ويحدث فيه التفاعل وفق المعادلة: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ فإذا علمت أن قيمة ثابت التّوازن $K_c = 50.5$ عند الدّرجة $440\ ^\circ C$. المطلوب:

1. احسب حاصل التّفاعل Q.
2. حدّد التّفاعل الرّاجح (المباشر / العكسيّ) مع التّعليل.

الحل:

1.

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [HI] = \dfrac{4\times10^{-2}}{2} = 2\times10^{-2}\ \ mol.L^{-1} \\ [I_2] = \dfrac{2\times10^{-2}}{2} = 10^{-2}\ \ mol.L^{-1} \\ [H_2] = \dfrac{10^{-2}}{2} = 5\times10^{-3}\ \ mol.L^{-1} \end{cases}$$

$$Q = \frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]}$$

$$Q = \frac{(2\times10^{-2})^2}{(5\times10^{-3})(10^{-2})}$$

$$\Rightarrow Q = 8$$

2. التّفاعل لم يصل إلى حالة التّوازن لأنّ: $Q \neq K_c$.
التّفاعل المباشر هو التّفاعل الرّاجح لأنّ: $Q < K_c$.

المسألة الأولى: دورة 2009

يحدث التّفاعل المتوازن الآتي عند درجة حرارة مناسبة: $2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)} + D_{(g)}$ فإذا كانت التّراكيز الابتدائية:

$[A]_0 = 2\ mol.L^{-1}$ ، $[B]_0 = 1.5\ mol.L^{-1}$

وعند التّوازن كان: $[C]_{eq} = 1\ mol.L^{-1}$ المطلوب حساب:

1. قيمة K_c، ثمّ استنتج قيمة K_p للتّفاعل السّابق.
2. النّسبة المئويّة المتفاعلة من A للوصول إلى حالة التّوازن.

الحل:

1.

	$2A_{(g)}$	+ $B_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2C_{(g)}$	+ $D_{(g)}$
بدء	2	1.5		0	0
توازن	$2-2x$	$1.5-x$		$2x$	x

من الفرض:

$$K_p$$

$$\Rightarrow 2x = 1$$

$$\boxed{\Rightarrow x = 0.5\ mol.L^{-1}}$$

نحسب التّراكيز عند التّوازن:

$$[A]_{eq} = 2-2x = 2-2(0.5) = 1\ mol.L^{-1}$$

$$[B]_{eq} = 1.5-x = 1.5-0.5 = 1\ mol.L^{-1}$$

$$[D]_{eq} = x = 0.5\ mol.L^{-1}$$

$$K_c = \frac{[C]^2.[D]}{[A]^2.[B]}$$

$$K_c = \frac{(1)^2(0.5)}{(1)^2(1)}$$

$$\boxed{\Rightarrow K_c = 0.5}$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1$$

$$\Delta n = 3-3 = 0$$

$$\boxed{\Rightarrow K_p = K_c = 0.5}$$

2. كل $2\ mol.L^{-1}$ من المادّة A يتفاعل منها $2x = 1\ mol.L^{-1}$
كل $100\ mol.L^{-1}$ من المادّة A يتفاعل منها $Z\ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow Z = \frac{1\times100}{2} = 50\ mol.L^{-1}$$

وكنسبة مئوية: $50\ \%$

المسألة الثانية: دورة 2019 الثانية

يحدث التّفاعل الممثّل بالمعادلة: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

عند درجة حرارة مناسبة، في وعاء مغلق حجمه 10 L

وعند بلوغ التّوازن كان عدد مولات: غاز النّتروجين 2 mol ، وغاز الهدروجين 6 mol ، وغاز النّشادر 4 mol . المطلوب:

1. احسب قيمة ثابت التّوازن K_c لهذا التّفاعل.
2. احسب التّركيز الابتدائيّ لكلّ من: N_2 و H_2.
3. اقترح ثلاث طرائق تؤدّي إلى زيادة كميّة NH_3 النّاتج.

الحل:

1. لحساب K_c نحسب أولاً تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة عند التّوازن:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [N_2]_{eq} = \frac{2}{10} = 0.2 \ mol.L^{-1} \\ [H_2]_{eq} = \frac{6}{10} = 0.6 \ mol.L^{-1} \\ [NH_3]_{eq} = \frac{4}{10} = 0.4 \ mol.L^{-1} \end{cases}$$

حساب قيمة ثابت التوازن K_c:

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2].[H_2]^3}$$

$$K_c = \frac{(0.4)^2}{(0.2)(0.6)^3} = \frac{100}{27}$$

$$\Rightarrow K_c = 3.7$$

2.

	$N_{2(g)}$	+	$3H_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
بدء	$[N_2]_0$		$[H_2]_0$		0
توازن	$\underbrace{[N_2]_0 - x}_{0.2}$		$\underbrace{[H_2]_0 - 3x}_{0.6}$		$\underbrace{2x}_{0.4}$

ولكن: $[NH_3]_{eq} = 0.4 \ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow 2x = 0.4$$

$$\Rightarrow x = 0.2 \ mol.L^{-1}$$

نحسب التّراكيز الابتدائيّة:

$$[N_2]_0 - x = 0.2$$

$$[N_2]_0 - 0.2 = 0.2$$

$$\Rightarrow [N_2]_0 = 0.4 \ mol.L^{-1}$$

$$[H_2]_0 - 3x = 0.6$$

$$[H_2]_0 - 3(0.2) = 0.6$$

$$\Rightarrow [H_2]_0 = 1.2 \ mol.L^{-1}$$

3. **الطريقة الأولى:** زيادة كميّة H_2.

الطريقة الثانية: زيادة كميّة N_2.

الطريقة الثالثة: زيادة الضّغط الكلّي فقط.

المسألة الثالثة: دورة 2015 الثانية

وُضِعَ 5 mol من NO_2 في وعاء سعته 10 L، وسُخّن إلى درجة حرارة مناسبة فحَدَثَ التّفاعل المتوازن:

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$$

وعند بلوغ التوازن كان عدد مولات NO_2 مساوياً 2 mol.

المطلوب:

1. احسب قيمة ثابت التوازن K_c لهذا التفاعل.
2. ما أثر زيادة حجم الوعاء الذي يحدث فيه هذا التفاعل على حالة التوازن (مع بقاء درجة الحرارة ثابتة). علّل إجابتك.

الحل:

1. نحسب التركيز الابتدائيّ والتركيز عند التوازن لـ NO_2:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [NO_2]_0 = \frac{5}{10} = 0.5 \ mol.L^{-1} \\ [NO_2]_{eq} = \frac{2}{10} = 0.2 \ mol.L^{-1} \end{cases}$$

	$2NO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{(g)}$	+	$O_{2(g)}$
بدء	0.5		0		0
توازن	$\underbrace{0.5-2x}_{0.2}$		$2x$		x

ولكن:

$$[NO_2]_{eq} = 0.2 \ mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow 0.5 - 2x = 0.2$$

$$\Rightarrow x = 0.15 \ mol.L^{-1}$$

نحسب التّراكيز عند التّوازن:

$$[NO]_{eq} = 2x = 2(0.15) = 0.3 \ mol.L^{-1}$$

$$[O_2]_{eq} = x = 0.15 \ mol.L^{-1}$$

حساب قيمة ثابت التوازن K_c:

$$K_c = \frac{[NO]^2.[O_2]}{[NO_2]^2}$$

$$K_c = \frac{(0.3)^2(0.15)}{(0.2)^2}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{135}{400}$$

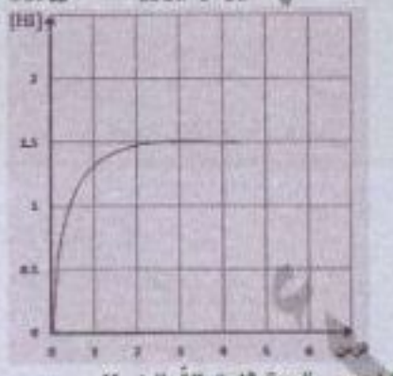
2. زيادة حجم الوعاء ⇔ نقصان الضّغط الكلّي.

وبالتالي يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه الذي يحوي عدد مولات غازيّة أكثر، أي بالاتجاه المباشر في هذه الحالة.

المسألة الرابعة: المسألة السادسة صفحة 78 كتاب

يتفاعل 1 mol من بخار اليود مع 1 mol من غاز الهدروجين في وعاء مغلق حجمه 1 L وفق: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

حيث يبيّن المخطط الآتي تغيّر تركيز يود الهدروجين بدلالة الزّمن:



المطلوب: ❶ احسب قيمة ثابت التّوازن K_c.

❷ ارسم خطّاً بيانيّاً يوضّح تغيّر تركيز H_2 بدلالة الزّمن.

الحل:

❶ نحسب التركيز الابتدائيّ لكلّ من المادّتين H_2 و I_2:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [H_2]_0 = \frac{1}{1} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \\ [H_2]_0 = \frac{1}{1} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$

	$H_{2(g)}$	+	$I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HI_{(g)}$
بدء	1		1		0
توازن	$1-x$		$1-x$		$2x$

نعلم أنّه عند التّوازن تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة، ومن الخطّ البيانيّ نستنتج أنّ:

$$[HI]_{eq} = 1.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow 2x = 1.5$$

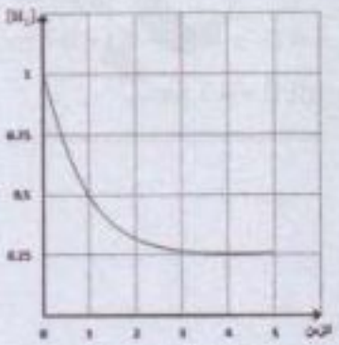
$$\boxed{\Rightarrow x = 0.75 \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$[H_2]_{eq} = [I_2]_{eq} = 1 - x = 1 - 0.75 = 0.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

حساب قيمة ثابت التوازن K_c:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]} = \frac{(1.5)^2}{(0.25)(0.25)} = 36$$

❷



المسألة الخامسة: تطبيق 8 صفحة 73 كتاب

وُضِعَ 4 mol من PCl_5 في وعاء مغلق سعته 2 L وسُخّن الوعاء إلى الدّرجة 500 K فتتفكّك منه 10 % عند بلوغ التّوازن وفق المعادلة الآتية: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ المطلوب:

❶ احسب قيمة ثابت التّوازن K_c، ثمّ احسب قيمة K_p.

علماً أنّ: $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.K^{-1}$

❷ ما تأثير زيادة تركيز PCl_5 على حالة التّوازن. علّل إجابتك.

❸ ما تأثير نقصان تركيز PCl_5 على حالة التّوازن. علّل إجابتك.

الحل:

❶ نحسب التركيز الابتدائيّ لـ PCl_5:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \Rightarrow [PCl_5]_0 = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$

	$PCl_{5(g)}$	$\rightleftharpoons$	$PCl_{3(g)}$	+	$Cl_{2(g)}$
بدء	2		0		0
توازن	$2-x$		x		x

كلّ 2 mol.L^{-1} من PCl_5 يتفكّك منه x mol.L^{-1}

كلّ 100 mol.L^{-1} من PCl_5 يتفكّك منه 10 mol.L^{-1}

$$\boxed{\Rightarrow x = \frac{10 \times 2}{100} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}}$$

نحسب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند التّوازن:

$$[PCl_5]_{eq} = 2 - x = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[PCl_3]_{eq} = [Cl_2]_{eq} = x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

حساب قيمة ثابت التوازن K_c:

$$K_c = \frac{[PCl_3].[Cl_2]}{[PCl_5]}$$

$$K_c = \frac{(0.2)(0.2)}{1.8} = \frac{4 \times 10^{-2}}{18} = \frac{4}{180} = \frac{2}{90}$$

$$\boxed{\Rightarrow K_c = \frac{1}{45}}$$

حساب قيمة ثابت التوازن K_p:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1 \Rightarrow \Delta n = 2 - 1 = 1$$

$$K_p = \frac{1}{45} \times (0.082 \times 500)^1 = \frac{8.2 \times 5}{45} = \frac{41}{45}$$

❷ يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر، لكي يُنقص من تركيز PCl_5.

❸ يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر، لكي يزيد من تركيز PCl_5.

المسألة السادسة: المسألة الثالثة صفحة 82 كتاب

عند بلوغ التوازن في التفاعل: $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$

تكون التراكيز: $[NO]_{eq} = 0.24\ mol.L^{-1}$ ، $[O_2]_{eq} = 0.12\ mol.L^{-1}$

$[NO_2]_{eq} = 0.06\ mol.L^{-1}$

المطلوب حساب:

1. قيمة K_c لهذا التفاعل.
2. التركيز الابتدائي لغاز NO_2.
3. النسبة المئوية المتفكّكة من غاز NO_2 حتى بلوغ التوازن.

الحل:

1. حساب قيمة ثابت التوازن K_c:

$$K_c = \frac{[NO]^2[O_2]}{[NO_2]^2}$$

$$K_c = \frac{(0.24)^2(0.12)}{(0.06)^2}$$

$$\Rightarrow K_c = 192\times10^{-2}$$

2.

	$2NO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{(g)}$	$+\ O_{2(g)}$
بدء	$[NO_2]_0$		0	0
توازن	$[NO_2]_0 - 2x$		$\underbrace{2x}_{0.24}$	$\underbrace{x}_{0.12}$
	$\underbrace{\quad}_{0.06}$			

ولكن: $[O_2]_{eq} = 0.12\ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow x = 0.12\ mol.L^{-1}$$

حساب التركيز الابتدائي لـ NO_2:

$$[NO_2]_0 - 2x = 0.06$$

$$[NO_2]_0 = 0.06 + 2x$$

$$[NO_2]_0 = 0.06 + 2(0.12)$$

$$\Rightarrow [NO_2]_0 = 0.3\ mol.L^{-1}$$

3. كل $0.3\ mol.L^{-1}$ من NO_2 يتفكك منه $2x = 0.24\ mol.L^{-1}$

كل $100\ mol.L^{-1}$ من NO_2 يتفكك منه $Z\ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow Z = \frac{0.24\times100}{0.3} = 80\ mol.L^{-1}$$

وكنسبة مئوية: 80 %

المسألة السابعة: المسألة الثانية صفحة 82 كتاب

وُضع 2 mol من مادة A مع 2 mol من مادة B في وعاء مغلق سعته 10 L، فحدث التفاعل: $A_{(g)} + B_{(g)} \underset{\frac{1}{2}}{\rightleftharpoons} 2C_{(g)}$

إذا علمت أنّ قيمة ثابت سرعة التفاعل المباشر $k_1 = 8.8\times10^{-2}$،

وقيمة ثابت سرعة التفاعل العكسي $k_2 = 2.2\times10^{-2}$. المطلوب:

1. احسب قيمة ثابت التوازن K_c.
2. احسب تراكيز كل من المواد الثلاث عند التوازن.

الحل:

1. حساب قيمة ثابت التوازن K_c:

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{8.8\times10^{-2}}{2.2\times10^{-2}}$$

$$\Rightarrow K_c = 4$$

2. نحسب أولاً التركيز الابتدائي لكل من المادتين A و B:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [A]_0 = \frac{2}{10} = 0.2\ mol.L^{-1} \\ [B]_0 = \frac{2}{10} = 0.2\ mol.L^{-1} \end{cases}$$

	$A_{(g)}$	+ $B_{(g)}$	$\underset{\frac{1}{2}}{\rightleftharpoons}$	$2C_{(g)}$
بدء	0.2	0.2		0
توازن	$0.2-x$	$0.2-x$		$2x$

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A][B]}$$

$$K_c = \frac{(2x)^2}{(0.2-x)(0.2-x)}$$

$$4 = \frac{(2x)^2}{(0.2-x)^2}$$

نجذر الطرفين:

$$2 = \frac{2x}{(0.2-x)}$$

$$2x = 0.4 - 2x$$

$$4x = 0.4$$

$$\Rightarrow x = 0.1\ mol.L^{-1}$$

وبالتالي تكون التراكيز عند التوازن:

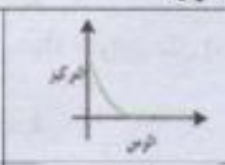
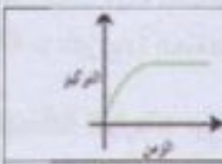
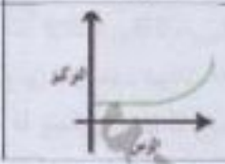
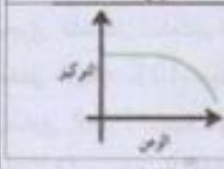
$[A]_{eq} = [B]_{eq} = 0.2 - x = 0.2 - 0.1 = 0.1\ mol.L^{-1}$

$[C]_{eq} = 2x = 2(0.1) = 0.2\ mol.L^{-1}$

ورقة عمل في درس التوازن الكيميائي

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. أحد الخطوط البيانية الآتية يُمثّل تغيّر تركيز مادّة ناتجة في تفاعل متوازن:

a		b	
c		d	

2. أحد العبارات صحيحة عند حدوث التّوازن في التّفاعل الكيميائيّ المتوازن:

a	يتوقّف التّفاعل المباشر فقط.	b	يتوقّف التّفاعل العكسي.
c	تتساوى سرعة التّفاعلين المباشر والعكسيّ.	d	يتساوى قيمة ثابت سرعة التّفاعل المباشر وقيمة ثابت سرعة التّفاعل العكسيّ.

3. عند بلوغ حالة التّوازن في التّفاعلات المتوازنة:

a	ينخفض تركيز المواد النّاتجة.	b	تنخفض سرعة التّفاعل المباشر.
c	تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والنّاتجة.	d	تنعدم سرعة التّفاعل المباشر.

4. تتغيّر قيمة ثابت التّوازن K_c في التّفاعلات المتوازنة:

a	بتغيّر الضّغط.	b	بإضافة حفّاز.
c	بخفض درجة الحرارة.	d	بزيادة تركيز المواد النّاتجة.

5. بفرض أنّ K_c هو ثابت التّوازن للتّفاعل الممثّل بالمعادلة الآتية:

$SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftarrows SO_{3(g)}$ فتكون قيمة ثابت التّوازن K_c' للتّفاعل الآتي $2SO_{3(g)} \rightleftarrows 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ مساوياً:

a	$2K_c$	b	$\frac{1}{2K_c}$
c	$\frac{1}{K_c^2}$	d	K_c^2

6. إذا علمت أنّ قيمة $K_c = 10$ للتّفاعل المتوازن الآتي: $2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows 2C_{(g)}$ فتكون قيمة K_c' للتّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة: $4C_{(g)} \rightleftarrows 4A_{(g)} + 2B_{(g)}$ دورة 2020 الأولى

a	0.1	b	20
c	0.01	d	100

7. أيّ من المتغيّرات الآتية سوف يؤدّي إلى زيادة كميّة النّشادر NH_3 في التّفاعل المتوازن الآتي:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)} \quad \Delta H = -92\ kJ$

a	رفع درجة الحرارة.	b	خفض كميّة النّتروجين.
c	زيادة الضّغط الكلّي.	d	إضافة حفّاز.

8. في التّفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)} \quad \Delta H < 0$ إنّ قيمة ثابت التّوازن الكيميائيّ لهذا التّفاعل تتغيّر إذا: دورة 2013 الثانية

a	تغيّرت التّراكيز.	b	تغيّر الضّغط.
c	تغيّرت درجة الحرارة.	d	أضيفَ عامل مساعد (حفّاز).

9. أيّ من التّفاعلات المتوازنة سوف يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه العكسيّ عند نقصان حجم الوعاء الذي يحدث فيه التّفاعل:

$2SO_{3(g)} \rightleftarrows 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$	a
$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)}$	b
$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftarrows 2Fe_2O_{3(s)}$	c
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$	d

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. لا تُستهلك المواد المتفاعلة كلّيّاً في التّفاعلات المتوازنة.
2. يسمّى التّوازن في حال التّفاعلات الكيميائيّة بالتّوازن الحركيّ.
3. لا تظهر المواد الصّلبة s في عبارة ثابت التّوازن. دورة 2020 الأولى
4. في التّفاعل الماصّ للحرارة تنقص قيمة ثابت التّوازن عند خفض درجة الحرارة. دورة 2017 الأولى
5. في التّفاعل المتوازن الآتي: $C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)}$ يُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر بزيادة الضّغط.
6. إضافة حفّاز تسرّع الوصول إلى حالة التّوازن.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. لديك التّفاعل المتوازن الآتي:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)} \quad \Delta H = -92\ kJ$

المطلوب:

① ما تأثير زيادة كميّة H_2 على كلّ من:

a) حالة التّوازن. b) كميّة NH_3.

c) كميّة N_2. d) قيمة K_c.

② ما تأثير خفض درجة الحرارة على كلّ من:

a) حالة التّوازن. b) كميّة NH_3.

c) كميّة N_2. d) قيمة K_c.

❷ لديك التّفاعل المتوازن الماصّ للحرارة الآتي:

$$H_2O_{2(g)} \rightleftarrows H_2O_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$$ المطلوب:

a) اكتب عبارة ثابت التّوازن بدلالة الضّغوط الجزئيّة.

b) ما تأثير خفض الضّغط الكلّي على كلّ من:

① حالة التّوازن. ② كميّة H_2O_2.

③ كميّة O_2. ④ قيمة K_c.

c) اقترح طريقة لزيادة قيمة ثابت التّوازن مع التّفسير.

❸ لديك التّفاعل المتوازن الآتي:

$$Co(H_2O)_{6(aq)}^{2+} + 4Cl_{(aq)}^{-} \underset{\text{تسخين}}{\overset{\text{تبريد}}{\rightleftarrows}} CoCl_{4(aq)}^{2-} + 6H_2O_{(\ell)}$$

(أزرق) (وردي)

المطلوب:

a) ما أثر رفع درجة الحرارة على حالة التّوازن. وبماذا يتلوّن المحلول عندئذٍ.

b) ما أثر خفض درجة الحرارة على حالة التّوازن. وبماذا يتلوّن المحلول عندئذٍ.

c) فسّر ظهور اللّون البنفسجي عند التّوازن.

رابعاً: حل التطبيق الآتي:

لديك المعادلات التي تمثّل التّفاعلات المتوازنة عند الدّرجة 298 K:

1) $2NO_{(g)} + Br_{2(g)} \rightleftarrows 2NOBr_{(g)}$ $K_{c_1} = 2$

2) $2NO_{(g)} \rightleftarrows N_{2(g)} + O_{2(g)}$ $K_{c_2} = 2\times10^{-4}$

المطلوب حساب:

قيمة ثابت التّوازن K_c للتّفاعل الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftarrows 2NOBr_{(g)} \quad K_c = ?$$

خامساً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: المسألة الأولى صفحة 77 كتاب

يحتوي وعاء حجمه 2 L على 0.08 mol من $CH_3 - OH_{(g)}$ و 0.4 mol من $H_{2(g)}$ و 0.2 mol من $CO_{(g)}$. ويحدث فيه التّفاعل وفق المعادلة: $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftarrows CH_3 - OH_{(g)}$ $K_c = 7.3$

المطلوب:

بيّن بالحساب إذا كان التّفاعل بحالة توازن أم لا. وإذا لم يكن بحالة توازن حدّد التّفاعل الرّاجح (المباشر / العكسي) مع التّعليل.

المسألة الثانية: دورة 2014 الأولى

وُضِعَ 4 mol من غاز A مع 3 mol من غاز B في وعاء مغلق حجمه 10 L. وعند التّوازن تشكّل 2 mol من غاز D وفق التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows C_{(g)} + 2D_{(g)}$$

المطلوب: احسب قيمة ثابت التّوازن K_c.

المسألة الثالثة: دورة 2014 الأولى

وُضِعَ 4 mol من HI في وعاء مغلق سعته 10 L وسُخّن الوعاء إلى الدّرجة 1000 K فتفكّك منه 10 % عند بلوغ التّوازن وفق المعادلة الآتية: $2HI_{(g)} \rightleftarrows H_{2(g)} + I_{2(g)}$ المطلوب:

❶ احسب قيمة ثابت التّوازن K_c، ثمّ K_p.

❷ ما تأثير زيادة الضّغط الكلّي على حالة التّوازن. علّل إجابتك.

المسألة الرابعة: دورة 2018 الثانية

يجري التّفاعل المتوازن الآتي: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftarrows 3D_{(g)}$ في وعاء مغلق حجمه 10 L. وعند بلوغ التّوازن كان عدد مولات المادّة A يساوي 5 mol وعدد مولات المادّة B يساوي 2 mol وعدد مولات المادّة D يساوي 3 mol. المطلوب حساب:

❶ قيمة ثابت التّوازن K_c.

❷ التّراكيز الابتدائيّة لكلّ من A و B.

❸ النّسبة المئويّة المتفاعلة من B حتّى بلوغ التّوازن.

المسألة الخامسة: دورة 2016 الثانية + مشابهة 2021 الأولى

وُضِعَ 2 mol من SO_2 مع 2 mol من NO_2 في وعاء مغلق سعته 4 L. وسُخّن المزيج إلى درجة الحرارة 227 °C فحدث التّفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية:

$$SO_{2(g)} + NO_{2(g)} \rightleftarrows SO_{3(g)} + NO_{(g)}$$

المطلوب:

❶ احسب تراكيز الغازات عند التّوازن علماً أنّ: $K_c = 0.25$

❷ ما قيمة K_p ولماذا.

الوحدة الرابعة: الدرس الأول: الحموض والأسس

أولاً: نظريات في الحموض والأسس:

① نظرية أرينيوس:

الحمض: هو كل مادة كيميائية تحرر أيون الهيدروجين H^+ عند انحلالها في الماء.

مثال: $HA \longrightarrow H^+ + A^-$

الأساس: هو كل مادة كيميائية تحرر أيون الهيدروكسيد OH^- عند انحلالها في الماء.

مثال: $BOH \longrightarrow B^+ + OH^-$

② نظرية برونشتد - لوري:

الحمض: هو كل مادة كيميائية قادرة على منح بروتون H^+ أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.

الأساس: هو كل مادة كيميائية قادرة على استقبال بروتون H^+ أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.

سؤال: حدد الحمض والأساس حسب نظرية برونشتد – لوري في كل من التفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية:

$$HA + H_2O \longrightarrow A^- + H_3O^+$$

HA: حمض، لأنه منح بروتون.

H_2O: أساس، لأنه استقبل بروتون.

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

HCl: حمض، لأنه منح بروتون.

NH_3: أساس، لأنه استقبل بروتون.

③ نظرية لويس:

الحمض: هو كل مادة كيميائية قادرة على استقبال زوج الكتروني (أو أكثر) من مادة أخرى تتفاعل معها.

الأساس: هو كل مادة كيميائية قادرة على منح زوج الكتروني (أو أكثر) إلى مادة أخرى تتفاعل معها.

سؤال: حدد الحمض والأساس حسب نظرية لويس في كل من التفاعلات الممثلة بالمعادلات الآتية، معللاً إجابتك:

$$NH_3 + BF_3 \longrightarrow (H_3N \rightarrow BF_3)$$

أساس حمض

NH_3: أساس لويس، لأنه منح زوج الكتروني.

BF_3: حمض لويس، لأنه استقبل زوج الكتروني.

$$Fe^{2+} + 6H_2O \longrightarrow [Fe(H_2O)_6]^{2+}$$

أساس حمض

H_2O: أساس لويس، لأنه منح زوج الكتروني.

Fe^{2+}: حمض لويس، لأنه استقبل زوج الكتروني.

ملاحظات

① تُسمّى الرابطة المتشكّلة بين الذرة المانحة للزوج الالكتروني والذرة الآخذة لهذا الزوج بالرابطة التساندية.

② الأيونات التي تحمل شحنة موجبة يمكن أن نعتبرها حمض لويس.

سؤال: صنّف المركبات الآتية إلى حمض أو أساس وفقاً للنظريات السابقة: $HCl, NH_3, Fe^{2+}, BF_3, NaOH$

الجواب:

النظريات	أرينيوس	برونشتد – لوري	لويس
الحمض	HCl	HCl	Fe^{2+} , BF_3
الأساس	NaOH	NH_3	NH_3

ثانياً: الأزواج المترافقة أساس/حمض وفق نظرية برونشتد- لوري

- منح الحمض للبروتون يُحوّل هذا الحمض إلى أساس جديد يُسمّى أساس مرافق.
- استقبال الأساس للبروتون يُحوّل هذا الأساس إلى حمض جديد يُسمّى حمض مرافق.

سؤال (1): حدد الأزواج المترافقة (أساس/حمض) وفق نظرية برونشتد - لوري لكل من التفاعلات الآتية:

$$\underset{\text{حمض(1)}}{HCl} + \underset{\text{أساس (2)}}{H_2O} \longrightarrow \underset{\text{أساس مرافق(1)}}{Cl^-} + \underset{\text{حمض مرافق(2)}}{H_3O^+}$$

أو:

أساس / حمض

$$HCl/Cl^- \quad ; \quad H_3O^+/H_2O$$

$$\underset{\text{اساس(1)}}{HCOO^-} + \underset{\text{حمض (2)}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{حمض مرافق(1)}}{HCOOH} + \underset{\text{أساس مرافق(2)}}{OH^-}$$

أو:

أساس / حمض

$$HCOOH/HCOO^- \quad ; \quad H_2O/OH^-$$

سؤال (2): اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

① أحد الأزواج الآتية يُشكّل زوج (أساس/حمض) وفق نظرية برونشتد-لوري:

a	NO_2^-/NH_3	b	H_2O/O_2
c	HNO_3/HNO_2	d	HCN/CN^-

② أحد الأزواج الآتية لا يُشكّل زوج (أساس/حمض) وفق نظرية برونشتد-لوري:

a	NH_4^+/NH_3	b	H_3O/OH^-
c	HNO_3/HNO_2	d	HCN/CN^-

سؤال (3): أعط تفسيراً علمياً: يعدّ الماء مركب مذبذب.

الجواب: لأنه يسلك سلوك حمض أحياناً وسلوك أساس أحياناً، وفقاً للمادة التي يتفاعل معها.

ثالثا قوة الحمض وقوة الأساس

الحموض / الأسس	تأينها	معادلات التأين	درجة التأين α	قوانين للمسائل
❋ الحموض القوية حمض كلور الماء HCl (أحادي الوظيفة) حمض الأزوت HNO_3 (أحادي الوظيفة) حمض الكبريت H_2SO_4 (ثنائي الوظيفة)	**علل:** هذه الحموض قوية. **الجواب:** لأنّ تأينها تام في المحاليل المائية ($\longrightarrow$).	$HCl + H_2O \longrightarrow Cl^- + H_3O^+$ $C_a \quad\quad C_a \quad C_a$ $HNO_3 + H_2O \longrightarrow NO_3^- + H_3O^+$ $C_a \quad\quad C_a \quad C_a$ $H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H_3O^+$ $C_a \quad\quad C_a \quad 2C_a$	$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} = 1$ وكنسبة مئوية 100%	من أجل الحموض القوية أحادية الوظيفة: $[H_3O^+] = C_a$ من أجل الحموض القوية ثنائية الوظيفة: $[H_3O^+] = 2C_a$
❋ الحموض الضعيفة حمض النمل $HCOOH$ حمض الخل CH_3COOH حمض سيانيد الهيدروجين HCN (حموض ضعيفة أحاديّة الوظيفة)	**علل:** هذه الحموض ضعيفة. **الجواب:** لأنّ تأينها جزئيّ في المحاليل المائية ($\rightleftharpoons$).	$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$ $C_a \quad\quad 0 \quad 0$ $C_a - x \quad\quad x \quad x$ $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$ $C_a \quad\quad 0 \quad 0$ $C_a - x \quad\quad x \quad x$ $HCN + H_2O \rightleftharpoons CN^- + H_3O^+$ $C_a \quad\quad 0 \quad 0$ $C_a - x \quad\quad x \quad x$	$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} \ll 1$ $\Leftrightarrow [H_3O^+] \ll C_a$ وكنسبة مئوية α %	من أجل الحموض الضّعيفة: $[H_3O^+] = \alpha C_a$ حيث: C_a التّركيز الابتدائيّ للحمض مقدراً بـ $mol.L^{-1}$
❋ الأسس القوية هدروكسيد الصوديوم $NaOH$ هدروكسيد البوتاسيوم KOH (أسس قوية أحاديّة الوظيفة)	**علل:** هذه الأسس قوية. **الجواب:** لأنّ تأينها تام في المحاليل المائية ($\longrightarrow$).	$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$ $C_b \quad\quad C_b \quad C_b$ $KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$ $C_b \quad\quad C_b \quad C_b$	$\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b} = 1$ وكنسبة مئوية 100%	من أجل الأسس القوية أحادية الوظيفة: $[OH^-] = C_b$
❋ الأسس الضعيفة هدروكسيد الأمونيوم NH_4OH النّشادر NH_3 (أسس ضعيفة أحاديّة الوظيفة)	**علل:** هذه الأسس ضعيفة. **الجواب:** لأنّ تأينها جزئيّ في المحاليل المائية ($\rightleftharpoons$).	$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $C_b \quad\quad 0 \quad 0$ $C_b - x \quad\quad x \quad x$ $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $C_b \quad\quad 0 \quad 0$ $C_b - x \quad\quad x \quad x$	$\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b} \ll 1$ $\Leftrightarrow [OH^-] \ll C_b$ وكنسبة مئوية α %	من أجل الأسس الضّعيفة: $[OH^-] = \alpha C_b$ حيث: C_b التّركيز الابتدائيّ للأساس مقدراً بـ $mol.L^{-1}$

رابعاً: التأين الذاتي للماء وثابت تأينه K_w

سؤال: يُعدّ الماء ناقلاً رديئاً للتيار الكهربائي لاحتوائه على أيونات قليلة. المطلوب:

a) اكتب معادلة التأين الذاتي للماء. وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) وفق نظرية برونشتد – لوري.

b) اكتب عبارة ثابت تأين الماء (ثابت التوازن) محدداً قيمته عند الدرجة $25^\circ C$.

الجواب:

a)

$$H_2O_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أساس مرافق(1) حمض مرافق(2) أساس (2) حمض(1)

b) يُعطى ثابت تأين الماء K_e (ثابت التوازن) بالعلاقة الآتية عند الدرجة $25^\circ C$:

$$K_e = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$$

بما أنّ الماء هو المُحل فتركيزه ثابت لذلك لا يظهر في عبارة ثابت تأين الماء.

خامساً: الأس الهدروجيني pH والأس الهدروكسيدي pOH

يعبّر الـ pH عن درجة الحموضة في المحلول المائي المُمدّد:

$$pH = -\log[H_3O^+] \Leftrightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

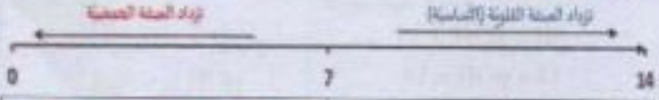
يعبّر الـ pOH عن درجة القلوية (الأساسية) في المحلول المائي المُمدّد:

$$pOH = -\log[OH^-] \Leftrightarrow [OH^-] = 10^{-pOH}$$

العلاقة بين درجة الحموضة ودرجة القلوية في المحلول:

$$pH + pOH = 14$$

سلّم الـ pH:



في الوسط الأساسي يتحقق:	في الوسط الحمضي يتحقق:
$pH > 7$	$pH < 7$
$[H_3O^+] < 10^{-7}$ mol.L^{-1}	$[H_3O^+] > 10^{-7}$ mol.L^{-1}
$[OH^-] > 10^{-7}$ mol.L^{-1}	$[OH^-] < 10^{-7}$ mol.L^{-1}
$[H_3O^+] < [OH^-]$	$[H_3O^+] > [OH^-]$

في الوسط المعتدل يتحقق:

$pH = 7$

$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol.L^{-1}

ملاحظة:

للحمض الأقوى قيمة pH أصغر وللأساس الأقوى قيمة pH أكبر.

خواص اللوغاريتم العشري: (للحفظ)

$$\log(1) = 0 \quad ، \quad \log(10) = 1$$

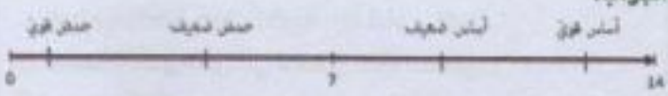
$$\log(10^n) = n \times \log(10) = n \times 1 = n$$

$$\log(x.y) = \log(x) + \log(y)$$

سؤال: رتب المحاليل الآتية متساوية التركيز تصاعدياً حسب تزايد قيم الـ pH لكل منها:

HCN ، KOH ، NH_4OH ، HNO_3

الجواب:



$$HNO_3 \longrightarrow HCN \longrightarrow NH_4OH \longrightarrow KOH$$

أكبر قيمة pH ← أصغر قيمة pH

تطبيق: محلولٌ مائيّ تركيز أيونات الهدرونيوم فيه 10^{-2} mol.L^{-1}.

المطلوب: ❶ احسب تركيز أيونات الهدروكسيد في المحلول.

❷ احسب قيمة pH و pOH المحلول.

❸ حدد طبيعة الوسط في المحلول.

الحل:

❶ حساب قيمة $[OH^-]$ في المحلول:

$$K_e = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$$

❷ حساب قيمة pH و pOH المحلول:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$pH = -\log(10^{-2}) \Rightarrow pH = 2$$

$$pH + pOH = 14$$

$$2 + pOH = 14 \Rightarrow pOH = 12$$

❸ الوسط حمضي لأن: $pH < 7$

✱ قوانين للمسائل:

❶ **التركيز المولي** mol.L^{-1}:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V}$$

❷ **التركيز الغرامي** g.L^{-1}:

$$C_{g.L^{-1}} = \frac{m}{V}$$

❸ **العلاقة بين التركيزين المولي و الغرامي:**

$$C_{g.L^{-1}} = C_{mol.L^{-1}} \times M$$

❹ **حساب عدد مولات مادة:**

$$n = C_{mol.L^{-1}} \times V \quad \text{أو:} \quad n = \frac{m}{M}$$

❺ **حساب كتلة مادة:**

$$m = C_{g.L^{-1}} \times V \quad \text{أو:} \quad m = C_{mol.L^{-1}} \times M \times V$$

❻ **قانون التمديد:**

لا يتغيّر عدد مولات المادة المنحلّة عند تمديد محلولها بالماء المقطّر:

$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$CV = C'V'$$

المسألة الأولى: المسألة الرابعة صفحة 96 كتاب

محلولٌ مائيٌ لحمض الكبريت له قيمة pH = 1 . **المطلوب:**

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض، وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظرية برونشتد – لوري.
2. احسب التّركيز الابتدائيّ لمحلول هذا الحمض.
3. احسب كتلة حمض الكبريت في 50 mL من محلوله السّابق.

علماً أنّ: H:1 . S:32 . O:16

الحل:

1. معادلة تأيّن حمض الكبريت:

$$H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H_3O^+$$

حمض(1) أساس (2) أساس مرافق(1) حمض مرافق(2)

أو:

أساس/حمض

$$H_2SO_4/SO_4^{2-} \quad , \quad H_3O^+/H_2O$$

2. حساب التركيز الابتدائي للحمض C_a:

$$pH = 1 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$$

بما أنّ حمض الكبريت حمض قوي ثنائي الوظيفة الحمضية وتام التأيّن يكون:

$$[H_3O^+] = 2C_a$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{[H_3O^+]}{2} = \frac{10^{-1}}{2}$$

$$\Rightarrow C_a = 0.05\ mol.L^{-1}$$

3. حساب كتلة حمض الكبريت في 50 mL من محلوله السّابق:

$$m = C_{mol.L^{-1}} \times V \times M_{(H_2SO_4)}$$

$$m = 0.05 \times 50 \times 10^{-3} \times 98$$

$$\Rightarrow m = 0.245\ g$$

حيث:

$$M_{(H_2SO_4)} = 1(2) + 32 + 16(4) = 98\ g.mol^{-1}$$

المسألة الثانية: المسألة الأولى صفحة 96 كتاب

أذيب 4 g من هدروكسيد الصوديوم النّقي في الماء المقطّر، وأكمل حجم المحلول إلى 100 mL. **المطلوب:**

1. احسب تركيز المحلول مقدّراً بـ $mol.L^{-1}$.
2. احسب قيمة $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول.
3. احسب قيمة pH و pOH المحلول.
4. بيّن بالحساب كيف يتغيّر $[OH^-]$ عندما تصبح $pOH' = 3$.

علماً أنّ: H:1 ، O:16 ، Na:23

الحل:

1. حساب قيمة $C_{mol.L^{-1}}$:

طريقة أولى:	طريقة ثانية:
$n = \frac{m}{M_{(NaOH)}} = \frac{4}{40}$	$C_{g.L^{-1}} = \frac{m}{V} = \frac{4}{100\times10^{-3}}$
$\Rightarrow n = 0.1\ mol$	$\Rightarrow C_{g.L^{-1}} = 40\ g.L^{-1}$
$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} = \frac{0.1}{100\times10^{-3}}$	$C_{mol.L^{-1}} = \frac{C_{g.L^{-1}}}{M_{(NaOH)}} = \frac{40}{40}$
$\Rightarrow C_{mol.L^{-1}} = 1\ mol.L^{-1}$	$\Rightarrow C_{mol.L^{-1}} = 1\ mol.L^{-1}$

حيث: $M_{(NaOH)} = 23 + 16 + 1 = 40\ g.mol^{-1}$

2. حساب قيمة $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول:

بما أنّ هدروكسيد الصوديوم أساس قوي أحادي الوظيفة الأساسيّة وتام التأيّن يكون:

$$[OH^-] = C_b$$

$$\Rightarrow [OH^-] = 1\ mol.L^{-1}$$

حسب عبارة ثابت تأيّن الماء:

$$K_e = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{1}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-14}\ mol.L^{-1}$$

3. حساب قيمة pH المحلول:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$pH = -\log(10^{-14})$$

$$\Rightarrow pH = 14$$

حساب قيمة pOH المحلول:

طريقة أولى:	طريقة ثانية:
$pOH = -\log[OH^-]$	$pH + pOH = 14$
$pOH = -\log(1)$	$14 + pOH = 14$
$\Rightarrow pOH = 0$	$\Rightarrow pOH = 0$

4.

$$pOH' = 3 \Rightarrow [OH^-]' = 10^{-pOH'} = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$\frac{[OH^-]'}{[OH^-]} = \frac{10^{-3}}{1} = 10^{-3} \Rightarrow [OH^-]' = 10^{-3} \times [OH^-]$$

$$\Rightarrow [OH^-]' = \frac{[OH^-]}{1000}$$

ينقص تركيز أيونات الهدروكسيد 1000 مرّة.

سادسا ثابت تأين الحموض الضعيفة أحادية الوظيفة K_a

ثابت تأين الأسس الضعيفة أحادية الوظيفة K_b

تطبيق: محلول مائي لحمض ضعيف HA . **المطلوب:**

a) اكتب معادلة تأينه.

b) اكتب عبارة ثابت تأين الحمض الضعيف K_a بدلالة التراكيز.

c) أثبت أن: $[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$

الجواب:

a)

	HA	+ H_2O	⇌	A^-	+ H_3O^+
	C_a			0	0
	$C_a - x$			x	x

b) عبارة ثابت تأين الحمض الضعيف بدلالة التراكيز:

$$K_a = \frac{[A^-].[H_3O^+]}{[HA]}$$

c) من معادلة التأين:

$$[A^-] = [H_3O^+]$$

$$\Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+].[H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]}$$

وبإهمال القيمة الصغيرة المتأينة من الحمض يمكن أن نعتبر:

$$[HA] = C_a$$

$$\Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a}$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$$

تطبيق: محلول مائي لأساس ضعيف B . **المطلوب:**

a) اكتب معادلة تأينه.

b) اكتب عبارة ثابت تأين الأساس الضعيف K_b بدلالة التراكيز.

c) أثبت أن: $[OH^-] = \sqrt{K_b C_b}$

الجواب:

a)

	B	+ H_2O	⇌	BH^+	+ OH^-
	C_b			0	0
	$C_b - x$			x	x

b) عبارة ثابت تأين الأساس الضعيف بدلالة التراكيز:

$$K_b = \frac{[BH^+].[OH^-]}{[B]}$$

c) من معادلة التأين:

$$[BH^+] = [OH^-]$$

$$\Rightarrow K_b = \frac{[OH^-].[OH^-]}{[B]} = \frac{[OH^-]^2}{[B]}$$

وبإهمال القيمة الصغيرة المتأينة من الأساس يمكن أن نعتبر:

$$[B] = C_b$$

$$\Rightarrow K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b}$$

$$[OH^-] = \sqrt{K_b C_b}$$

ملاحظات لحساب تركيز أيونات الهدرونيوم في المحلول

$$[H_3O^+] = \begin{cases} C_a & \text{حمض قويّ أحادي الوظيفة:} \\ 2C_a & \text{حمض قويّ ثنائيّ الوظيفة:} \\ \alpha.C_a & \text{حمض ضعيف:} \\ \dfrac{10^{-14}}{[OH^-]} & \text{إذا عُلمت قيمة } [OH^-]: \\ 10^{-pH} & \text{إذا عُلمت قيمة الـ pH:} \\ \sqrt{K_a.C_a} & \text{حمض ضعيف:} \end{cases}$$

ملاحظات لحساب تركيز أيونات الهدروكسيد في المحلول

$$[OH^-] = \begin{cases} C_b & \text{أساس قويّ أحادي الوظيفة:} \\ \alpha.C_b & \text{أساس ضعيف:} \\ \dfrac{10^{-14}}{[H_3O^+]} & \text{إذا عُلمت قيمة } [H_3O^+]: \\ 10^{-pOH} & \text{إذا عُلمت قيمة الـ pOH:} \\ \sqrt{K_b.C_b} & \text{أساس ضعيف:} \end{cases}$$

أ. أسامة الحصري

ملاحظات هامة للأسئلة النظرية

① تزداد قوّة الحمض كلّما صغرت قيمة الـ pH.

② تزداد قوّة الأساس كلّما كبرت قيمة الـ pH.

③ كلّما كان الحمض أقوى كان أساسه المرافق أضعف (والعكس صحيح).

④ كلّما كان الأساس أقوى كان حمضه المرافق أضعف (والعكس صحيح).

⑤ عند مقارنة قوّة حمضين ضعيفين أو أكثر، فإنّ الحمض الذي يملك قيمة ثابت تأيّن K_a أكبر هو الأقوى.

⑥ عند مقارنة قوّة أساسين ضعيفين أو أكثر، فإنّ الأساس الذي يملك قيمة ثابت تأيّن K_b أكبر هو الأقوى.

⑦ بازدياد قيمة K_a للحمض الضّعيف ⇐ يزداد $[H_3O^+]$ ⇐ تنقص قيمة الـ pH ⇐ تزداد قوّة الحمض.

⑧ بازدياد قيمة K_b للأساس الضّعيف ⇐ يزداد $[OH^-]$ ⇐ ينقص $[H_3O^+]$ ⇐ تزداد قيمة الـ pH ⇐ تزداد قوّة الأساس.

سؤال (1): يبيّن الجدول الآتي قيم ثوابت التأين لبعض محاليل الحموض الضّعيفة متساوية التراكيز عند الدرجة $25^\circ C$.

الحمض الضعيف	HCN	HCOOH
قيمة K_a	5×10^{-10}	1.8×10^{-4}

المطلوب:

1. **بيّن أيّ الحمضين أقوى، ولماذا.**
2. **اكتب صيغة الأساس المرافق لكلّ منهما حسب نظريّة برونشتد - لوري. ثم بيّن أيّ الأساسين أقوى.**
3. **في أيّ محلول تكون قيمة $[H_3O^+]$ أكبر.**
4. **في أيّ محلول تكون قيمة pH أقل.**
5. **في أيّ محلول تكون قيمة $[OH^-]$ أكبر.**

الجواب:

① HCOOH أقوى من HCN كحمض لأنّ: $K_{a(HCOOH)} > K_{a(HCN)}$

② $HCOO^-$ هو الأساس المرافق للحمض HCOOH.

CN^- هو الأساس المرافق للحمض HCN.

CN^- أقوى من $HCOO^-$ كأساس:

لأنّ HCOOH أقوى من HCN كحمض.

③ في محلول HCOOH تكون قيمة $[H_3O^+]$ أكبر:

توضيح الإجابة: لكي يكون $[H_3O^+]$ أكبر ما يمكن، يجب أن تكون قيمة K_a أكبر ما يمكن حسب العلاقة:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$$

④ في محلول HCOOH تكون قيمة الـ pH أقل:

توضيح الإجابة:

لكي تكون قيمة pH أقل ما يمكن، يجب أن يكون $[H_3O^+]$ أكبر ما يمكن حسب العلاقة:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

ولكي يكون $[H_3O^+]$ أكبر ما يمكن، يجب أن تكون قيمة K_a أكبر ما يمكن حسب العلاقة:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$$

⑤ في محلول HCN تكون قيمة $[OH^-]$ أكبر:

توضيح الإجابة:

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$$

أيّ لكي يكون $[OH^-]$ أكبر ما يمكن يجب أن يكون $[H_3O^+]$ أصغر ما يمكن.

ولكي يكون $[H_3O^+]$ أصغر ما يمكن، يجب أن تكون قيمة K_a أصغر ما يمكن حسب العلاقة:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$$

سؤال (2): إذا علمت أنّ NO_2^- أقوى من NO_3^- كأساس. المطلوب:

a) **اكتب صيغة الحمض المرافق لكل منهما حسب نظريّة برونشتد – لوري.**

b) **بيّن أي الحمضين أقوى.**

الجواب:

a) HNO_2 هو الحمض المرافق للأساس NO_2^-.

HNO_3 هو الحمض المرافق للأساس NO_3^-.

b) HNO_3 أقوى من HNO_2 كحمض.

لأنّ NO_2^- أقوى من NO_3^- كأساس.

سؤال (3): إذا علمت أن NH_3 أقوى من CH_3COO^- كأساس.

المطلوب:

a) **اكتب صيغة الحمض المرافق لكل منهما حسب نظريّة برونشتد – لوري.**

b) **بيّن أي الحمضين أقوى.**

الجواب:

a) NH_4^+ هو الحمض المرافق للأساس NH_3.

CH_3COOH هو الحمض المرافق للأساس CH_3COO^-.

b) CH_3COOH أقوى من NH_4^+ كحمض:

لأنّ NH_3 أقوى من CH_3COO^- كأساس.

المسألة الثالثة: محلولٌ مائيّ لحمض ضعيف HA له قيمة pOH = 11 ودرجة تأيّنه 2 % . المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض، وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظرية برونشتد-لوري.
2. احسب قيمة pH المحلول، ثمّ احسب $[H_3O^+]$ في المحلول.
3. احسب التركيز الابتدائيّ للحمض.
4. احسب قيمة ثابت تأيّن هذا الحمض.
5. بيّن بالحساب كيف يتغيّر تركيز $[H_3O^+]$ كي تزداد قيمة pH المحلول بمقدار 2.

المعطيات:

$$\left.\begin{matrix}[H_3O^+]=\sqrt{K_a.C_a}\\ [H_3O^+]=\alpha.C_a\end{matrix}\right\}\ HA\ \begin{cases}pOH=11\\ \alpha\ \%=2\%\end{cases}$$

الحل:

1. $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$
   (1) حمض — (2) أساس — أساس مرافق(1) — حمض مرافق(2)

2. حساب قيمة pH المحلول:

$$pH + pOH = 14$$
$$pH + 11 = 14 \Rightarrow pH = 3$$

حساب $[H_3O^+]$ في المحلول:

$$pH = 3 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$
$$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

3. حساب قيمة التركيز الابتدائيّ للحمض:

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} \Rightarrow C_a = \frac{[H_3O^+]}{\alpha} = \frac{10^{-3}}{\frac{2}{100}}$$
$$\Rightarrow C_a = 5\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

4. حساب قيمة ثابت تأيّن هذا الحمض:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a.C_a}$$

نرفع الطرفين ونعزل:

$$[H_3O^+]^2 = K_a.C_a \Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a} = \frac{(10^{-3})^2}{5\times10^{-2}}$$
$$\Rightarrow K_a = 2\times10^{-5}$$

5. $pH' = 3+2 = 5 \Rightarrow [H_3O^+]' = 10^{-pH'} = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$

$$\frac{[H_3O^+]'}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-5}}{10^{-3}} = 10^{-2}$$
$$\Rightarrow [H_3O^+]' = 10^{-2}\times[H_3O^+]$$
$$\Rightarrow [H_3O^+]' = \frac{[H_3O^+]}{100}$$

ينقص تركيز أيونات الهيدرونيوم 100 مرّة.

المسألة الرابعة: محلولٌ مائيّ للنّشادر تركيزه الابتدائيّ $0.05\ mol.L^{-1}$ له قيمة pH = 11 . المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن النشادر، وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظرية برونشتد - لوري.
2. احسب قيمة $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول.
3. احسب قيمة ثابت تأيّن النّشادر.
4. احسب النّسبة المئويّة لتأيّن النّشادر.

المعطيات:

$$\left.\begin{matrix}[OH^-]=\sqrt{K_b.C_b}\\ [OH^-]=\alpha.C_b\end{matrix}\right\}\ NH_3\ \begin{cases}pH=11\\ C_b=0.05\ mol.L^{-1}\end{cases}$$

الحل:

1. $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
   أساس (1) — حمض (2) — حمض مرافق(1) — أساس مرافق(2)

2. حساب قيمة $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول:

$$pH = 11 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$
$$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

حسب عبارة ثابت تأيّن الماء:

$$K_e = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$
$$\Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

3. حساب قيمة $K_b = ?$:

$$[OH^-] = \sqrt{K_b.C_b}$$

نرفع الطرفين ثمّ نعزل:

$$[OH^-]^2 = K_b.C_b$$
$$\Rightarrow K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b} = \frac{(10^{-3})^2}{0.05}$$
$$\Rightarrow K_b = 0.2\times10^{-4}$$

4. حساب النسبة المئوية المتأينة:

$$\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b} = \frac{10^{-3}}{0.05} = 0.02$$

وكنسبة مئوية:

$$\alpha\ \% = 0.02\times100\% = 2\%$$

المسألة الخامسة:

a) محلولٌ مائيٌ لحمض النمل تركيزه $0.5\ mol.L^{-1}$ وقيمة ثابت تأينه 2×10^{-4} المطلوب:

1. اكتب معادلة تأين هذا الحمض.
2. احسب قيمة $[HCOO^-]$ في المحلول.
3. احسب قيمة pH المحلول.
4. احسب قيمة درجة تأين هذا الحمض.

b) نضيف إلى المحلول السابق قطرات من محلول حمض كلور الماء تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ المطلوب:

1. احسب $[HCOO^-]$ في هذه الحالة.
2. قارن بين قيمتي تركيز $[HCOO^-]$ في الحالتين a و b.
3. فسّر ذلك، ماذا تستنتج.

ملاحظة: يمكن أن يأتي الطلب b) بالشكل الآتي:
إذا احتوى المحلول الابتدائي حمض كلور الماء بتركيز $0.1\ mol.L^{-1}$ بالإضافة إلى المحلول السابق.

المعطيات:

$$HCOOH\ \begin{cases} C_a = 0.5\ mol.L^{-1} \\ K_a = 2\times10^{-4} \end{cases}$$

$$\begin{cases} [H_3O^+] = \sqrt{K_a.C_a} \\ [H_3O^+] = \alpha.C_a \end{cases}$$

الحل:

a)

1.

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$

	0.5	0	0
	$0.5-x$	x	x

2. حساب قيمة $[HCOO^-]$ في المحلول:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$$

$$[H_3O^+] = \sqrt{2\times10^{-4}\times0.5}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

$$\boxed{[HCOO^-] = [H_3O^+] = x = 10^{-2}\ mol.L^{-1}}$$

3. حساب قيمة pH المحلول:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$pH = -\log(10^{-2})$$

$$\boxed{pH = 2}$$

4. حساب قيمة درجة تأين هذا الحمض:

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} = \frac{10^{-2}}{0.5} = 0.02$$

وكنسبة مئوية:

$$\alpha\% = 0.02\times100 = 2\%$$

b)

1.

$$HCl + H_2O \longrightarrow Cl^- + H_3O^+$$

	0.1	0	0
	0	0.1	0.1

$$HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$$

	0.5	0	0.1
	$0.5-x'$	x'	$0.1+x'$

$$K_a = \frac{[HCOO^-].[H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

$$2\times10^{-4} = \frac{x'(0.1+x')}{0.5-x'}$$

نُهمل x' المضافة في البسط والمطروحة في المقام لصغرها:

$$2\times10^{-4} = \frac{0.1x'}{0.5}$$

$$\Rightarrow x' = \frac{0.5\times2\times10^{-4}}{0.1}$$

$$\Rightarrow x' = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$\boxed{[HCOO^-] = x' = 10^{-3}\ mol.L^{-1}}$$

2. بالمقارنة نجد: $[HCOO^-]$ في الحالة (a) أكبر من $[HCOO^-]$ في الحالة (b).

3. عند إضافة قطرات من محلول HCl إلى محلول CH_3COOH سيزداد تركيز الأيون المشترك $[H_3O^+]$.

⇐ يختل التوازن.

⇐ يُرجّح التفاعل بالاتجاه العكسي وفق قاعدة لوشاتولييه.

⇐ ينقص تركيز $[CH_3COO^-]$.

نستنتج أنّ: الأيون المشترك لمركّبين أو أكثر في محلول يُضعف تأيّن المركّب ضعيف التأيّن.

سؤال: يتأين هدروكسيد المغنزيوم وفق المعادلة الآتية:

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$$

المطلوب: اشرح كيف تؤثر إضافة كمية من محلول حمض قوي على تأين المحلول

الجواب: يتأيّن الحمض القويّ وفق المعادلة:

$HA + H_2O \longrightarrow A^- + H_3O^+$ وبالتالي سوف يتعدد أيون H_3O^+ الناتج من تأيّن الحمض القويّ مع أيون OH^- ويتشكّل الماء H_2O

⇐ ينقص تركيز $[OH^-]$ ⇐ يختل التوازن ويرجّح التفاعل بالاتجاه المباشر وفق قاعدة لوشاتولييه ⇐ يتأيّن قسم من الأساس الضعيف.

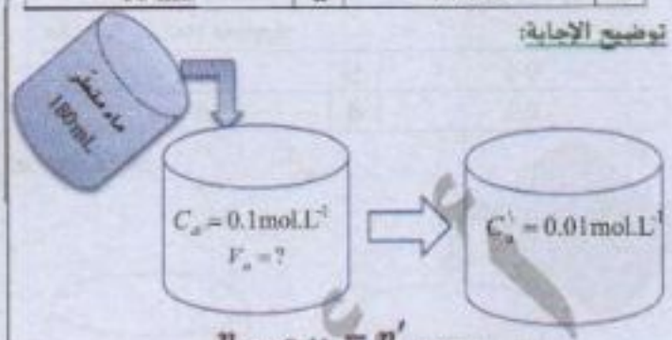
سابعا: طلبات تمديد المحلول

سؤال: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1 نأخذ حجم V من محلول حمض كلور الماء تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ ونضيف إليه $180\ mL$ من الماء المقطر ليصبح تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$ فيكون الحجم V مساوياً:

40 mL	b	20 mL	a
18 mL	d	60 mL	c

توضيح الإجابة:



n قبل التمديد $= n'$ بعد التمديد

$$C_a V_a = C'_a V'_a$$

$$0.1 \times V_a = 0.01 \times (180 + V_a)$$

$$0.1 V_a = 1.8 + 0.01 V_a$$

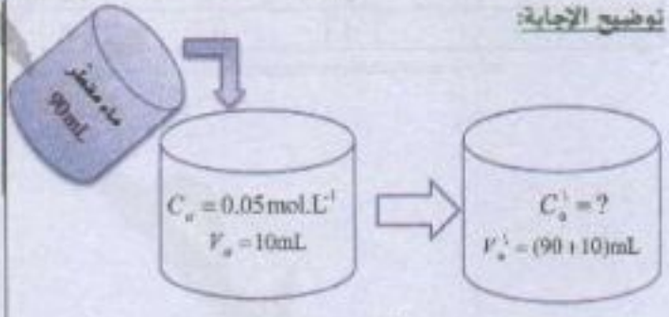
$$\Rightarrow V_a = 20\ mL$$

---

2 يضاف بالتدريج $10\ mL$ من محلول حمض الكبريت تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ إلى $90\ mL$ من الماء المقطر، فتصبح قيمة pH' المحلول الناتج عن التمديد مساوية:

2	b	1	a
4	d	3	c

توضيح الإجابة:



n قبل التمديد $= n'$ بعد التمديد

$$C_a V_a = C'_a V'_a$$

$$0.05 \times 10 = C'_a \times (10 + 90)$$

$$\Rightarrow C'_a = 5 \times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

وبما أن حمض الكبريت حمض قوي ثنائي الوظيفة الحمضية

$$[H_3O^+]' = 2C'_a$$

$$[H_3O^+]' = 2 \times 5 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+]' = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

$$pH' = -\log[H_3O^+]' = -\log(10^{-2})$$

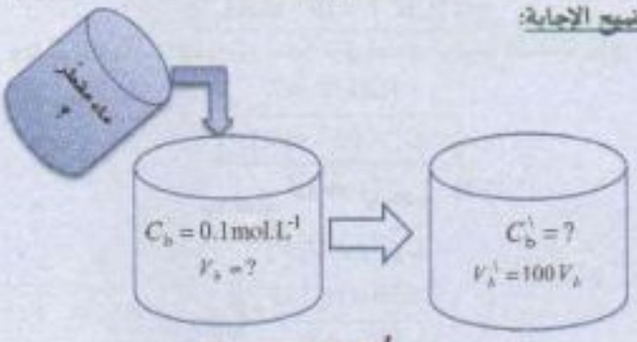
$$\Rightarrow pH' = 2$$

---

3 محلول مائي لهدروكسيد الصوديوم تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ نمدده بالماء المقطر 100 مرة، فتصبح قيمة pH' المحلول الناتج مساوية:

3	b	1	a
13	d	11	c

توضيح الإجابة:



n قبل التمديد $= n'$ بعد التمديد

$$C_b V_b = C'_b V'_b$$

$$0.1 \times V_b = C'_b \times 100 V_b$$

$$\Rightarrow C'_b = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

بما أن NaOH أساس قوي أحادي الوظيفة الأساسية وتام التأين يكون:

$$[OH^-]' = C'_b = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

حسب عبارة ثابت تأين الماء:

$$K_e = [H_3O^+]' . [OH^-]' = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+]' = \frac{10^{-14}}{[OH^-]'} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+]' = 10^{-11}\ mol.L^{-1}$$

$$pH' = -\log[H_3O^+]'$$

$$pH' = -\log(10^{-11})$$

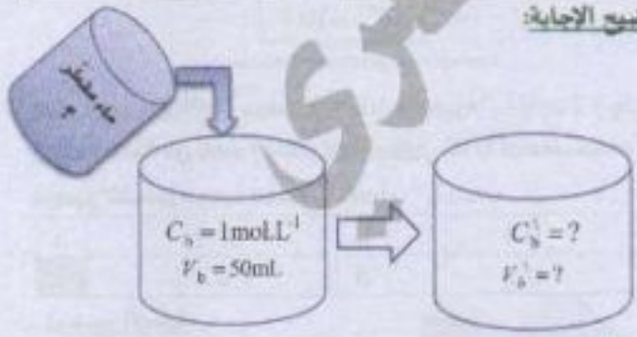
$$\Rightarrow pH' = 11$$

---

4 محلول مائي لهدروكسيد الصوديوم حجمه $50\ mL$ وتركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$، نمدده بالماء المقطر حتى تصبح قيمة $pH' = 13$، فيكون حجم الماء المقطر المضاف مساوياً:

450 mL	b	400 mL	a
50 mL	d	500 mL	c

توضيح الإجابة:



حساب C'_b في هذا السؤال:

$$pH' = 13 \Rightarrow [H_3O^+]' = 10^{-pH'} = 10^{-13}\ mol.L^{-1}$$

حسب عبارة ثابت تأيّن الماء:

$$K_e = [H_3O^+]'.[OH^-]' = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [OH^-]' = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]'} = \frac{10^{-14}}{10^{-13}}$$

$$\boxed{\Rightarrow [OH^-]' = 10^{-1}\ mol.L^{-1}}$$

وبما أنّ هدروكسيد الصوديوم أساس قوي أحادي الوظيفة الأساسية وتام التأيّن يكون:

$$[OH^-]' = C_b'$$

$$\boxed{\Rightarrow C_b' = 10^{-1}\ mol.L^{-1}}$$

$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$C_bV_b = C_b'V_b'$$

$$1\times 50 = 10^{-1}\times V_b'$$

$$\boxed{\Rightarrow V_b' = 500\ mL}$$

$$V'_{\text{ماء مقطر}} = V' - V$$

$$V'_{\text{ماء مقطر}} = 500 - 50$$

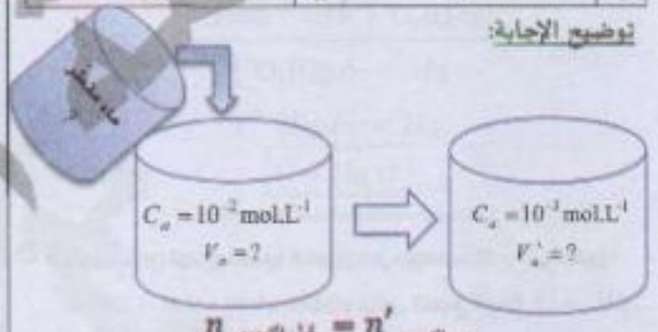
$$\boxed{V'_{\text{ماء مقطر}} = 450\ mL}$$

---

4 محلول لحمض كلور الماء حجمه V له قيمة $pH = 2$، نمدده بالماء المقطر حتى تصبح قيمة $pH' = 3$ عندها يصبح الحجم الجديد V' مساويا:

$100V$	b	$10V$	a
$2V$	d	$3V$	c

توضيح الإجابة:



$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$CV = C'V'$$

$$10^{-2}\times V = 10^{-3}\times V'$$

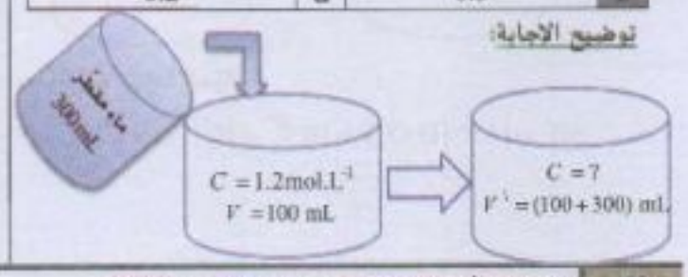
$$\boxed{\Rightarrow V' = 10\,V}$$

---

5 نمدد محلول $NaNO_3$ حجمه $100\ mL$ وتركيزه $1.2\ mol.L^{-1}$ وذلك بإضافة كمية من الماء المقطر إليه تساوي ثلاثة أضعاف حجمه، فيصبح التركيز الجديد للمحلول مقدراً بـ $mol.L^{-1}$:

0.4	b	0.6	a
0.2	d	0.3	c

توضيح الإجابة:



$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$CV = C'V'$$

$$1.2\times 100 = C'\times 400$$

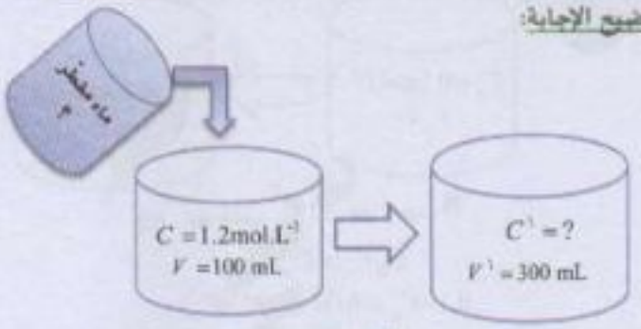
$$\boxed{\Rightarrow C' = 0.3\ mol.L^{-1}}$$

---

6 نمدد محلول $NaCl$ حجمه $100\ mL$ وتركيزه $1.2\ mol.L^{-1}$ بالماء المقطر ليصبح حجمه ثلاثة أضعاف ما كان عليه، فيصبح تركيزه مقدراً بـ $mol.L^{-1}$ مساوياً:

0.4	b	0.6	a
0.2	d	0.3	c

توضيح الإجابة:



$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$CV = C'V'$$

$$1.2\times 100 = C'\times 300$$

$$\boxed{\Rightarrow C' = 0.4\ mol.L^{-1}}$$

---

7 محلول مائي لملح $CaCl_2$ له $pH = 7$، يُمدّد بالماء المقطر مئة مرّة، فإنّ قيمة pH' للمحلول الناتج تساوي:

9	b	5	a
7	d	0.7	c

ورقة عمل في الحموض والأسس

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. أحد الأزواج الآتية لا يُشكّل زوج (أساس/حمض) حسب نظريّة برونشتد – لوري:

H_2O / OH^-	b	NH_4^+ / NH_3	a
HCN / CN^-	d	HNO_3 / HNO_2	c

2. المركّب المذيب من بين المركّبات الآتية هو:

دورة 2010 + 2020 الأولى

NH_3	b	H_2O	a
HCN	d	BF_3	c

3. إذا علمت أنّ قيمة $pH = 3$ للمشروب الغازي، فإنّ تركيز أيون الهيدروكسيد فيه مقدّراً بـ $mol.L^{-1}$:

10^{-3}	b	11	a
10^{+3}	d	10^{-11}	c

4. محلولٌ مائيّ لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$ فتكون قيمة pH هذا المحلول: دورة 2017 الأولى

13	b	2	a
1	d	12	c

5. المحلول المائيّ الذي له أصغر قيمة pH من بين المحاليل الآتية المتساوية في التركيز: دورة 2015 الثانية

NH_4OH	b	H_2O	a
HCOOH	d	HNO_3	c

6. المحلول المائيّ الذي له أكبر قيمة pH من بين المحاليل الآتية المتساوية في التركيز:

NH_4OH	b	NaOH	a
HCOOH	d	HNO_3	c

7. إذا علمت أنّ ثابت تأيّن الماء $K_e = 10^{-14}$ في الدّرجة $25\ ^\circ C$ فيكون $[H_3O^+]$ من أجل المحلول المعتدل مقدراً بـ $mol.L^{-1}$:

10^{-14}	b	10^{+14}	a
10^{+7}	d	10^{-7}	c

8. نأخذ حجم V من محلول حمض كلور الماء ذي التّركيز $0.1\ mol.L^{-1}$ ونضيف إليه 180 mL من الماء المقطّر ليصبح تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$ فيكون الحجم V مساوياً:

40 mL	b	20 mL	a
18 mL	d	60 mL	c

9. محلول مائيّ للنّشادر تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ وثابت تأيّنه 0.2×10^{-4} نمدّده بالماء المقطّر 10 مرّات، فتصبح قيمة pOH المحلول النّاتج عن التّمديد مساويةً:

3	b	1	a
3.5	d	7	c

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. يعتبر النّشادر أساس حسب نظريّة لويس. دورة 2016 الثانية
2. يُعدّ الماء مركّب مذبذب. دورة 2016 الأولى
3. يُعدّ هدروكسيد البوتاسيوم أساساً قوياً.
4. يُعدّ حمض سيانيد الهدروجين حمضاً ضعيفاً.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. حدّد كلاً من حمض لويس وأساس لويس في التّفاعلات الممثّلة بالمعادلات الآتية: دورة 2013 + 2018 الأولى

$$NH_3 + BCl_3 \longrightarrow (H_3N \rightarrow BCl_3)$$

$$Cu^{2+} + 4H_2O \longrightarrow [Cu(H_2O)_4]^{2+}$$

$$H_2O + H^+ \longrightarrow H_3O^+$$

2. حدّد الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظريّة برونشتد – لوري في التّفاعل الآتي: دورة 2014 الثانية

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

3. إذا علمت أن النشادر NH_3 أقوى من أيون الخلات CH_3COO^- كأساس. المطلوب: دورة 2020 الثانية

اكتب صيغة الحمض المرافق لكل منهما حسب نظريّة برونشتد - لوري، ثمّ بيّن أيّ الحمضين أقوى.

4. يبيّن الجدول الآتي قيم ثوابت التأيّن لبعض محاليل الحموض الضّعيفة متساوية التّراكيز عند الدّرجة $25\ ^\circ C$:

الحمض الضعيف	ثابت التأين K_a
HCN	5×10^{-10}
HNO_2	4.5×10^{-4}
HF	7.2×10^{-4}

المطلوب:

a) أي من هذه الحموض هو الأقوى. علّل إجابتك.

b) ما هو الأساس المرافق الأقوى.

c) في أيّ محلول يكون $[H_3O^+]$ أقل.

d) في أيّ محلول تكون قيمة pH أقل.

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: نُذيب 8 g من هدروكسيد الصوديوم في الماء المقطّر ونكمل حجم المحلول إلى 2 L. المطلوب حساب:

1. قيمة $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ في المحلول.
2. قيمة pH و pOH المحلول.
3. حجم الماء المقطّر اللازم إضافته إلى 50 mL من المحلول السّابق لتصبح قيمة الـ $pH = 12$.

علماً أنّ: H:1 , O:16 , Na:23.

المسألة الثانية: محلولٌ مائيّ لحمض الأزوت تركيزه الابتدائيّ $2\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض. وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظريّة برونشتد – لوري.
2. احسب قيمة pH المحلول.
3. يُضاف بالتّدريج 10 mL من محلول الحمض السّابق إلى 90 mL من الماء المقطّر. **المطلوب:**

احسب قيمة pH المحلول النّاتج عن التّمديد.

علماً أنّ: $\log(2)=0.3$

المسألة الثالثة:

محلولٌ مائيّ لأساس ضعيف B له قيمة $pH=11$ وثابت تأيّنه 2×10^{-4}. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الأساس. وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظريّة برونشتد- لوري.
2. احسب التّركيز الابتدائيّ لهذا الأساس.
3. احسب النّسبة المئويّة لتأيّن هذا الأساس.

المسألة الرابعة:

محلولٌ مائيّ لحمض ضعيف HA تركيزه الابتدائيّ $0.05\ mol.L^{-1}$ وقيمة ثابت تأيّنه 2×10^{-5}. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة تأيّنه. وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظريّة برونشتد- لوري.
2. احسب قيمة $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ و $[A^-]$ في المحلول.
3. احسب درجة تأيّن هذا الحمض.
4. احسب قيمة pH المحلول.
5. وضّح حسابيّاً ما التغيّر الذي يجب أن يطرأ على $[H_3O^+]$ كي تصبح قيمة $pH=5$.

المسألة الخامسة:

محلولٌ مائيّ لحمض النّمل تركيزه الابتدائيّ $0.01\ mol.L^{-1}$ ودرجة تأيّنه 10 %. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض.
2. احسب قيمة $[OH^-]$ و $[H_3O^+]$ ثمّ pH المحلول.
3. احسب قيمة ثابت تأيّن هذا الحمض.
4. احسب $[HCOO^-]$ في المحلول السّابق إذا احتوى على حمض كلور الماء بتركيز ابتدائيّ $0.1\ mol.L^{-1}$

انتهت ورقة العمل

أ. أسامة الحصري

أولاً مراجعة لكتابة الصيغ الكيميائية للمركبات

اسم العنصر	رمز العنصر	رمز الأيون	التكافؤ	الجذر	الصيغة	التكافؤ
الصوديوم	Na	Na^+	1	أمونيوم	NH_4^+	1
البوتاسيوم	K	K^+	1	نمالات	$HCOO^-$	1
الفضة	Ag	Ag^+	1	خلات	CH_3COO^-	1
الكلور	Cl	Cl^-	1	نترات	NO_3^-	1
الكالسيوم	Ca	Ca^{2+}	2	سيانيد	CN^-	1
الرصاص	Pb	Pb^{2+}	2	كبريتات	SO_4^{2-}	2
الباريوم	Ba	Ba^{2+}	2	كربونات	CO_3^{2-}	2
المغنيوم	Mg	Mg^{2+}	2	كرومات	CrO_4^{2-}	2
الكبريت	S	S^{2-}	2	فوسفات	PO_4^{3-}	3

مثال: اكتب الصيغة الكيميائية لكل من المركبات الآتية:

كلوريد الرصاص	كبريتات الفضة	نترات الأمونيوم
$PbCl_2$	Ag_2SO_4	NH_4NO_3
كربونات المغنزيوم	فوسفات ثلاثي الكالسيوم	نمالات البوتاسيوم
$MgCO_3$	$Ca_3(PO_4)_2$	HCOOK

ثانياً قطبية الأملاح

نعلم أنّ الملح ينكوّن من تفاعل الحمض مع الأساس:

ماء + ملح ⟵ أساس + حمض

مثال 1: $HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

الملح	الجزء الأساسي	الجزء الحمضي
NaCl	Na^+	Cl^-

مثال 2: $HCOOH + KOH \longrightarrow HCOOK + H_2O$

الملح	الجزء الأساسي	الجزء الحمضي
HCOOK	K^+	$HCOO^-$

أعط تفسيراً علمياً: تتمتع الأملاح بخاصية قطبية. دورة 2018 الأولى

الجواب: لأنّ الأملاح مركّبات أيونيّة تتألف من جزأين:

① جزء أساسي موجب: أيون معدني أو أكثر أو جذر أمونيوم أو أكثر.

② جزء حمضي سالب: أيون لا معدني أو أكثر أو جذر حمضي أو أكثر.

ثالثاً تصنيف الأملاح وفق ذوبانيتها

❶ أملاح جيّدة الذّوبان في الماء (الأملاح الذّوابة):

تأينها: تام في المحاليل المائيّة ($\longrightarrow$).

محاليلها: متجانسة لا تحوي راسب.

أمثلتها: أملاح ($CH_3COO^-, NH_4^+, Na^+, K^+, NO_3^-$)

وملح $BaCl_2$ ، وملح $CaCl_2$.

مسائلها: ندرس عليها مسائل الحلمهة K_h.

سؤال: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

① **بعض الأملاح جيدة الذوبان في الماء.**

لأنّ قوى التّجاذب بين أيونات الملح في بلّورتها أقل من قوى التّجاذب التي تنشأ بين هذه الأيونات وجزيئات الماء أثناء الذّوبان.

② **بعض الأملاح قليلة الذوبان في الماء.**

لأنّ قوى التّجاذب بين أيونات الملح في بلّورتها أكبر من قوى التّجاذب التي تنشأ بين هذه الأيونات وجزيئات الماء أثناء الذّوبان.

رابعاً إماهة الأملاح

هي ذوبان الملح الصّلب في الماء وتشكّل الأيونات المميّهة (الأيونات المحاطة بجزيئات الماء).

مثال: معادلة إماهة ملح كلوريد الصوديوم:

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

خامساً حلمهة الأملاح

هو تفاعل أيون الملح النّاتج من (الحمض الضّعيف أو الأساس الضّعيف أو كليهما) مع الماء. وهو تفاعل عكوس، وينتج عنه الحمض أو الأساس الضّعيف. وغالباً يرافقه تغيّر في قيمة pH المحلول.

الجزء القوي من الملح	الجزء الضعيف من الملح
هو جزء ناتج من حمض قوي أو أساس قوي. Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-} Na^+, K^+	هو جزء ناتج من حمض ضعيف أو أساس ضعيف. $HCOO^-, CH_3COO^-, CN^-$ NH_4^+
أيون حيادي لا يتفاعل مع الماء (لا يحلمه).	أيون يتفاعل مع الماء (يحلمه).
يحدّد طبيعة الوسط (حمضي، قلوي، معتدل).	يحدّد ثابت التأيّن (K_b ، K_a) في عبارة ثابت الحلمهة K_h.

أمثلة

سيانيد الصوديوم $NaCN$

- Na^+: أيون ناتج عن أساس قوي (جزء قوي). أيون حيادي (لا يحلمه). الوسط أساسي $pH > 7$
- CN^-: أيون ناتج عن حمض ضعيف (جزء ضعيف). يتفاعل مع الماء (يحلمه). K_a

كلوريد الأمونيوم NH_4Cl

- Cl^-: أيون ناتج عن حمض قوي (جزء قوي). أيون حيادي (لا يحلمه). الوسط حمضي $pH < 7$
- NH_4^+: أيون ناتج عن أساس ضعيف (جزء ضعيف). يتفاعل مع الماء (يحلمه). K_b

① حالة ملح ناتج عن حمض قوي وأساس ضعيف:

تطبيق: محلول مائي لملح نترات الأمونيوم. المطلوب:

a) اكتب معادلة الإماهة ثم الحلمهة لهذا الملح.

b) حدّد طبيعة الوسط الناتج عن الحلمهة. علّل إجابتك.

c) اكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح K_h بدلالة التراكيز.

d) استنتج العلاقة التي تربط بين ثابت حلمهة هذا الملح K_h وثابت تأيّن النشادر K_b.

الجواب:

نترات الأمونيوم

NH_4NO_3

NO_3^-	NH_4^+
أيون ناتج عن حمض قوي (جزء قوي) أيون حيادي (لا يتحلمه) الوسط حمضي $pH < 7$	أيون ناتج عن أساس ضعيف (جزء ضعيف) يتحلمه K_h

a) إماهة:

$$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} NH_{4(aq)}^+ + NO_{3(aq)}^-$$

حلمهة:

$$NH_{4(aq)}^+ + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$$

b) الوسط حمضي: لأنه نتج أيون H_3O^+ عن تفاعل الحلمهة.

c) عبارة ثابت الحلمهة K_h بدلالة التراكيز:

$$K_h = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

d) نكتب معادلة تأيّن النشادر:

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_{4(aq)}^+ + OH_{(aq)}^-$$

عبارة ثابت تأيّن النشادر:

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

نحسب الجداء $K_h.K_b$:

$$K_h.K_b = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]} \cdot \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$K_h.K_b = [H_3O^+].[OH^-] = K_w$$

$$\Rightarrow K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{K_b}$$

وهي عبارة ثابت الحلمهة K_h بدلالة ثابت التأيّن K_b

② حالة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس قوي:

تطبيق: محلول مائي لملح لملات البوتاسيوم. المطلوب:

a) اكتب معادلة الإماهة ثم الحلمهة لهذا الملح.

b) حدّد طبيعة الوسط الناتج عن الحلمهة. علّل إجابتك.

c) اكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح K_h بدلالة التراكيز.

d) استنتج العلاقة التي تربط بين ثابت حلمهة هذا الملح K_h وثابت تأيّن حمض النمل K_a.

الجواب:

لملات البوتاسيوم

$HCOOK$

K^+	$HCOO^-$
أيون ناتج عن أساس قوي (جزء قوي) أيون حيادي (لا يتحلمه) الوسط أساسي $pH > 7$	أيون ناتج عن حمض ضعيف (جزء ضعيف) يتحلمه K_a

a) إماهة:

$$HCOOK_{(s)} \xrightarrow{H_2O} HCOO_{(aq)}^- + K_{(aq)}^+$$

حلمهة:

$$HCOO_{(aq)}^- + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons HCOOH_{(aq)} + OH_{(aq)}^-$$

b) الوسط أساسي: لأنه نتج أيون OH^- عن تفاعل الحلمهة.

c) عبارة ثابت الحلمهة K_h بدلالة التراكيز:

$$K_h = \frac{[HCOOH][OH^-]}{[HCOO^-]}$$

d) نكتب معادلة تأيّن حمض النمل:

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons HCOO_{(aq)}^- + H_3O_{(aq)}^+$$

عبارة ثابت تأيّن حمض النمل:

$$K_a = \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

نحسب الجداء $K_h.K_a$

$$K_h.K_a = \frac{[HCOOH][OH^-]}{[HCOO^-]} \cdot \frac{[HCOO^-][H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

$$K_h.K_a = [H_3O^+].[OH^-] = K_w$$

$$\Rightarrow K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{K_a}$$

وهي عبارة ثابت الحلمهة K_h بدلالة ثابت التأيّن K_a

③ حالة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس ضعيف:

تطبيق: محول مائي لملح نملات الأمونيوم ، إذا علمت أنّ ثابت تأيّن حمض النمل 2×10^{-4} وثابت تأيّن هدروكسيد الأمونيوم 2×10^{-5}.

المطلوب:

a) اكتب معادلتَي إماهة وحلمهة هذا الملح.

b) اكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح K_h بدلالة التراكيز.

c) اكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح بدلالة ثابت تأيّن الماء K_w.
ثمّ احسب قيمة ثابت الحلمهة.

d) ما طبيعة الوسط الناتج عن الحلمهة. علّل إجابتك.

الجواب:

خلات الأمونيوم $HCOONH_4$

- $HCOO^-$: أيون ناتج عن حمض ضعيف (جزء ضعيف) يتحلمه K_b
- NH_4^+: أيون ناتج عن أساس ضعيف (جزء ضعيف) يتحلمه K_a

a) إماهة: $HCOONH_4 \xrightarrow{H_2O} HCOO^- + NH_4^+$

حلمهة: $HCOO^- + H_2O \rightleftharpoons HCOOH + OH^-$

حلمهة: $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

بجمع المعادلتين السابقتين نحصل على معادلة الحلمهة:

$$HCOO^- + NH_4^+ + 2H_2O \rightleftharpoons HCOOH + NH_3 + OH^- + H_3O^+$$

$$HCOO^- + NH_4^+ \rightleftharpoons HCOOH + NH_3$$

b) عبارة ثابت الحلمهة K_h بدلالة التراكيز:

$$K_h = \frac{[HCOOH][NH_3]}{[HCOO^-][NH_4^+]}$$

c) عبارة ثابت الحلمهة K_h بدلالة ثابت تأيّن الماء K_w:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a K_b}$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_a K_b} = \frac{10^{-14}}{2\times10^{-5}\times2\times10^{-4}}$$

$$\Rightarrow K_h = \frac{1}{4}\times10^{5}$$

d) الوسط حمضي، لأنّ: $K_a > K_b$.

النتيجة: تتوقّف قيمة pH المحلول على قوّة كل من الحمض والأساس الناتجين عن الحلمهة:

① إذا كان $K_a > K_b \Leftarrow$ الوسط حمضي ($pH < 7$ بقليل).

② إذا كان $K_a < K_b \Leftarrow$ الوسط أساسي ($pH > 7$ بقليل).

③ إذا كان $K_a = K_b \Leftarrow$ الوسط معتدل ($pH = 7$ حالة نادرة).

④ حالة ملح ناتج عن حمض قوي وأساس قوي:

أمثلة:

Na_2SO_4	$NaNO_3$	NaCl
K_2SO_4	KNO_3	KCl

سؤال: أعط تفسيراً علمياً:

لا يعد ذوبان هذه الأملاح في الماء تفاعل حلمهة.

أو: المحول المائي لهذه الأملاح هو محلول معتدل.

أو: المحلول المائي لهذه الأملاح يساوي pH 7.

الجواب: لأنّ أيونات هذه الأملاح حياديّة لا تتحلمه (لا تتفاعل مع الماء).

سؤال: يستخدم مقياس pH لمعرفة طبيعة المحلول المائي.

تختلف قيم pH للأملاح: NH_4Cl ، $NaCl$ ، Na_2CO_3 المتساوية التراكيز، التي تظهر في الصور الآتية.

NH_4Cl NaCl Na_2CO_3

المطلوب:

فسر طبيعة الوسط وذلك بكتابة المعادلات الكيميائية اللازمة.

الجواب:

❶ محلول ملح NH_4Cl:

إماهة:

$$NH_4Cl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} NH_{4(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$$

حلمهة:

$$NH_{4(aq)}^+ + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$$

طبيعة الوسط:

حمضي، لأنّه نتج أيون H_3O^+ عن تفاعل الحلمهة.

---

❷ محلول ملح $NaCl$:

إماهة:

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$$

طبيعة الوسط:

معتدل، لأنّ أيونات هذا الملح حياديّة لا تتفاعل مع الماء (لاتتحلمه).

---

❸ محلول ملح Na_2CO_3:

إماهة:

$$Na_2CO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Na_{(aq)}^+ + CO_{3(aq)}^{2-}$$

حلمهة:

$$CO_{3(aq)}^{2-} + 2H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} + 2OH_{(aq)}^-$$

طبيعة الوسط:

أساسي (قلوي)، لأنّه نتج أيون OH^- عن تفاعل الحلمهة.

ملاحظة هامة جداً:

هذه القوانين: $[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$ و $[OH^-] = \sqrt{K_b C_b}$

لا تُطبّق في مسائل الحلمهة K_h.

المسألة الأولى: تطبيق 6 صفحة 107 كتاب + دورة 2016 الثانية

محلول مائي لملح نترات الألمونيوم تركيزه $0.18\ mol.L^{-1}$ فإذا علمت أنّ قيمة ثابت تأين النّشادر عند الدّرجة $25^\circ C$ يساوي 1.8×10^{-5} المطلوب:

1. احسب قيمة ثابت حلمهة هذا الملح K_h.
2. اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.
3. احسب $[H_3O^+]$ و $[OH^-]$ في المحلول.
4. احسب قيمة pH المحلول، وما طبيعة المحلول النّاتج.
5. احسب النّسبة المئويّة المتحلمهة من هذا الملح.

الحل:

نترات الألمونيوم NH_4NO_3 — $0.18\ mol.L^{-1}$ — $K_b=1.8\times10^{-5}$

- NO_3^-: أيون ناتج عن حمض قوي (جزء قوي) — أيون حيادي (لا يتعلمه) — الوسط حمضي $pH<7$
- NH_4^+: أيون ناتج عن أساس ضعيف (جزء ضعيف) — يتفاعل مع الماء (يتعلمه) — K_b

1. حساب قيمة ثابت الحلمهة $K_h=?$

$$K_h=\frac{K_w}{K_b}=\frac{10^{-14}}{1.8\times10^{-5}}$$

$$\Rightarrow K_h=\frac{1}{18}\times10^{-9}$$

2. إماهة:

$$NH_4NO_{3(s)}\xrightarrow{H_2O}NH_{4(aq)}^+ + NO_{3(aq)}^-$$

حلمهة:

$$NH_{4(aq)}^+ + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$$

3.

0.18	0	0
$0.18-x$	x	x

$$K_h=\frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

$$\frac{1}{18}\times10^{-9}=\frac{x^2}{0.18-x}$$

نهمل x في المقام لصغرها

$$\Rightarrow x^2=\frac{1}{18}\times10^{-9}\times0.18$$

$$\Rightarrow x=10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

$$[H_3O^+]=x=10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

وحسب عبارة ثابت تأين الماء:

$$K_w=[H_3O^+].[OH^-]=10^{-14}$$

$$\Rightarrow[OH^-]=\frac{10^{-14}}{[H_3O^+]}=\frac{10^{-14}}{10^{-5}}$$

$$\Rightarrow[OH^-]=10^{-9}\ mol.L^{-1}$$

4. حساب قيمة pH المحلول:

$$pH=-\log[H_3O^+]$$

$$pH=-\log(10^{-5})$$

$$\Rightarrow pH=5$$

الوسط حمضي لأن: $pH<7$

5. حساب النّسبة المئويّة المتحلمهة من الملح:

كل $0.18\ mol.L^{-1}$ من الملح يتحلمه منه $x=10^{-5}\ mol.L^{-1}$

كل $100\ mol.L^{-1}$ من الملح يتحلمه منه $Z\ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow Z=\frac{10^{-5}\times100}{0.18}=\frac{1}{18}\times10^{-1}\ mol.L^{-1}$$

وكنسبة متوية: $\frac{1}{18}\times10^{-1}\%$

المسألة الثانية: المسألة الأولى صفحة 130 كتاب

محلول مائي لملح كلوريد الألمونيوم تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$ وقيمة $pH=5$. المطلوب:

1. اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.
2. احسب قيمة ثابت حلمهة هذا الملح.
3. احسب قيمة ثابت تأين النّشادر.
4. نضيف إلى المحلول السّابق قطرات من محلول حمض كلور الماء تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$ المطلوب:

احسب النّسبة المئويّة المتحلمهة من ملح كلوريد الألمونيوم في هذه الحالة.

الحل:

كلوريد الأمونيوم NH_4Cl — $pH=5$ — $0.2\ mol.L^{-1}$

- Cl^-: أيون ناتج عن حمض قوي (جزء قوي) — أيون حيادي (لا يتعلمه) — الوسط حمضي $pH<7$
- NH_4^+: أيون ناتج عن أساس ضعيف (جزء ضعيف) — يتفاعل مع الماء (يتعلمه) — K_b

1. إماهة:

$$NH_4Cl_{(s)}\xrightarrow{H_2O}NH_{4(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$$

حلمهة:

$$NH_{4(aq)}^+ + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$$

2.

0.2	0	0
$0.2-x$	x	x

$$K_b = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

$$K_b = \frac{x^2}{0.2-x}$$

نُهمل x في المقام لصغرها

$$\Rightarrow K_b = \frac{x^2}{0.2}$$

ولكن:

$$pH = 5 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

$$\boxed{\Rightarrow x = [H_3O^+] = 10^{-5}\ mol.L^{-1}}$$

$$K_b = \frac{x^2}{0.2} = \frac{(10^{-5})^2}{0.2}$$

$$\boxed{\Rightarrow K_b = 0.5\times10^{-9}}$$

❸ حساب قيمة ثابت تأين النشادر $K_b = ?$:

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_b = \frac{K_e}{K_a} = \frac{10^{-14}}{0.5\times10^{-9}}$$

$$\boxed{\Rightarrow K_b = 2\times10^{-5}}$$

❹ حساب النسبة المئوية المتحلمهة من الملح:

HCl	+ H_2O	⟶ Cl^-	+ H_3O^+
0.01		0	0
0		0.01	0.01

$$NH_{4(aq)}^+ + H_2O_{(\ell)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_3O_{(aq)}^+$$

0.2	0	0.01
$0.2-x'$	x'	$0.01+x'$

$$K_b = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

$$K_b = \frac{x'(0.01+x')}{0.2-x'}$$

نُهمل x' المطروحة في المقام والمُضافة في البسط لصغرهما:

$$\Rightarrow K_b = \frac{0.01x'}{0.2}$$

$$0.5\times10^{-9} = \frac{0.01x'}{0.2}$$

$$\boxed{\Rightarrow x' = 10^{-8}\ mol.L^{-1}}$$

كل $0.2\ mol.L^{-1}$ من الملح يتحلمه منه $x' = 10^{-8}\ mol.L^{-1}$

كل $100\ mol.L^{-1}$ من الملح يتحلمه منه $Z\ mol.L^{-1}$

$$\Rightarrow Z = \frac{10^{-8}\times100}{0.2} = 0.5\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

وكنسبة مئوية: $0.5\times10^{-5}\%$

المسألة الثالثة: تطبيق 7 صفحة 109 كتاب

محلولٌ مائيّ لملح خلات الصوديوم تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$ فإذا علمت أنّ ثابت تأين حمض الخل يساوي 2×10^{-5}.

المطلوب:

❶ احسب قيمة ثابت حلمهة هذا الملح.

❷ اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.

❸ احسب قيمة pOH هذا الملح، وما طبيعة المحلول الناتج. علّل إجابتك.

❹ يُضاف إلى المحلول السّابق قطرات من محلول هدروكسيد الصوديوم تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$

المطلوب:

احسب $[CH_3COOH]$ في هذه الحالة.

الحل:

خلات الصوديوم

$K_a = 2\times10^{-5}$ — CH_3COONa — $0.2\ mol.L^{-1}$

CH_3COO^-	Na^+
أيون ناتج عن حمض ضعيف (جزء ضعيف)	أيون ناتج عن أساس قوي (جزء قوي)
يتفاعل مع الماء (يتحلمه)	أيون حيادي (لا يتحلمه)
K_a	الوسط أساسي $pH > 7$

❶ حساب قيمة ثابت الحلمهة $K_h = ?$:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$K_h = \frac{10^{-14}}{2\times10^{-5}}$$

$$\boxed{\Rightarrow K_h = 0.5\times10^{-9}}$$

❷ إماهة:

$$CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} CH_3COO^- + Na^+$$

حلمهة:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

0.2	0	0
$0.2-x$	x	x

❸

$$K_h = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

$$K_h = \frac{x^2}{0.2-x}$$

نُهمل x في المقام لصغرها

$$\Rightarrow 0.5\times10^{-9} = \frac{x^2}{0.2}$$

$$\Rightarrow x = \sqrt{0.2\times0.5\times10^{-9}}$$

$$\boxed{\Rightarrow x = 10^{-5}\ mol.L^{-1}}$$

$$[OH^-] = x = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

حساب قيمة pOH المحلول:

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pOH = -\log(10^{-5})$$

$$\Rightarrow pOH = 5$$

لمعرفة طبيعة الوسط يجب حساب قيمة pH المحلول:

$$pH + pOH = 14$$

$$\Rightarrow pH = 9$$

الوسط أساسي (قلوي) لأنّ: $pH > 7$

❹ حساب النّسبة المئويّة المتحلّمة من الملح:

	$NaOH \longrightarrow$	Na^+	$+ \quad OH^-$
	0.01	0	0
	0	0.01	0.01

	$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons$	CH_3COOH	$+ \quad OH^-$
	0.2	0	0.01
	$0.2-x'$	x'	$0.01+x'$

$$K_h = \frac{[CH_3COOH].[OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

$$K_h = \frac{x'(0.01+x')}{0.2-x'}$$

نُهمل x' المطروحة في المقام والمُضافة في البسط لصغرهما:

$$\Rightarrow K_h = \frac{0.01x'}{0.2}$$

$$0.5\times10^{-9} = \frac{0.01x'}{0.2}$$

$$\Rightarrow x' = 10^{-8}\ mol.L^{-1}$$

ومنه: $[CH_3COOH] = x' = 10^{-8}\ mol.L^{-1}$

المسألة الرابعة: نشاط 8 صفحة 110 كتاب

محلول مائيّ لملح سيانيد الصوديوم تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$، إذا علمت أنّ قيمة ثابت حلمهة هذا الملح يساوي 2×10^{-5}

المطلوب:

❶ اكتب معادلة حلمهة هذا الملح، ثمّ احسب pH المحلول.

❷ ما طبيعة الوسط لمحلول هذا الملح، علّل إجابتك.

❸ احسب قيمة ثابت تأيّن حمض سيانيد الهدروجين.

الحل:

سيانيد الصوديوم

$K_h = 2\times10^{-5}$ — $NaCN$ — $0.05\ mol.L^{-1}$

CN^-	Na^+
أيون ناتج عن حمض ضعيف	أيون ناتج عن أساس قوي
(جزء ضعيف)	(جزء قوي)
يتفاعل مع الماء (يتحلمه)	أيون حياديّ (لا يتحلمه)
K_a	الوسط أساسي $pH > 7$

❶ إماهة:

$$NaCN \xrightarrow{H_2O} Na^+ + CN^-$$

حلمهة:

	$CN^- + H_2O \rightleftharpoons$	HCN	$+ \quad OH^-$
	0.05	0	0
	$0.05-x$	x	x

$$K_h = \frac{[HCN][OH^-]}{[CN^-]}$$

$$K_h = \frac{x^2}{0.05-x}$$

نُهمل x في المقام لصغرها

$$\Rightarrow 2\times10^{-5} = \frac{x^2}{0.05}$$

$$\Rightarrow x = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$[OH^-] = x = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

وحسب عبارة ثابت تأيّن الماء:

$$K_w = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-11}\ mol.L^{-1}$$

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$$pH = -\log(10^{-11})$$

$$pH = 11$$

❷ الوسط أساسي (قلوي) لأنّ: $pH > 7$

❸ حساب قيمة ثابت تأيّن حمض سيانيد الهدروجين $K_a = ?$:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$\Rightarrow K_a = \frac{K_w}{K_h} = \frac{10^{-14}}{2\times10^{-5}}$$

$$\Rightarrow K_a = 0.5\times10^{-9}$$

---

❷ أملاح قليلة الذّوبان في الماء:

تأيّنها: جزئيّ في المحاليل المائيّة ($\rightleftharpoons$).

محاليلها: غير متجانسة يتوازن فيها الطّور الصّلب (الملح المترسّب) مع الطّور السائل (الأيونات المميّهة).

أمثلتها: $AgCl$, $BaSO_4$, $CaCO_3$ Ag_2SO_4 , $PbCl_2$

مسائلها: ندرس عليها مسائل جداء الذّوبان K_{sp}.

سابعًا: التّوازن غير المتجانس للأملاح قليلة الذّوبان في الماء

عند وضع كميّة من ملح قليل الذّوبان في الماء، يذوب قسم ضئيل منه ويبقى القسم الأعظم في الطّور الصّلب، فيحصل توازن غير متجانس بين الطّورين الصّلب (الملح المترسّب) والمذاب (الأيونات المذابة).

سؤال: اكتب معادلة التوازن غير المتجانس، ثمّ اكتب العبارة الرياضية لثابت جداء الذوبان لكل من الأملاح الآتية:

عبارة K_{sp}	معادلة التوازن غير المتجانس
كلوريد الفضة:	
$K_{sp}=[Ag^+].[Cl^-]$	$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
كبريت الفضة:	
$K_{sp}=[Ag^+]^2.[S^{2-}]$	$Ag_2S_{(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)}$
كربونات الكالسيوم:	
$K_{sp}=[Ca^{2+}].[CO_3^{2-}]$	$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$
كبريتات الباريوم:	
$K_{sp}=[Ba^{2+}].[SO_4^{2-}]$	$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$
كرومات الرصاص:	
$K_{sp}=[Pb^{2+}].[CrO_4^{2-}]$	$PbCrO_{4(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + CrO^{2-}_{4(aq)}$
فوسفات ثلاثي الكالسيوم:	
$K_{sp}=[Ca^{2+}]^3.[PO_4^{3-}]^2$	$Ca_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-}$

تابع وملاحظات

① لا تدخل المواد الصلبة (s) في عبارة ثابت جداء الذوبان K_{sp} (علل): لأنّ تركيزها يبقى ثابت مهما اختلفت كميّتها.

② تدل قيمة K_{sp} على قابليّة ذوبان الملح بالماء، وكلّما كانت قيمته أكبر كان الملح أكثر ذوباناً في الماء، وكلما نقصت قيمته كان الملح أقل ذوباناً في الماء (أكثر ترسّباً).

③ ندرس جداء الذوبان على الأملاح قليلة الذوبان بالماء.

④ يُمثّل ثابت جداء الذوبان K_{sp} جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان بالماء، مرفوعة كل منها إلى أس يساوي أمثالها التفاعليّة في المحلول المشبع.

⑤ يُمثّل الجداء الأيوني Q جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان بالماء، مرفوعة كل منها إلى أس يساوي أمثالها التفاعليّة.

⑥ **لمعرفة إذا كان الملح سيترسب أم لا:**

نحسب الجداء الأيوني Q ونقارنه مع ثابت جداء الذوبان K_{sp}:

ونميّز ثلاث حالات:

a) إذا كان: $Q < K_{sp} \Leftarrow$ المحلول غير مشبع ولا يتشكل راسب.

b) إذا كان: $Q = K_{sp} \Leftarrow$ المحلول مشبع ولا يتشكل راسب.

c) إذا كان: $Q > K_{sp} \Leftarrow$ المحلول فوق مشبع ويتشكل راسب.

⑦ **ذوبانيّة الملح:** هي تركيز الملح في محلوله المشبع عند درجة حرارة محدّدة، وهي ثابت خاص بكل ملح، ويُرمز لها بالرمز S

ولها نوعان:

الذوبانية الكتلية لملح $S_{g.L^{-1}}$، والذوبانية المولية لملح $S_{mol.L^{-1}}$.

⑧ ترتبط الذوبانيّة الكتليّة بالذوبانيّة المولية بالعلاقة:

$$S_{g.L^{-1}} = S_{mol.L^{-1}} \times M$$

ملاحظات

① في معادلة التوازن غير المتجانس (ملح قليل الذوبان):
نكتفي بكتابة سطر واحد فقط تحت المعادلة.

② أسطر المعادلة هي تراكيز مولية دوماً وليست تراكيز غرامية.

③ عندما يُطلب حساب قيمة ثابت جداء الذوبان K_{sp}:
نكتب معادلة التوازن غير المتجانس للملح، ثمّ نضع تحتها سطر المعادلة، ثمّ نطبّق قانون K_{sp}، ونعوّض.

تطبيق (1): تطبيق 6 صفحة 101 كتاب

محلولٌ مائيٌ مشبعٌ لملح كربونات الفضّة ذوبانيّته المولية S.

المطلوب كتابة:

❶ معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.

❷ عبارة ثابت جداء ذوبانه، ثمّ استنتجها بدلالة الذوبانيّة المولية

الحل:

❶
$$Ag_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$$
$$S \qquad 2S \qquad S$$

❷
$$K_{sp}=[Ag^+]^2.[CO_3^{2-}]$$
$$K_{sp}=(2S)^2.(S)$$
$$\Rightarrow K_{sp}=4S^3$$

تطبيق (2): تطبيق 7 صفحة 101 كتاب

محلولٌ مائيٌ مشبعٌ لملح كبريتات الكالسيوم ذوبانيّته الكتليّة $0.68\ g.L^{-1}$ المطلوب حساب: ذوبانيّته المولية، ثمّ قيمة ثابت جداء الذوبان له. $Ca:40\ ,\ S:32\ ,\ O:16$

الحل:

$$S_{mol.L^{-1}} = \frac{S_{g.L^{-1}}}{M_{(CaSO_4)}} = \frac{0.68}{136}$$
$$\Rightarrow S_{mol.L^{-1}} = 5\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

حيث: $M_{(CaSO_4)} = 40+32+16(4) = 136\ g.mol^{-1}$

$$CaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$
$$S \qquad S \qquad S$$
$$K_{sp}=[Ca^{2+}].[SO_4^{2-}]$$
$$K_{sp}=S\times S=S^2$$
$$K_{sp}=(5\times10^{-3})^2$$
$$\Rightarrow K_{sp}=25\times10^{-6}$$

---

① ترسيب ملح في محلوله

سؤال (1): محلول مائيّ مشبع لملح كبريتات الباريوم.

المطلوب:

a) اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح في محلوله.

b) اقترح طريقة تؤدي إلى ترسيب هذا الملح في محلوله.

الجواب:

a) $BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$

b) نضيف مركّب:

- تام التأيّن (ذوّاب).
- يحوي أيّون يماثل أحد أيونات الملح قليل الذّوبان.

مثل: (ملح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4).

سؤال (2): محلول مائي مشبع لملح كلوريد الفضة. **المطلوب:** اشرح ما يحدث عند إضافة كمية قليلة من مسحوق لملح كلوريد الصوديوم إلى المحلول المشبع السابق.

الجواب:

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^{+}_{(aq)} + \boxed{Cl^{-}_{(aq)}}$$

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + \boxed{Cl^{-}_{(aq)}}$$

يزداد تركيز الأيون المشترك $[Cl^-]$ في المحلول ⇐ يختل التّوازن ويُرجّح التّفاعل بالاتّجاه العكسي حسب قاعدة لوشاتولييه ⇐ يترسّب قسم من ملح $AgCl$ لإعادة التّوازن من جديد.

عند زيادة تركيز الأيّون المشترك يصبح $Q > K_{sp}$
⇐ يترسّب قسم من الملح في محلوله.

② إذابة ملح في محلوله

سؤال (1): محلول مائيّ مشبع لملح كربونات الفضة.

المطلوب:

a) اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح في محلوله.

b) اقترح طريقة تؤدي إلى إذابة هذا الملح في محلوله.

الجواب:

a) $Ag_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$

b) نضيف مركّب:

- تام التأيّن (ذوّاب).
- يحوي أيّون يتّحد مع أحد أيونات الملح قليل الذّوبان ويشكّل معه مركّباً ضعيف التأيّن.

مثل: (حمض كلور الماء HCl).

سؤال (2): محلول مائيّ مشبع لملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم. **المطلوب:** اشرح ما يحدث عند إضافة قطرات من حمض كلور الماء إلى المحلول المشبع السابق.

الجواب:

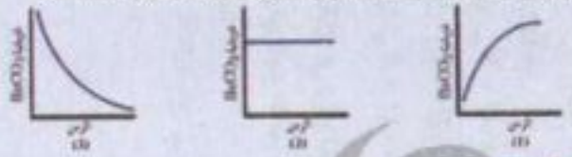
$$HCl_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow Cl^{-}_{(aq)} + \boxed{H_3O^{+}_{(aq)}}$$

$$Ca_3(PO_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3Ca^{2+}_{(aq)} + 2\boxed{PO^{3-}_{4(aq)}}$$

تتّحد أيونات الهدرونيوم H_3O^+ مع أيونات الفوسفات PO^{3-}_4 ⇐ يتشكّل حمض الفوسفور H_3PO_4 ضعيف التأين ⇐ ينقص $[PO^{3-}_4]$ ويُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر حسب قاعدة لوشاتولييه ⇐ يذوب قسم من ملح $Ca_3(PO_4)_2$ لإعادة التّوازن من جديد.

عند نقصان تركيز أحد الأيونات في المحلول يصبح $Q < K_{sp}$
⇐ يذوب قسم من الملح في محلوله.

سؤال: تشير المنحنيات الآتية إلى تغير ذوبانية ملح كربونات الباريوم $BaCO_3$ بدلالة الزمن عند إضافة محاليل مختلفة:



المطلوب:

a) أيّ من المنحنيات يشير لإضافة HNO_3.

b) أيّ من المنحنيات يشير لإضافة Na_2CO_3.

c) أيّ من المنحنيات يشير لإضافة $NaNO_3$.

الجواب:

a) **المنحني (1):** لأنّه عند إضافة HNO_3 إلى المحلول المشبع من $BaCO_3$، تتّحد أيونات الهدرونيوم H_3O^+ مع أيونات CO^{2-}_3
⇐ يتشكّل حمض الكربون H_2CO_3 ضعيف التأيّن.
⇐ ينقص $[CO^{2-}_3]$ ويُرجّح التّفاعل بالاتّجاه المباشر حسب قاعدة لوشاتولييه.
⇐ يذوب قسم من ملح $BaCO_3$ لإعادة التّوازن من جديد.
⇐ أيّ تزداد ذوبانيّة الملح $BaCO_3$.

$$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} \longrightarrow NO^{-}_{3(aq)} + H_3O^{+}_{(aq)}$$

$$BaCO_{3(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$$

b) **المنحني (3):** لأنّه عند إضافة Na_2CO_3 إلى المحلول المشبع من $BaCO_3$، يزداد تركيز الأيّون المشترك $[CO^{2-}_3]$ في المحلول.
⇐ يختل التّوازن ويُرجّح التّفاعل بالاتّجاه العكسيّ حسب قاعدة لوشاتولييه.
⇐ يترسّب قسم من ملح $BaCO_3$ لإعادة التّوازن من جديد.
⇐ أيّ تقل ذوبانيّة الملح $BaCO_3$.

$$Na_2CO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Na^{+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$$

$$BaCO_{3(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$$

c) **المنحني (2):** لا تتأثر الذّوبانيّة.

ملاحظات لحل مسائل الأملاح قليلة الذوبان
(مسائل ثابت جداء الذوبان K_{sp})

النمط الأول: محلول مشبع لملح قليل الذوبان:

الخطوة ❶: نكتب معادلة التوازن غير المتجانس للملح في محلوله المشبع (تأينه $\rightleftharpoons$) ونضع تحتها التراكيز.

مثال: $Ag_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$

$S \qquad 2S \qquad S$

الخطوة ❷: نكتب قانون K_{sp} في المحلول المشبع والذي يساوي جداء تراكيز أيونات الملح مرفوعة لأمثالها.

وبالتالي إما أن يُطلب حساب K_{sp} أو حساب التراكيز.

الخطوة ❸: عند إضافة ملح جيّد الذوبان إلى ملح قليل الذوبان ويُطلب معرفة إن كان جزء من الملح قليل الذوبان يترسّب أم لا. فإننا نتّبع الخطوات الآتية:

a) نكتب معادلة إماهة الملح جيّد الذوبان المضاف ونضع تحتها التراكيز.

b) نكتب معادلة التوازن غير المتجانس للملح قليل الذوبان.

c) نحسب تركيز الأيون المشترك بين الملح قليل الذوبان والملح المضاف.

$$[\text{المضاف}] + [\text{القديم}] = [\text{الجديد}]$$

d) نحسب قيمة Q ونقارنها مع قيمة K_{sp}.

e) نقارن بين K_{sp} و Q:

❶ إذا كان $Q > K_{sp}$ المحلول فوق مشبع ويترسب قسم من الملح.

❷ إذا كان $Q < K_{sp}$ المحلول غير مشبع ويذوب قسم من الملح.

❸ إذا كان $Q = K_{sp}$ المحلول مشبع ولا يتشكّل راسب.

المسألة الخامسة: مشابهة للمسألة الثانية صفحة 116 كتاب

محلولٌ مائيٌ مشبعٌ لملح كبريتات الفضّة ذوبانيّته المولية 10^{-2} mol.L^{-1}. المطلوب:

❶ اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح في محلوله.

❷ احسب قيمة ثابت جداء الذوبان لهذا الملح.

❸ نضيف إلى المحلول السّابق مسحوق لملح كبريتات الصوديوم بحيث يصبح تركيزه في المحلول 2×10^{-2} mol.L^{-1}. المطلوب:

a) اكتب معادلة إماهة ملح كبريتات الصوديوم.

b) بيّن حسابياً إن كان ملح كبريتات الفضّة يترسب أم لا.

الحل:

❶ معادلة التوازن غير المتجانس:

$Ag_2SO_{4(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$

$S \qquad 2S \qquad S$

❷ حساب قيمة ثابت جداء الذوبان K_{sp} = ؟

$K_{sp} = [Ag^+]^2.[SO_4^{2-}]$

$K_{sp} = (2S)^2.(S)$

$K_{sp} = 4S^3 = 4(10^{-2})^3$

$\Rightarrow K_{sp} = 4\times10^{-6}$

❸

(a)

	Na_2SO_4	$\longrightarrow 2Na^+$	$+ SO_4^{2-}$
بدء	2×10^{-2}	0	0
نهاية	0	4×10^{-2}	2×10^{-2}

(b)

	Ag_2SO_4	$\rightleftharpoons 2Ag^+$	$+ SO_4^{2-}$
	S	$2S$	$2\times10^{-2}+S$

لمعرفة إن كان الملح Ag_2SO_4 يترسب أم لا:

نحسب الجداء الأيوني Q ونقارنه مع ثابت جداء الذوبان K_{sp}:

نحسب أولاً تركيز الأيون المشترك $[SO_4^{2-}]'$:

$[SO_4^{2-}]' = 2\times10^{-2} + S$

$[SO_4^{2-}]' = 2\times10^{-2} + 10^{-2}$

$\Rightarrow [SO_4^{2-}]' = 3\times10^{-2}$ mol.L^{-1}

نحسب الجداء الأيوني Q = ؟

$Q = [Ag^+]^2.[SO_4^{2-}]'$

$Q = (2\times10^{-2})^2.(3\times10^{-2})$

$\Rightarrow Q = 12\times10^{-6}$

بالمقارنة نجد أنّ: $Q > K_{sp} \Leftarrow$ يترسّب قسم من ملح Ag_2SO_4.

المسألة السادسة: تطبيق 3 صفحة 104 كتاب

محلولٌ مائيٌ مشبعٌ لملح كلوريد الفضة. إذا علمت أنّ قيمة ثابت جداء ذوبانه $K_{sp} = 6.25\times10^{-10}$. المطلوب:

❶ اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح في محلوله.

❷ احسب تركيز كل من أيونات الكلوريد وأيونات الفضة في المحلول.

❸ احسب الذوبانيّة الكتليّة لمحلول هذا الملح.

❹ نضيف إلى المحلول السّابق مسحوق لملح نترات الفضة بحيث يصبح تركيزه في المحلول 1.5×10^{-5} mol.L^{-1}. المطلوب:

بيّن حسابياً إن كان ملح كلوريد الفضة يترسب أم لا.

علماً أنّ: Ag:108 ، Cl:35.5

الحل:

❶ معادلة التوازن غير المتجانس:

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$
$$S \qquad S \qquad S$$

❷ حساب قيمة $[Ag^+]$ و $[Cl^-]$ في المحلول:

$$K_{sp} = [Ag^+].[Cl^-]$$
$$K_{sp} = S \times S$$
$$6.25\times10^{-10} = S^2$$
$$\Rightarrow S = 2.5\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$$
$$[Ag^+] = [Cl^-] = S = 2.5\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

❸ حساب قيمة $S_{g.L^{-1}}$ لمحلول هذا الملح:

$$S_{g.L^{-1}} = S_{mol.L^{-1}} \times M_{(AgCl)}$$
$$S_{g.L^{-1}} = 2.5\times10^{-5} \times 143.5$$
$$\Rightarrow S_{g.L^{-1}} = 358.75\times10^{-5}\ g.L^{-1}$$

حيث:

$$M_{(AgCl)} = 108 + 35.5 = 143.5\ g.mol^{-1}$$

❹

	$AgNO_3 \xrightarrow{H_2O} Ag^+ + NO_3^-$		
بدئية	1.5×10^{-5}	0	0
نهائية	0	1.5×10^{-5}	1.5×10^{-5}

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$
$$S \qquad 1.5\times10^{-5}+S \qquad S$$

لمعرفة إن كان الملح AgCl يترسب أم لا:

نحسب الجداء الأيوني Q ونقارنه مع ثابت جداء الذوبان K_{sp}:

نحسب أولاً تركيز الأيون المشترك $[Ag^+]'$:

$$[Ag^+]' = 1.5\times10^{-5} + S$$
$$[Ag^+]' = 1.5\times10^{-5} + 2.5\times10^{-5}$$
$$\Rightarrow [Ag^+]' = 4\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

نحسب الجداء الأيوني $Q = ?$:

$$Q = [Ag^+]'[Cl^-]$$
$$Q = (2.5\times10^{-5})(4\times10^{-5})$$
$$\Rightarrow Q = 10\times10^{-10}$$

بالمقارنة نجد أنّ: $Q > K_{sp} \Leftarrow$ يترسّب قسم من ملح AgCl.

النمط الثاني: إضافة مادة تامّة التأيّن إلى مادة أخرى تامّة التأيّن أيضا فيتشكّل ملح قليل الذوبان:

الخطوة ❶: نحسب الحجم الجديد بعد المزج:

$$V' = V_1 + V_2$$

الخطوة ❷: نحسب التراكيز الجديدة بعد المزج:

a) إمّا أن تُعطى في نص المسألة التراكيز قبل المزج:

عندها نحسب التراكيز الجديدة من العلاقة:

$$n_{\text{قبل المزج}} = n'_{\text{بعد المزج}} \Rightarrow CV = C'V' \Rightarrow C' = \frac{CV}{V'}$$

b) أو أن يُعطى في نص المسألة عدد المولات قبل المزج:

عندها نحسب التراكيز الجديدة من العلاقة:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V'}$$

مع الانتباه إلى تحويل الحجم إلى L

الخطوة ❸:

نكتب معادلة تأيّن المادة الأولى ونضع تحتها التراكيز الجديدة.

الخطوة ❹:

نكتب معادلة تأيّن المادة الثانية ونضع تحتها التراكيز الجديدة.

الخطوة ❺: نكتب معادلة التوازن غير المتجانس للملح قليل الذوبان.

الخطوة ❻: نحسب Q ونقارنها مع K_{sp}. (أو يتشكّل محلول مشبع ونحسب عندها K_{sp}).

المسألة السابعة: تطبيق 4 صفحة 105 كتاب + دورة 2020 الأولى

نضيف 100 mL من محلول نترات الرصاص الذي تركيزه 0.05 $mol.L^{-1}$ إلى 400 mL من محلول كلوريد الصوديوم الذي تركيزه 0.1 $mol.L^{-1}$ فإذا كان ثابت جداء الذوبان لملح كلوريد الرصاص يساوي 1.6×10^{-5} المطلوب:

وضّح حسابياً هل يتشكّل راسب من ملح كلوريد الرصاص.

الحل:

① $Pb(NO_3)_2$	② NaCl
0.05 $mol.L^{-1}$ 100 mL	0.1 $mol.L^{-1}$ 400 mL
③ $PbCl_2$	
$K_{sp} = 1.6\times10^{-5}$	

يصبح الحجم الجديد بعد الإضافة:

$$V' = 100 + 400 = 500\ mL = 0.5\ L$$

نحسب التراكيز الجديدة بعد الإضافة:

$$n_{\text{بعد الإضافة}} = n_{\text{قبل الإضافة}}$$
$$CV = C'V'$$

$$C' = \frac{CV}{V'} \begin{cases} [Pb(NO_3)_2] = \dfrac{0.05\times100\times10^{-3}}{0.5} = 10^{-2}\ mol.L^{-1} \\ [NaCl] = \dfrac{0.1\times400\times10^{-3}}{0.5} = 8\times10^{-2}\ mol.L^{-1} \end{cases}$$

	$Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{H_2O} Pb^{2+} + 2NO_3^-$		
بدء	1×10^{-2}	0	0
نهاية	0	1×10^{-2}	2×10^{-2}

$$\Rightarrow [Pb^{2+}] = 1\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

	$NaCl \xrightarrow{H_2O} Na^+ + Cl^-$		
بدء	8×10^{-2}	0	0
نهاية	0	8×10^{-2}	8×10^{-2}

$$\Rightarrow [Cl^-] = 8\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

معادلة التوازن غير المتجانس لملح $PbCl_2$:

$$PbCl_2 \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2Cl^-$$

لمعرفة إن كان الملح $PbCl_2$ يترسب أم لا:

نحسب الجداء الأيوني Q ونقارنه مع ثابت جداء الذوبان K_{sp}:

نحسب الجداء الأيوني Q = ؟

$$Q = [Pb^{2+}][Cl^-]^2$$

$$Q = (1\times10^{-2})(8\times10^{-2})^2$$

$$\Rightarrow Q = 6.4\times10^{-5}$$

بالمقارنة نجد أنّ: $Q > K_{sp}$ ⇐ يترسّب قسم من ملح $PbCl_2$.

المسألة الثامنة: المسألة الرابعة صفحة 116 كتاب

يُضاف 200 mL من محلول يحوي 10^{-5} mol من كلوريد الباريوم إلى 800 mL من محلول يحوي 10^{-5} mol من كبريتات البوتاسيوم للحصول على محلول مشبع من كبريتات الباريوم. المطلوب:

1. احسب قيمة ثابت جداء ذوبان ملح كبريتات الباريوم.
2. ماذا تتوقع أن يحدث عند إضافة قطرات من محلول حمض الكبريت المركّز إلى المحلول المشبع السابق، علّل إجابتك. وبيّن إذا كان يتّفق مع قاعدة لوشاتولييه أم لا.

الحل:

① $BaCl_2$	② K_2SO_4
1×10^{-5} mol 200 mL	1×10^{-5} mol 800 mL
③ $BaSO_4$	
K_{sp} = ؟	

1. حساب قيمة ثابت جداء الذوبان K_{sp} = ؟:

يصبح الحجم الجديد بعد الإضافة:

$$V' = 200 + 800 = 1000\ mL = 1\ L$$

نحسب التراكيز الجديدة بعد الإضافة:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V'} \begin{cases} [BaCl_2] = \dfrac{10^{-5}}{1} = 10^{-5}\ mol.L^{-1} \\ [K_2SO_4] = \dfrac{10^{-5}}{1} = 10^{-5}\ mol.L^{-1} \end{cases}$$

	$BaCl_2 \xrightarrow{H_2O} Ba^{2+} + 2Cl^-$		
بدء	10^{-5}	0	0
نهاية	0	10^{-5}	2×10^{-5}

$$\Rightarrow [Ba^{2+}] = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

	$K_2SO_4 \xrightarrow{H_2O} 2K^+ + SO_4^{2-}$		
بدء	10^{-5}	0	0
نهاية	0	2×10^{-5}	10^{-5}

$$\Rightarrow [SO_4^{2-}] = 10^{-5}\ mol.L^{-1}$$

معادلة التوازن غير المتجانس لملح $BaSO_4$:

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}]$$

$$K_{sp} = 10^{-5}\times10^{-5}$$

$$\Rightarrow K_{sp} = 10^{-10}$$

2. $H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H_3O^+$

$$BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

عند إضافة قطرات من محلول H_2SO_4 إلى المحلول المشبع من $BaSO_4$ سوف يزداد تركيز الأيون المشترك $[SO_4^{2-}]$ فيصبح: $Q > K_{sp}$

⇐ يترسّب قسم من ملح $BaSO_4$.

ويتّفق ذلك مع قاعدة لوشاتولييه حيث بإضافة قطرات من محلول H_2SO_4 يزداد $[SO_4^{2-}]$ ويُرجّح التفاعل بالاتّجاه العكسي.

⇐ يترسّب قسم من ملح $BaSO_4$ لإعادة التوازن من جديد.

المسألة التاسعة: المسألة الثالثة صفحة 130 كتاب

محلولٌ مائيٌ مشبعٌ من كبريتات الكالسيوم، إذا علمت أنّ قيمة ثابت جداء ذوبانه $K_{sp} = 9\times10^{-6}$. المطلوب:

1. اكتب معادلة التّوزان غير المتجانس لهذا الملح في محلوله.
2. احسب الذّوبانية المولية والذّوبانية الكتلية لمحلول هذا الملح.
3. نضيف حجم معيّن من محلول ملح كلوريد الكالسيوم تركيزه $0.02\ mol.L^{-1}$ إلى حجم مساوٍ له من محلول ملح كبريتات الصوديوم تركيزه $0.04\ mol.L^{-1}$ المطلوب:

بيّن حسابياً سبب ترسّب قسم من ملح كبريتات الكالسيوم.

علماً أنّ: Ca : 40 , S : 32 , O : 16

أ. أسامة الحصري

الحل:

❶

$$CaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$
$$S \qquad S \qquad S$$

❷

$$K_{sp} = [Ca^{2+}].[SO_4^{2-}]$$
$$K_{sp} = S \times S = S^2$$
$$9\times10^{-6} = S^2$$
$$\Rightarrow S = 3\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$$
$$S_{g.L^{-1}} = S_{mol.L^{-1}} \times M_{(CaSO_4)}$$
$$S_{g.L^{-1}} = 3\times10^{-3}\times136$$
$$S_{g.L^{-1}} = 408\times10^{-3}\ g.L^{-1}$$

حيث: $M_{(CaSO_4)} = 40+32+16(4) = 136\ g.mol^{-1}$

❸

يصبح الحجم الجديد بعد الإضافة:

$$V' = V + V \Rightarrow 2V$$

نحسب التراكيز الجديدة بعد الإضافة:

$n_{\text{بعد الإضافة}} = n_{\text{قبل الإضافة}}$

$$CV = C'V'$$
$$\Rightarrow C' = \frac{CV}{V'} = \frac{CV}{2V}$$
$$\Rightarrow C' = \frac{C}{2}$$

$$[CaCl_2]' = \frac{0.02}{2} = 0.01\ mol.L^{-1}$$
$$[Na_2SO_4]' = \frac{0.04}{2} = 0.02\ mol.L^{-1}$$

$$CaCl_{2(s)} \longrightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$$

بدء	0.01	0	0
نهاية	0	0.01	0.02

$$\Rightarrow [Ca^{2+}]' = 0.01\ mol.L^{-1}$$

$$Na_2SO_{4(s)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

بدء	0.02	0	0
نهاية	0	0.04	0.02

$$\Rightarrow [SO_4^{2-}]' = 0.02\ mol.L^{-1}$$

معادلة التوازن غير المتجانس لملح $CaSO_4$:

$$CaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)}$$

نحسب الجداء الأيوني $Q = ?$:

$$Q = [Ca^{2+}].[SO_4^{2-}]$$
$$Q = 0.01\times0.02$$
$$\Rightarrow Q = 2\times10^{-4}$$

بالمقارنة نجد أنّ: $Q > K_{sp} \Rightarrow$ يترسّب قسم من ملح $CaSO_4$.

المسألة العاشرة: المسألة الرابعة صفحة 131 كتاب

يحوي محلول على أيونات الكلوريد وأيونات اليوديد بتركيز $[Cl^-] = [I^-] = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ نضيف إلى المحلول السابق مسحوق لملح نترات الفضّة. فإذا علمت أنّ:

$K_{sp(AgI)} = 10^{-16}$ ، $K_{sp(AgCl)} = 10^{-10}$ في شروط مناسبة.

المطلوب:

❶ احسب تركيز محلول نترات الفضّة الذي يبدأ عنده كل من الملحين بالتّرسب.

❷ أيّ الملحين يترسّب أولاً. ولماذا.

الحل:

❶

$$AgI_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$$
$$S \qquad S \qquad 10^{-2}$$
$$K_{sp} = [Ag^+].[I^-]$$
$$10^{-16} = S\times10^{-2}$$
$$\Rightarrow S = 10^{-14}\ mol.L^{-1}$$

يبدأ ترسيب AgI بعد أن يصبح تركيز نترات الفضّة $10^{-14}\ mol.L^{-1}$ في المحلول.

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$
$$S' \qquad S' \qquad 10^{-2}$$
$$K_{sp} = [Ag^+].[Cl^-]$$
$$10^{-10} = S'\times10^{-2}$$
$$\Rightarrow S' = 10^{-8}\ mol.L^{-1}$$

يبدأ ترسيب AgCl بعد أن يصبح تركيز نترات الفضّة $10^{-8}\ mol.L^{-1}$ في المحلول.

❷ يبدأ AgI بالترسّب أولاً لأنّ: $K_{sp(AgI)} < K_{sp(AgCl)}$

تاسعاً: المحلول المنظّم (الموقي) للحموضة

يتألف المحلول الموقي من:

a) حمض ضعيف مع أحد أملاحه الذوّابة.

أو: b) أساس ضعيف مع أحد أملاحه الذوّابة.

سؤال: اختر الإجابة الصحيحة:

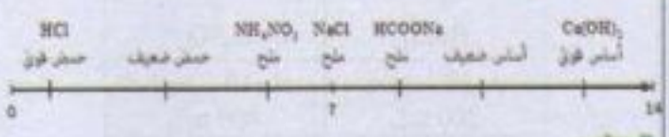
المحلول المنظّم (الموقي) من بين المحاليل الآتية هو:

NH_4OH, NH_4Cl	b	$HCl, NaCl$	a
HCN, KCl	d	$KOH, HCOOK$	c

سؤال: رتب المحاليل الآتية متساوية التراكيز تنازلياً وفق تناقص قيم الـ pH لكل منها:

$NaCl, HCl, HCOONa, NH_4NO_3, Ca(OH)_2$

توضيح الإجابة:



الجواب:

$$Ca(OH)_2 \rightarrow HCOONa \rightarrow NaCl \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow HCl$$

أصغر قيمة pH — أكبر قيمة pH

ورقة عمل في المحاليل المائية للأملاح

أولا: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

❶ الملح الذوّاب الذي يتحلمه في الماء من بين الأملاح الآتية هو:

Na_2SO_4	b	KNO_3	a
AgCl	d	NH_4Cl	c

توضيح الإجابة:

الملح	ذوّاب	يتحلمه
KNO_3	✓	×
Na_2SO_4	✓	×
NH_4Cl	✓	✓
AgCl	×	×

❷ الملح الذوّاب الذي لا يتحلمه في الماء من بين الأملاح الآتية هو:

NaCl	b	$PbCl_2$	a
$HCOONH_4$	d	NH_4Cl	c

توضيح الإجابة:

الملح	ذوّاب	لا يتحلمه
$PbCl_2$	×	✓
NaCl	✓	✓
NH_4Cl	✓	×
$HCOONH_4$	✓	×

❸ الأيون الحيادي الذي لا يتحلمه من الأيونات الآتية هو:

NO_3^-	b	CH_3COO^-	a
NH_4^+	d	CN^-	c

❹ نحل ملح في الماء المقطر فيكون وسط المحلول الناتج حمضيا إذا كان الملح المنحل هو: دورة 2011 الأولى

CH_3COONa	b	NH_4Cl	a
KCN	d	NaCl	c

توضيح الإجابة:

الملح	ملح ناتج من	
NH_4Cl	حمض قويّ وأساس ضعيف.	حمضيّ.
NaCl	حمض قويّ وأساس قويّ.	معتدل.
CH_3COONa	حمض ضعيف وأساس قويّ.	أساسيّ.
KCN	حمض ضعيف وأساس قويّ.	أساسيّ.

❺ الملح الذّواب الذي قيمة $pH < 7$ لمحلوله المائيّ من بين الأملاح الآتية المتساوية التراكيز هو:

KCN	b	KCl	a
Na_2SO_4	d	NH_4NO_3	c

توضيح الإجابة:

الملح	ملح ناتج من	قيمة pH
KCl	حمض قويّ وأساس قوي.	$pH = 7$
KCN	حمض ضعيف وأساس قويّ.	$pH > 7$
NH_4NO_3	حمض قوي وأساس ضعيف.	$pH < 7$
Na_2SO_4	حمض قوي وأساس قوي.	$pH = 7$

❻ المحلول المائي الذي له أكبر قيمة pH من بين المحاليل الآتية المتساوية في التراكيز هو:

CH_3COONH_4	b	NaCl	a
CH_3COONa	d	NH_4NO_3	c

توضيح الإجابة:

الملح	ملح ناتج من	قيمة pH
NaCl	حمض قويّ وأساس قوي.	$pH = 7$
CH_3COONH_4	حمض ضعيف وأساس ضعيف.	$pH = ?$
NH_4NO_3	حمض قويّ وأساس ضعيف.	$pH < 7$
CH_3COONa	حمض ضعيف وأساس قويّ.	$pH > 7$

❼ المحلول المنظم (الموقي) هو محلول مائي لمزيج حمض ضعيف مع: دورة 2016 الثانية

أساس ضعيف ذوّاب.	b	حمض قويّ.	a
أحد أملاحه الذوّابة.	d	أساس قويّ.	c

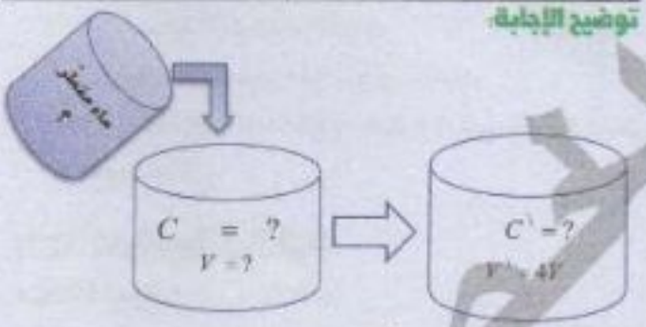
❽ يحصل توازن غير متجانس بين الطور الصلب والطور المذاب في محلول لملح قليل الذوبان هو:

$Pb(NO_3)_2$	b	$(NH_4)_3PO_4$	a
$PbCrO_4$	d	Na_2SO_4	c

❾ نمدد محلول Na_2CO_3 تركيزه $1.2\ mol.L^{-1}$ وذلك بإضافة كمية من الماء المقطر إليه بحيث يصبح حجمه أربعة أضعاف ما كان عليه، فيكون التركيز الجديد لأيونات الصوديوم في المحلول مساوياً:

$0.4\ mol.L^{-1}$	b	$0.6\ mol.L^{-1}$	a
$0.2\ mol.L^{-1}$	d	$0.8\ mol.L^{-1}$	c

توضيح الإجابة:



$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$CV = C'V'$$

$$1.2 \times V = C' \times 4V$$

$$\Rightarrow C' = 0.3\ mol.L^{-1}$$

إضافة:

$$Na_2CO_{3(s)} \xrightarrow{H_2O} 2Na^+_{(aq)} + CO^{2-}_{3(aq)}$$

بدء	0.3	0	0
نهاية	0	2×0.3	0.3

وبالتالي: $[Na^+] = 2 \times 0.3 = 0.6\ mol.L^{-1}$

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. تتمتّع الأملاح بخاصيّة قطبيّة. دورة 2018 الأولى
2. يُعدّ ملح نترات الأمونيوم جيّد الذّوبان بالماء.
3. يُعدّ ملح كرومات الرّصاص قليل الذّوبان بالماء.
4. لا يُعدُّ ذوبان ملح نترات البوتاسيوم في الماء تفاعل حلمية.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. اكتب معادلة التّوازن غير المتجانس، ثمّ اكتب عبارة ثابت جداء الذّوبان لكلّ من الأملاح الآتية:
   كبريت الرصاص، كربونات الباريوم، كربونات المغنزيوم، كرومات الفضة.

2. يحوي بيشر محلول مشبع لملح كرومات الرّصاص قليل الذّوبان بالماء، يُضاف إليه قطرات من محلول نترات الرّصاص عديم اللّون، فيتشكّل راسب من كرومات الرّصاص. **المطلوب:**
   a) اكتب معادلة التّوازن غير المتجانس لملح كرومات الرّصاص.
   b) اشرح آلية التّرسيب التي حدثت لقسم من هذا الملح.
   c) اقترح طريقة ثانية لترسيب قسم من هذا الملح.
   d) اقترح طريقة لفصل المحلول عن الرّاسب.

3. محلولٌ مائيٌّ مشبعٌ لملح فوسفات الفضّة قليل الذّوبان في الماء. **المطلوب:**
   a) اكتب معادلة التّوازن غير المتجانس لهذا الملح.
   b) اكتب عبارة ثابت جداء الذّوبان.
   c) اقترح طريقة لترسيب هذا الملح في محلوله.
   d) اشرح آلية إذابة هذا الملح في محلوله المشبع بإضافة حمض كلور الماء إليه.

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: دورة 2018 الأولى

محلول مائيّ لملح سيانيد الصوديوم تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ فإذا علمت أنّ قيمة ثابت تأيّن حمض سيانيد الهيدروجين 5×10^{-10}.
المطلوب:

1. اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.
2. احسب قيمة ثابت حلمهة هذا الملح.
3. احسب قيمة pH المحلول.
4. يُضاف إلى محلول الملح السّابق قطرات من هدروكسيد البوتاسيوم تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ **المطلوب:**
   احسب النّسبة المئويّة المتحلمهة من ملح سيانيد الصوديوم في هذه الحالة.

المسألة الثانية: دورة 2019 الأولى

محلول مائيّ لملح خلات البوتاسيوم تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ له قيمة $pH = 9$. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.
2. احسب قيمة $[OH^-]$ في المحلول.
3. احسب قيمة ثابت الحلمهة K_h.
4. احسب قيمة ثابت تأيّن حمض الخل.

المسألة الثالثة: إذا علمت أنّ قيمة ثابت جداء الذّوبان لملح كبريتات الباريوم تساوي 10^{-10}. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة التّوازن غير المتجانس لهذا الملح.
2. احسب تركيز أيونات الكبريتات وأيونات الباريوم في المحلول.
3. احسب الذّوبانيّة الكتليّة لمحلول هذا الملح.
4. نضيف إلى المحلول السّابق مسحوق كبريتات الصوديوم بحيث يصبح تركيزه في المحلول $4\times10^{-5}\ mol.L^{-1}$ **المطلوب:**
   هل يترسّب ملح كبريتات الباريوم أم لا. وضّح ذلك حسابيّاً وهل يتّفق ذلك مع قاعدة لوشاتولييه. علّل إجابتك.

المسألة الرابعة: نضيف $100\ mL$ من محلول نترات الفضة تركيزه $0.04\ mol.L^{-1}$ إلى $400\ mL$ من محلول كبريتات الصوديوم تركيزه $0.02\ mol.L^{-1}$ فإذا علمت أنّ قيمة ثابت جداء ذوبان ملح كبريتات الفضة تساوي 135×10^{-7} **المطلوب:**
بيّن حسابيّاً هل يترسب ملح كبريتات الفضة أم لا.

المسألة الخامسة: يُضاف $200\ mL$ من محلول يحوي $10^{-4}\ mol$ من كلوريد الصوديوم إلى $800\ mL$ من محلول يحوي $2\times10^{-4}\ mol$ من نترات الفضة. **المطلوب:** وضّح بالحساب هل يتشكّل راسب من ملح كلوريد الفضة. علماً أنّ:
$K_{s\ (AgCl)} = 6.25\times10^{-10}$
علماً أنّ: $Ag:108\ ,\ Cl:35.5\ ,\ Ba:137,\ O:16\ ,\ S:32$

انتهت ورقة العمل

أسامة الحصري

أولاً: معايرة حمض قوي بأساس قوي:

① معايرة حمض قوي أحادي الوظيفة بأساس قوي أحادي الوظيفة:

مثال: معايرة حمض كلور الماء بمحلول لهدروكسيد الصوديوم:

معادلة التفاعل الحاصل:

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(H_3O^+)} = n_{2(OH^-)}$$

$$1 \times n_{1(HCl)} = 1 \times n_{2(NaOH)}$$

$$1 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$

② معايرة حمض قوي ثنائي الوظيفة بأساس قوي أحادي الوظيفة:

مثال: معايرة حمض الكبريت بمحلول لهدروكسيد الصوديوم:

معادلة التفاعل الحاصل:

$$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(H_3O^+)} = n_{2(OH^-)}$$

$$2 \times n_{1(H_2SO_4)} = 1 \times n_{2(NaOH)}$$

$$2 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$

③ معايرة حمض قوي بأساسين قويين:

مثال: معايرة حمض الكبريت بمحلول لهدروكسيد الصوديوم ومحلول لهدروكسيد البوتاسيوم:

معادلتي تفاعلي التعديل الحاصلين:

$$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

$$H_2SO_4 + 2KOH \longrightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{(H_3O^+)} = n_{1(OH^-)} + n_{2(OH^-)}$$

$$2 \times n_{(H_2SO_4)} = 1 \times n_{1(NaOH)} + 1 \times n_{2(KOH)}$$

$$2 \times CV = 1 \times C_1V_1 + 1 \times C_2V_2$$

④ معايرة أساس قوي بحمضين قويين:

مثال: معايرة محلول لهدروكسيد الصوديوم بمحلول لحمض كلور الماء ومحلول لحمض الآزوت:

معادلتي تفاعلي التعديل الحاصلين:

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

$$HNO_3 + NaOH \longrightarrow NaNO_3 + H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(H_3O^+)} + n_{2(H_3O^+)} = n_{(OH^-)}$$

$$1 \times n_{1(HCl)} + 1 \times n_{2(HNO_3)} = 1 \times n_{(NaOH)}$$

$$1 \times C_1V_1 + 1 \times C_2V_2 = 1 \times CV$$

ثانياً: معايرة حمض ضعيف بأساس قوي:

مثال: معايرة حمض النمل بمحلول لهدروكسيد الصوديوم:

معادلة التفاعل الحاصل:

$$HCOOH + NaOH \longrightarrow HCOONa + H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$HCOOH + OH^- \longrightarrow HCOO^- + H_2O$$

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(HCOOH)} = n_{2(OH^-)}$$

$$1 \times n_{1(HCOOH)} = 1 \times n_{2(NaOH)}$$

$$1 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$

ثالثاً: معايرة أساس ضعيف بحمض قوي:

مثال: معايرة محلول لهدروكسيد الأمونيوم بحمض كلور الماء:

معادلة التفاعل الحاصل:

$$HCl + NH_4OH \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$H_3O^+ + NH_4OH \longrightarrow NH_4^+ + 2H_2O$$

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(H_3O^+)} = n_{2(NH_4OH)}$$

$$1 \times n_{1(HCl)} = 1 \times n_{2(NH_4OH)}$$

$$1 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$

رابعاً: معايرة ملح بحمض:

مثال (1): معايرة محلول لملح كربونات الصوديوم بحمض الكبريت:

معادلة التفاعل الحاصل:

$$H_2SO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

1 mol 1 mol

n mol n' mol

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$1 \times n_{(H_2SO_4)} = 1 \times n'_{(Na_2CO_3)}$$

$$CV = C'V'$$

مثال (2): معايرة محلول لملح كربونات الصوديوم بحمض كلور الماء:

معادلة التفاعل الحاصل:

$$2HCl + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$$

2 mol 1 mol

n mol n' mol

عند بلوغ نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$1 \times n_{(HCl)} = 2 \times n'_{(Na_2CO_3)}$$

$$CV = 2 \times C'V'$$

ثانياً مشعرات حمض - أساس

لون المشعر	مدى pH المشعر	لون المشعر	اسم المشعر
أصفر	$3.1 \rightarrow 4.4$	أحمر	الهليانتين
أصفر	$4.2 \rightarrow 6.2$	أحمر	أحمر المثيل
أزرق	$6 \rightarrow 7.6$	أصفر	أزرق بروم التيمول
أحمر بنفسجي	$8.2 \rightarrow 10$	عديم اللون	فينول فتالئين

ملاحظات هامة لحل مسائل المعايرة

① عندما يُطلب حساب:

تركيز محلول ملح أو كتلة ملح ناتج عن المعايرة:

نكتب معادلة المعايرة ونضع تحتها أعداد المولات.

② عند معايرة ملح بحمض:

a) لا يوجد معادلة أيونيّة في هذه الحالة.

b) نستنتج قانون المعايرة من معادلة التّفاعل الحاصل.

c) حمض جديد + ملح جديد ⟶ ملح + حمض

③ أعطِ تفسيراً علمياً:

استعمال مشعرات (حمض – أساس) في معايرات التعديل.

الجواب: لتحديد نقطة نهاية المعايرة.

المسألة الأولى: دورة 2015 الثانية

لتعديل 50 mL من محلول حمض كلور الماء يلزم 20 mL من محلول هدروكسيد البوتاسيوم تركيزه $0.5\ mol.L^{-1}$ المطلوب:

❶ اكتب معادلة تفاعل المعايرة الحاصل.

❷ احسب تركيز حمض كلور الماء المستعمل.

❸ احسب تركيز محلول الملح النّاتج عن المعايرة مقدراً بـ $mol.L^{-1}$ ثمّ $g.L^{-1}$

علماً أنّ: K:39 , O:16 , H:1

المعطيات:

HCl	KOH
$C_1 = ?$	$C_2 = 0.5\ mol.L^{-1}$
$V_1 = 50\ mL$	$V_2 = 20\ mL$

الحل:

❶ معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$HCl + KOH \longrightarrow KCl + H_2O$$

❷ حساب تركيز محلول حمض كلور الماء المستعمل $C_1 = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(H_3O^+)} = n_{2(OH^-)}$$
$$1 \times n_{1(HCl)} = 1 \times n_{2(KOH)}$$
$$1 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$
$$1 \times C_1 \times 50 = 1 \times 0.5 \times 20$$
$$\Rightarrow C_1 = 0.2\ mol.L^{-1}$$

❸ حساب تركيز محلول الملح النّاتج عن المعايرة $C_3 = ?$:

HCl + KOH ⟶ KCl + H_2O	
1 mol	1 mol
n_1 mol	n_3 mol

$$1 \times n_{1(HCl)} = 1 \times n_{3(KCl)}$$
$$1 \times C_1V_1 = 1 \times C_3V_3$$
$$0.2 \times 50 = C_3 \times (50 + 20)$$
$$\Rightarrow C_3 = \frac{1}{7}\ mol.L^{-1}$$

$$C_{g.L^{-1}} = C_{mol.L^{-1}} \times M_{(KCl)}$$
$$C_{g.L^{-1}} = \frac{1}{7} \times 74.5$$
$$\Rightarrow C_{g.L^{-1}} = 10.6\ g.L^{-1}$$

حيث:

$$M_{(KCl)} = 39 + 35.5 = 74.5\ g.mol^{-1}$$

المسألة الثانية: مشابهة لدورة 2017 الأولى

عيّنة غير نقيّة من هدروكسيد البوتاسيوم كتلتها 8.4 g أذيبت في الماء المقطر، وأكمل حجم المحلول إلى 400 mL، ثمّ يُعاير 20 mL من هذا المحلول بمحلول لحمض كلور الماء تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$ فيلزم منه 30 mL لإتمام المعايرة. المطلوب:

❶ اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.

❷ احسب تركيز محلول هدروكسيد البوتاسيوم المُستعمل.

❸ احسب كتلة هدروكسيد البوتاسيوم النّقي في العيّنة.

❹ احسب النّسبة المئويّة للشوائب في العيّنة.

علماً أنّ: K:39 , O:16 , H:1

المعطيات:

HCl	KOH
$C_1 = 0.2\ mol.L^{-1}$	$C_2 = ?$
$V_1 = 30\ mL$	$V_2 = 20\ mL$

الحل:

❶ المعادلة الأيونية:

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

❷ حساب تركيز محلول هدروكسيد البوتاسيوم المستعمل $C_2 = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{(H_3O^+)} = n_{2(OH^-)}$$

$$1 \times n_{(OH^-)} = 1 \times n_{2(KOH)}$$

$$1 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$

$$1 \times 0.2 \times 30 = 1 \times C_2 \times 20$$

$$\Rightarrow C_2 = 0.3\ mol.L^{-1}$$

❸ حساب كتلة KOH النقية $m = ?$:

$$m = C_{2\ en\ L} \cdot V \cdot M_{(KOH)}$$

$$m = 0.3 \times 400 \times 10^{-3} \times 56$$

(تحويل إلى (L) — حجم المحلول كاملاً)

$$\Rightarrow m = 6.72\ g$$

حيث:

$$M_{(KOH)} = 39 + 16 + 1 = 56\ g.mol^{-1}$$

❹ حساب النسبة المئوية للشوائب في العيّنة:

كتلة العيّنة النقية − كتلة العيّنة غير النقية = كتلة الشوائب

كتلة الشوائب = 8.4 − 6.72

كتلة الشوائب = 1.68 g

كل 8.4 g من العيّنة غير النقية تحوي 1.68 g شوائب.

كل 100 g من العيّنة غير النقية تحوي Z g شوائب.

$$\Rightarrow Z = \frac{1.68 \times 100}{8.4} = 20\ g$$

وكنسبة مئوية: 20%

المسألة الثالثة: تطبيق 1 صفحة 120 كتاب

عند معايرة محلول حمض الكبريت تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ بمحلول هدروكسيد الصوديوم تركيزه $0.2\ mol.L^{-1}$ لزم $20\ mL$ منه لإتمام المعايرة. المطلوب:

❶ اكتب معادلة تفاعل المعايرة الحاصل، ثم اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.

❷ احسب حجم محلول حمض الكبريت اللازم لإتمام المعايرة.

❸ احسب كتلة الملح الناتج عن تفاعل المعايرة.

❹ احسب حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى $10\ mL$ من محلول هدروكسيد الصوديوم السابق ليصبح تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$

علماً أنّ: Na : 23 , O : 16 , S : 32

المعطيات:

H_2SO_4	NaOH
$C_1 = 0.05\ mol.L^{-1}$	$C_2 = 0.2\ mol.L^{-1}$
$V_1 = ?$	$V_2 = 20\ mL$

الحل:

❶ معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

❷ حساب حجم حمض الكبريت المستعمل $V_1 = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{(H_3O^+)} = n_{2(OH^-)}$$

$$2 \times n_{1(H_2SO_4)} = 1 \times n_{2(NaOH)}$$

$$2 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$

$$2 \times 0.05 \times V_1 = 0.2 \times 20$$

$$\Rightarrow V_2 = 40\ mL$$

❸ حساب كتلة الملح الناتج عن المعايرة $m = ?$:

نحسب أولاً تركيز محلول الملح الناتج عن المعايرة:

$$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

1 mol — 1 mol

n_1 mol — n_3 mol

$$1 \times n_{1(H_2SO_4)} = 1 \times n_{3(Na_2SO_4)}$$

$$1 \times C_1 \times V_1 = 1 \times C_3 \times V_3$$

$$0.05 \times 40 = C_3 \times (40 + 20)$$

$$\Rightarrow C_3 = \frac{1}{30}\ mol.L^{-1}$$

$$m = C_a V \, M_{(Na_2SO_4)}$$

$$m = \frac{1}{30} \times 60 \times 10^{-3} \times 142$$

تحويل إلى (L)

$$\Rightarrow m = 0.284 \text{ g}$$

حيث:

$$M_{(Na_2SO_4)} = 23(2) + 32 + 16(4) = 142 \text{ g.mol}^{-1}$$

❹ حساب حجم الماء المقطر المضاف:

$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$C_b V_b = C'_b V'_b$$

$$0.2 \times 10 = 0.01 \times V'_b$$

$$\Rightarrow V'_b = 200 \text{ mL}$$

$$V_{eau} = V'_b - V_b$$

$$V_{eau} = 200 - 10$$

$$V_{eau} = 190 \text{ mL}$$

المسألة الرابعة: المسألة الأولى صفحة 126 كتاب

محلولٌ مائيٌ لحمض كلور الماء تركيزه 10^{-2} mol.L^{-1}. **المطلوب:**

❶ اكتب معادلة تأين هذا الحمض، وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظرية برونشتد – لوري

❷ احسب قيمة pH محلول هذا الحمض.

❸ لمعايرة 20 mL من محلول الحمض السّابق يلزم 5 mL من محلول هدروكسيد الصوديوم ذي التّركيز 0.02 mol.L^{-1} وحجم V_2 من محلول هدروكسيد البوتاسيوم ذي التّركيز 0.05 mol.L^{-1} **المطلوب:**

a) اكتب معادلتي تفاعلي التّعديل الحاصلين، ثمّ اكتب المعادلة الأيونيّة لتفاعل المعايرة الحاصل.

b) احسب حجم محلول هدروكسيد البوتاسيوم اللازم لإتمام المعايرة.

المعطيات:

$$[H_3O^+] = C_a \} \quad HCl \quad \{C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

الحل:

❶ معادلة تأيّن حمض كلور الماء:

$$HCl + H_2O \longrightarrow Cl^- + H_3O^+$$

حمض مرافق(2) أساس مرافق (1) أساس (2) حمض (1)

أو: أساس / حمض

$$HCl/Cl^- \quad ، \quad H_3O^+/H_2O$$

❷ حساب قيمة pH المحلول:

بما أنّ حمض كلور الماء حمض قوي وأحادي الوظيفة الحمضيّة وتام التأيّن يكون:

$$[H_3O^+] = C_a$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\ell og[H_3O^+]$$

$$pH = -\ell og(10^{-2})$$

$$\Rightarrow pH = 2$$

❸

HCl	NaOH	KOH
$C = 0.01$ mol.L^{-1}	$C_1 = 0.02$ mol.L^{-1}	$C_2 = 0.05$ mol.L^{-1}
$V = 20$ mL	$V_1 = 5$ mL	$V_2 = ?$

a) معادلتي تفاعلي التعديل الحاصلين:

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

$$HCl + KOH \longrightarrow KCl + H_2O$$

المعادلة الأيونيّة:

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

b) حساب حجم محلول هدروكسيد البوتاسيوم المستعمل $V_2 = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{(H_3O^+)} = n_{1(OH^-)} + n_{2(OH^-)}$$

$$1 \times n_{(HCl)} = 1 \times n_{1(NaOH)} + 1 \times n_{2(KOH)}$$

$$1 \times CV = 1 \times C_1 V_1 + 1 \times C_2 V_2$$

$$1 \times 0.01 \times 20 = 1 \times 0.02 \times 5 + 1 \times 0.05 \times V_2$$

$$\Rightarrow V_2 = 2 \text{ mL}$$

المسألة الخامسة: المسألة الثالثة صفحة 126 كتاب

عينة غير نقيّة من هدروكسيد الصوديوم كتلتها 5 g أذيبت في الماء المقطر، وأكمل الحجم إلى 100 mL، فإذا علمت أنه لزم لتعديل 20 mL من هذا المحلول 20 mL من حمض كلور الماء تركيزه 0.5 mol.L^{-1} و 10 mL من حمض الكبريت تركيزه 0.5 mol.L^{-1} **المطلوب:**

❶ اكتب معادلتي تفاعلي التّعديل الحاصلين.

❷ احسب تركيز محلول هدروكسيد الصوديوم المُستعمل.

❸ احسب كتلة هدروكسيد الصّوديوم النّقيّة في هذه العيّنة.

❹ احسب النّسبة المئويّة للشّوائب في هذه العيّنة.

علماً أنّ: Na : 23 , O : 16 , H : 1

المعطيات:

HCl	H_2SO_4	$NaOH$
$C_1 = 0.5\ mol.L^{-1}$ $V_1 = 20\ mL$	$C_2 = 0.5\ mol.L^{-1}$ $V_2 = 10\ mL$	$C = ?$ $V = 20\ mL$

الحل:

❶ معادلتي تفاعلي التعديل الحاصلين:

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

$$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

❷ حساب تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم المستعمل $C = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(H_3O^+)} + n_{2(H_3O^+)} = n_{(OH^-)}$$

$$1 \times n_{1(HCl)} + 2 \times n_{2(H_2SO_4)} = 1 \times n_{(NaOH)}$$

$$1 \times C_1V_1 + 2 \times C_2V_2 = 1 \times CV$$

$$1 \times 0.5 \times 20 + 2 \times 0.5 \times 10 = 1 \times C \times 20$$

$$\Rightarrow C = 1\ mol.L^{-1}$$

❸ حساب كتلة $NaOH$ النقية في العينة $m = ?$

$$m = C_{mol.L^{-1}} \cdot V \cdot M_{(KOH)}$$

$$m = 1 \times 100 \times 10^{-3} \times 40$$

(تحويل إلى L) ← 100 → (حجم المحلول كاملاً)

$$\Rightarrow m = 4\ g$$

حيث:

$$M_{(NaOH)} = 23 + 16 + 1 = 40\ g.mol^{-1}$$

❹ حساب النسبة المئوية للشوائب في العينة:

كتلة العينة النقية − كتلة العينة غير النقية = كتلة الشوائب

$5 - 4 =$ كتلة الشوائب

كتلة الشوائب $= 1\ g$

كل $5\ g$ من العينة غير النقية تحوي $1\ g$ شوائب.

كل $100\ g$ من العينة غير النقية تحوي $Z\ g$ شوائب.

$$\Rightarrow Z = \frac{1 \times 100}{5} = 20\ g$$

وكنسبة مئوية: 20%

المسألة السادسة: مشابهة لتطبيق 2 صفحة 122 كتاب

لمعايرة $10\ mL$ من محلول حمض الخل يلزم إضافة $20\ mL$ من محلول الصود الكاوي الذي تركيزه $0.01\ mol.L^{-1}$ المطلوب:

❶ اكتب معادلة تفاعل المعايرة الحاصل. ثم اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة.

❷ احسب تركيز محلول حمض الخل المستعمل.

❸ احسب كتلة حمض الخل اللازم لتحضير $0.5\ L$ من محلوله السابق.

علماً أن: $C:12\ .\ O:16\ .\ H:1$

المعطيات:

CH_3COOH	$NaOH$
$C_1 = ?$ $V_1 = 10\ mL$	$C_2 = 0.01\ mol.L^{-1}$ $V_2 = 20\ mL$

الحل:

❶ معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

المعادلة الأيونية:

$$CH_3COOH + OH^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2O$$

❷ حساب تركيز محلول حمض الخل المستعمل $C_1 = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{1(CH_3COOH)} = n_{2(OH^-)}$$

$$1 \times n_{1(CH_3COOH)} = 1 \times n_{2(NaOH)}$$

$$1 \times C_1V_1 = 1 \times C_2V_2$$

$$1 \times C_1 \times 10 = 1 \times 0.01 \times 20$$

$$\Rightarrow C_1 = 0.02\ mol.L^{-1}$$

❸ حساب كتلة حمض الخل $m = ?$:

$$m = C_{mol.L^{-1}} \cdot V \cdot M_{(CH_3COOH)}$$

$$m = 0.02 \times 0.5 \times 60$$

$$\Rightarrow m = 0.6\ g$$

حيث:

$$M_{(CH_3COOH)} = 12 + 1(3) + 12 + 16(2) + 1 = 60\ g.mol^{-1}$$

أسامة الحصري

المسألة السابعة: نشاط 4 صفحة 124 كتاب

يُعاير 50 mL من محلول هدروكسيد الأمونيوم بمحلول حمض النّتريك تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ فيلزم منه 25 mL لإتمام المعايرة.

المطلوب:

1. اكتب معادلة تفاعل المعايرة الحاصل. ثمّ اكتب المعادلة الأيونيّة لتفاعل المعايرة.
2. احسب تركيز محلول هدروكسيد الأمونيوم اللازم لإتمام المعايرة.
3. احسب كتلة الملح النّاتج عن تفاعل المعايرة.

علماً أنّ: N:14 , O:16 , H:1

المعطيات:

HNO_3	NH_4OH
$C_1 = 0.1\ mol.L^{-1}$	$C_2 = ?$
$V_1 = 25\ mL$	$V_2 = 50\ mL$

الحل:

1. معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$HNO_3 + NH_4OH \longrightarrow NH_4NO_3 + H_2O$$

المعادلة الأيونيّة:

$$H_3O^+ + NH_4OH \longrightarrow NH_4^+ + 2H_2O$$

2. حساب تركيز محلول هدروكسيد الأمونيوم المستعمل $C_2 = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$n_{(H_3O^+)} = n_{2(NH_4OH)}$$

$$1\times n_{1(HNO_3)} = 1\times n_{2(NH_4OH)}$$

$$1\times C_1V_1 = 1\times C_2V_2$$

$$1\times 0.1\times 25 = 1\times C_2\times 50$$

$$\Rightarrow C_2 = 0.05\ mol.L^{-1}$$

3. حساب كتلة الملح النّاتج عن المعايرة $m = ?$:

$$HNO_3 + NH_4OH \longrightarrow NH_4NO_3 + H_2O$$

1 mol	1 mol
n_1 mol	n_3 mol

$$1\times n_{1(HNO_3)} = 1\times n_{3(NH_4NO_3)}$$

$$1\times C_1V_1 = 1\times C_3V_3$$

$$0.1\times 25 = C_3\times (25+50)$$

$$\Rightarrow C_3 = \frac{1}{30}\ mol.L^{-1}$$

$$m = C_3V_3M_{(NH_4NO_3)}$$

$$m = \frac{1}{30}\times 75\times 10^{-3}\times 80$$

تحويل إلى (L)

$$\Rightarrow m = 0.2\ g$$

حيث:

$$M_{(NH_4NO_3)} = 14+1(4)+14+16(3) = 80\ g.mol^{-1}$$

المسألة الثامنة: دورة 2015 الأولى

أذيب 6.36 g من كربونات الصوديوم اللامائيّة Na_2CO_3 في الماء المقطر وأكمل حجم المحلول إلى 100 mL. المطلوب:

1. احسب تركيز محلول ملح كربونات الصوديوم اللامائيّة مقدراً بـ $g.L^{-1}$ و $mol.L^{-1}$.
2. يُعاير حجم V من محلول حمض الكبريت تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ بمحلول الملح السّابق. فيلزم منه 50 mL حتى تمام المعايرة. المطلوب:

a) اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.

b) احسب V حجم محلول حمض الكبريت اللازم للمعايرة.

c) احسب قيمة pOH محلول حمض الكبريت المستعمل.

علماً أنّ: Na:23 , C:12 , O:16

الحل:

1. حساب $C_{g.L^{-1}}$ و $C_{mol.L^{-1}}$:

$$C_{g.L^{-1}} = \frac{m}{V} = \frac{6.36}{100\times 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow C_{g.L^{-1}} = 63.6\ g.L^{-1}$$

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{C_{g.L^{-1}}}{M_{(Na_2CO_3)}} = \frac{63.6}{106}$$

$$\Rightarrow C_{mol.L^{-1}} = 0.6\ mol.L^{-1}$$

حيث: $M_{(Na_2CO_3)} = 23(2)+12+16(3) = 106\ g.mol^{-1}$

2.

H_2SO_4	Na_2CO_3
$C = 0.05\ mol.L^{-1}$	$C' = 0.6\ mol.L^{-1}$
$V = ?$	$V' = 50\ mL$

a) معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$H_2SO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

2 mol	1 mol
n mol	n' mol

b) حساب حجم محلول حمض الكبريت المستعمل $V = ?$:

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$1\times n_{(H_2SO_4)} = 1\times n'_{(Na_2CO_3)}$$

$$1\times C V = 1\times C' V'$$

$$1\times 0.05\times V = 1\times 0.6\times 50$$

$$\boxed{\Rightarrow V = 600\ mL}$$

c) حساب قيمة pOH محلول حمض الكبريت المستعمل:

بما أنّ حمض الكبريت حمض قوي ثنائي الوظيفة الحمضية وتام التأيّن يكون:

$$[H_3O^+] = 2C_a$$

$$[H_3O^+] = 2\times 0.05$$

$$\boxed{\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-1}\ mol.L^{-1}}$$

وحسب عبارة الجداء الأيوني للماء:

$$K_e = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-1}} = 10^{-13}\ mol.L^{-1}$$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pOH = -\log(10^{-13})$$

$$\boxed{pOH = 13}$$

المسألة التاسعة: المسألة الرابعة صفحة 127 كتاب

عيّنة كتلتها 4.24 g من مزيج كربونات الصوديوم وكلوريد الصوديوم، أذيبت في الماء المقطر، وأكمل الحجم إلى 250 mL، ثمّ يُعاير المحلول النّاتج بمحلول حمض كلور الماء تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ فيلزم منه 200 mL لإتمام المعايرة. المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. احسب تركيز كربونات الصوديوم في المحلول السّابق.
3. احسب النّسبة المئويّة لكلّ من الملحين في العيّنة.

علماً أنّ: Na : 23 , C : 12 , O : 16 , Cl : 35.5 , H : 1

المعطيات:

HCl	Na_2CO_3
$C = 0.1\ mol.L^{-1}$	$C' = ?$
$V = 200\ mL$	$V' = 250\ mL$

الحل:

1

$$HCl + NaCl \longrightarrow \text{لا يتم}$$

$$2HCl + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$$

2 حساب تركيز محلول Na_2CO_3 في العيّنة $C_2 = ?$:

$$2HCl + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$$

2 mol 1 mol

n mol n' mol

عند نقطة نهاية المعايرة يكون:

$$1\times n_{(HCl)} = 2\times n_{2(Na_2CO_3)}$$

$$1\times C_1V_1 = 2\times C_2V_2$$

$$0.1\times 200 = 2\times C_2\times 250$$

$$\boxed{\Rightarrow C_2 = 0.04\ mol.L^{-1}}$$

3 حساب كتلة Na_2CO_3 في العيّنة $m = ?$:

$$m = C_2V\,M_{(Na_2CO_3)}$$

$$m = 0.04\times 250\times 10^{-3}\times 106$$

$$\boxed{\Rightarrow m = 1.06\ g}$$

حيث:

$$M_{(Na_2CO_3)} = 23(2) + 12 + 16(3) = 106\ g.mol^{-1}$$

كل 4.24 g من المزيج يحوي 1.06 g من Na_2CO_3

كل 100 g من المزيج يحوي Z g من Na_2CO_3

$$\Rightarrow Z = \frac{1.06\times 100}{4.24} = 25\ g$$

فتكون النّسبة المئوية لـ Na_2CO_3 في العيّنة: 25 %.

وبالتالي النّسبة المئوية لـ NaCl في العيّنة: $100 - 25 = 75\%$

سؤال: اختر الإجابة الصحيحة:

عند إضافة 10 mL من حمض الكبريت تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ إلى 15 mL من محلول هدروكسيد البوتاسيوم تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ فإنّ:

a	$[H_3O^+] < [OH^-]$	b	$[H_3O^+] > [OH^-]$
c	$[H_3O^+] = [OH^-]$	d	$[H_3O^+] \leq [OH^-]$

توضيح الإجابة:

$$n_{(H_3O^+)} = n_{(OH^-)}$$

$$2\times n_{(H_2SO_4)} = 1\times n_{(KOH)}$$

$$2\times C_1V_1 = 1\times C_2V_2$$

$$2\times 0.05\times 10 = 0.1\times V_2$$

$$\boxed{\Rightarrow V_2 = 10\ mL}$$

وهو الحجم اللازم من محلول هدروكسيد البوتاسيوم KOH اللازم لإتمام المعايرة، لكننا أضفنا 15 mL منه أيّ يوجد هناك زيادة بتركيز $[OH^-]$.

ثالثا أسئلة التعاليل في درس المعايرة الحجمية

تطبيق (1): يعاير حمض الآزوت بمحلول لهدروكسيد الصوديوم.

المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. ما قيمة pH المحلول الناتج عن المعايرة. علّل إجابتك.

أو: ما قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية المعايرة. علّل إجابتك.

3. ما هو المشعر المفضّل الواجب استعماله في هذه المعايرة. علّل إجابتك.

الجواب:

1. معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$HNO_3 + NaOH \longrightarrow NaNO_3 + H_2O$$

2. توضيح السؤال:

المحلول الناتج عن المعايرة هو محلول لملح $NaNO_3$ وهو ملح جيّد الذوبان في الماء (من الأملاح الذوّابة) لذلك نكتب:

$NaNO_3$

Na^+	NO_3^-
أيون ناتج عن أساس قويّ (جزء قويّ)	أيون ناتج عن حمض قويّ (جزء قوي)
أيون حيادي (لا يتحلمه)	أيون حيادي (لا يتحلمه)

الجواب:

قيمة $pH = 7$ عند نقطة نهاية المعايرة.

التعليل: لأنّ أيونات الملح الناتج عن المعايرة حياديّة لا تتحلمه (لا تتفاعل مع الماء).

3. المشعر المفضّل لهذه المعايرة: أزرق بروم التيمول.

التعليل: لأنّ مجاله $(7.6 \rightarrow 6)$ يحوي قيمة pH نقطة نهاية المعايرة.

تطبيق (2): يعاير حمض النمل بمحلول لهدروكسيد البوتاسيوم.

المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. ما طبيعة الوسط الناتج عن المعايرة. علّل إجابتك.

أو: ما طبيعة الوسط عند نقطة نهاية المعايرة. علّل إجابتك.

3. ما هو المشعر المفضّل الواجب استعماله في هذه المعايرة. علّل إجابتك.

الجواب:

1. معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$HCOOH + KOH \longrightarrow HCOOK + H_2O$$

2. توضيح السؤال:

المحلول الناتج عن المعايرة هو محلول لملح HCOOK وهو ملح جيّد الذوبان في الماء (من الأملاح الذوّابة) لذلك نكتب:

$HCOOK$

K^+	$HCOO^-$
أيون ناتج عن أساس قويّ (جزء قويّ)	أيون ناتج عن حمض ضعيف (جزء ضعيف)
أيون حيادي (لا يتحلمه)	يتفاعل مع الماء (يتحلمه)
الوسط أساسيّ $pH > 7$	K_a

الجواب:

طريقة ①: الوسط أساسيّ (قلويّ) عند نقطة نهاية المعايرة.

التعليل: نكتب معادلة الحلمهة للملح الناتج:

$$HCOO^- + H_2O \rightleftharpoons HCOOH + OH^-$$

لأنه نتج أيون الهدروكسيد OH^- عن تفاعل الحلمهة.

طريقة ②: الوسط أساسيّ (قلويّ) عند نقطة نهاية المعايرة.

التعليل: لأنّ الملح النّاتج HCOOK يحوي أيون $HCOO^-$ الذي يسلك سلوك أساس ضعيف.

3. المشعر المفضّل لهذه المعايرة: فينول فتالئين.

التعليل: لأنّ مجاله $(10 \rightarrow 8.2)$ يحوي قيمة pH نقطة نهاية المعايرة.

تطبيق (3): يعاير محلول لهدروكسيد الأمونيوم بمحلول حمض كلور الماء. **المطلوب:**

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. ما طبيعة الوسط الناتج عن المعايرة. علّل إجابتك.

أو: ما طبيعة الوسط عند نقطة نهاية المعايرة. علّل إجابتك.

3. ما هو المشعر المفضّل الواجب استعماله في هذه المعايرة. علّل إجابتك.

الجواب:

1. معادلة تفاعل المعايرة الحاصل:

$$HCl + NH_4OH \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$$

2. توضيح السؤال:

المحلول الناتج عن المعايرة هو محلول لملح NH_4Cl وهو ملح جيّد الذّوبان في الماء (من الأملاح الذوّابة) لذلك نكتب:

NH_4Cl

NH_4^+	Cl^-
أيون ناتج عن أساس ضعيف (جزء ضعيف)	أيون ناتج عن حمض قويّ (جزء قويّ)
يتفاعل مع الماء (يتحلمه)	أيون حيادي (لا يتحلمه)
K_b	الوسط حمضيّ $pH < 7$

الجواب:

طريقة ①: الوسط حمضيّ عند نقطة نهاية المعايرة.

التعليل: نكتب معادلة الحلمهة للملح الناتج:

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + \boxed{H_3O^+}$$

لأنّه نتج أيون الهيدرونيوم H_3O^+ عن تفاعل الحلمهة.

طريقة ②: الوسط حمضيّ عند نقطة نهاية المعايرة.

التعليل: لأنّ الملح الناتج NH_4Cl يحوي أيون NH_4^+ الذي يسلك سلوك حمض ضعيف.

③ المشعر المفضّل لهذه المعايرة: أحمر المثيل.

التعليل: لأنّ مجاله $(6.2 \rightarrow 4.2)$ يحوي قيمة pH نقطة نهاية المعايرة.

رابعاً: منحنيات المعايرة

تطبيق بياني (1): يمثّل الخط البياني منحني معايرة حمض كلور الماء بمحلول لهدروكسيد الصوديوم. **المطلوب:**

① اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.

② اكتب المعادلة الأيونيّة المعبّرة.

③ ماذا تُسمّى النقطة E.

④ ما قيمة pH المحلول في كل من الحالتين الآتيتين:

a) لحظة بدء المعايرة.

b) عند نقطة نهاية المعايرة.

⑤ حدد طبيعة الوسط عند كل من النقاط A, B, E.

الجواب:

① $HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

② $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

③ تُسمّى النقطة E: نقطة نهاية المعايرة.

④ a) $pH = 1$ لحظة بدء المعايرة.

b) $pH = 7$ عند نقطة نهاية المعايرة.

⑤ عند A حمضي، عند E معتدل، عند B قلوي.

تطبيق بياني (2): يمثّل الخط البياني ملحني معايرة حمض الخل بمحلول لهدروكسيد البوتاسيوم. **المطلوب:**

① اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.

② اكتب المعادلة الأيونيّة المعبّرة.

③ ماذا تُسمّى النقطة E.

④ ما قيمة pH المحلول في كل من الحالتين الآتيتين:

a) لحظة بدء المعايرة.

b) عند نقطة نهاية المعايرة.

⑤ حدد طبيعة الوسط عند كل من النّقطتين A, B.

الجواب:

① $CH_3COOH + KOH \longrightarrow CH_3COOK + H_2O$

② $CH_3COOH + OH^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2O$

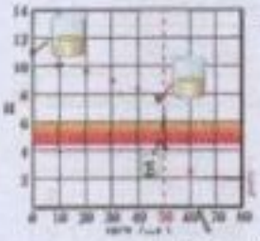
③ تُسمّى النقطة E: نقطة نهاية المعايرة.

④ a) $pH = 3$ لحظة بدء المعايرة.

b) $pH = 8.72$ عند نقطة نهاية المعايرة.

⑤ عند A حمضي، وعند B قلوي.

تطبيق بياني (3): يمثّل الخط البياني منحني معايرة محلول لهدروكسيد الأمونيوم بحمض كلور الماء.



المطلوب:

① اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.

② اكتب المعادلة الأيونيّة المعبّرة.

③ ماذا تُسمّى النقطة E.

④ ما قيمة pH المحلول في كل من الحالتين الآتيتين:

a) لحظة بدء المعايرة.

b) عند نقطة نهاية المعايرة.

الجواب:

① $HCl + NH_4OH \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$

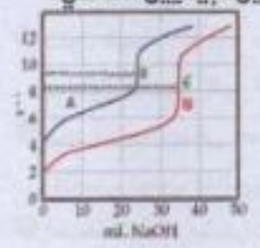
② $H_3O^+ + NH_4OH \longrightarrow NH_4^+ + 2H_2O$

③ تُسمّى النقطة E: نقطة نهاية المعايرة.

④ a) $pH = 11$ لحظة بدء المعايرة.

b) $pH = 5$ عند نقطة نهاية المعايرة.

تطبيق بياني (4): عند معايرة حجمين متساويين من محلولي حمضين A, B كلّ منهم على حدى، بمحلول هدروكسيد الصوديوم تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ فحصلنا على المنحنيين البيانيين كما في الشكل الآتي:



المطلوب:

① أيّ من المحلولين المستعملين A, B أكثر تركيزاً. فسّر إجابتك.

② حدد نقطة نهاية المعايرة لكلّ منهما على الشّكل.

الجواب:

① المحلول B هو الأكثر تركيزاً لأنّه يستهلك حجم أكبر من هدروكسيد الصوديوم.

② على الشّكل.

ورقة عمل في المعايرة الحجمية

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. المُشعر الذي يحدّد بدقّة أكبر نقطة نهاية معايرة أساس قوي بحمض قوي هو:

a	أزرق بروم التيمول.	b	فينول فتالئين.
c	أحمر المثيل.	d	الهليانتين.

2. عند معايرة حمض النّمل بهدروكسيد البوتاسيوم يكون عند نقطة نهاية المعايرة:

a	$pH > 7$	b	$pH < 7$
c	$pH = 7$	d	$pH \leq 7$

3. قيمة pH المحلول النّاتج عن معايرة حمض قوي بأساس قوي:

a	5	b	7
c	9	d	11

4. لزم لتعديل $50\ mL$ من محلول لحمض الكبريت تعديلاً تاماً $40\ mL$ من محلول الصّود الكاوي الذي تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ فيكون تركيز حمض الكبريت المستعمل: دورة 2014 الأولى

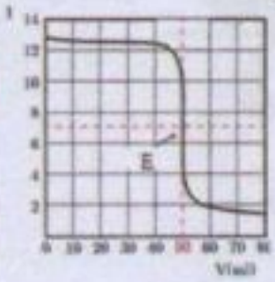
a	$0.4\ mol.L^{-1}$	b	$0.2\ mol.L^{-1}$
c	$0.04\ mol.L^{-1}$	d	$0.08\ mol.L^{-1}$

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. عند معايرة حمض الخل بمحلول لهدروكسيد البوتاسيوم يكون المحلول النّاتج قلوياً.
2. تكون قيمة $pH < 7$ عند معايرة محلول لهدروكسيد الأمونيوم بمحلول لحمض كلور الماء.
3. عند معايرة حمض حمض ضعيف بأساس قوي يكون المشعر المناسب فينول فتالئين.
4. استخدام أحد مشعرات (حمض – أساس) في معايرة التّعديل.
5. المشعر المفضّل لمعايرة (حمض قوي – أساس قوي) هو أزرق بروم التيمول. دورة 2003، 2005

ثالثاً: أجب عن السؤال الآتي:

يُمثّل الخط البياني الآتي منحني معايرة محلول لهدروكسيد الصوديوم بحمض الآزوت. المطلوب:



1. اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. ماذا تُسمّى النقطة E.
3. ما قيمة pH المحلول في كل من الحالتين الآتيتين:
   a) لحظة بدء المعايرة.
   b) عند نقطة نهاية المعايرة. فسّر ذلك.
4. ما هو المشعر المفضّل استعماله في هذه المعايرة. فسّر إجابتك.

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى: دورة 2017 الأولى

عينة غير نقيّة من هدروكسيد الصوديوم الصّلب كتلتها $2\ g$ تُذاب في الماء المقطّر. ونكمل حجم المحلول إلى $100\ mL$. ثمّ يُعاير المحلول النّاتج بمحلول حمض الكبريت الذي تركيزه $0.5\ mol.L^{-1}$ فلزم منه $40\ mL$ لإتمام المعايرة. المطلوب:

1. اكتب المعادلة الأيونيّة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. احسب تركيز محلول هدروكسيد الصوديوم المستعمل.
3. احسب كتلة هدروكسيد الصوديوم النّقي في العيّنة.
4. احسب النّسبة المئويّة للشّوائب في العيّنة.

المسألة الثانية: دورة 2017 الثانية

يُذاب $2\ g$ من هدروكسيد الصوديوم الصّلب النّقي بالماء المقطّر ثمّ يُكمل حجم المحلول إلى $0.5\ L$ المطلوب:

1. احسب التّركيز المولي لمحلول هدروكسيد الصّوديوم النّاتج.
2. احسب قيمة pOH المحلول النّاتج.
3. يُعاير $100\ mL$ من محلول هدروكسيد الصوديوم السّابق بمحلول حمض الخل تركيزه $5\times10^{-2}\ mol.L^{-1}$ فيلزم منه $V\ L$ حتى تمام المعايرة. المطلوب:

a) اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
b) احسب V حجم حمض الخل المستعمل.
c) احسب كتلة الملح النّاتج عن تفاعل المعايرة الحاصل.

المسألة الثالثة: دورة 2016 الأولى

محلول هدروكسيد الصّوديوم تركيزه $0.1\ mol.L^{-1}$ المطلوب:

1. احسب قيمة $[H_3O^+]$ في هذا المحلول.
2. احسب قيمة pH هذا المحلول.
3. يُعاير $20\ mL$ من محلول حمض النّمل بمحلول هدروكسيد الصوديوم السّابق فيلزم $30\ mL$ منه حتى تمام المعايرة. المطلوب: a) احسب تركيز محلول حمض النّمل المستعمل.
   b) احسب كتلة حمض النّمل في $100\ mL$ من محلوله.

المسألة الرابعة: دورة 2004

محلول لحمض كلور الماء له قيمة $pH = 1$. المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّنه، وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظريّة برونشتد –لوري.
2. احسب تركيز محلول الحمض مقدّراً بـ $mol.L^{-1}$.
3. لمعايرة $25\ mL$ من محلول كربونات الصوديوم يلزم $50\ mL$ من محلول الحمض السّابق. المطلوب:

a) اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن تفاعل المعايرة.
b) احسب تركيز محلول كربونات الصوديوم اللازم لإتمام المعايرة مقدّراً بـ $mol.L^{-1}$ ثمّ $g.L^{-1}$

Na:23 , C:12 , O:16 , H:1 , S:32

انتهت ورقة العمل

* الألكانات:

تعريفها: هي مركّبات هدروكربونيّة مشبعة (جميع الروابط أحادية بين ذرات الكربون).

مفردها: ألكان.

لاحقتها: ان.

صيغتها العامّة: C_nH_{2n+2} حيث: n يُمثّل عدد ذرّات الكربون.

عدد ذرات الكربون n	الصّيغة المجملة للألكان	الاسم	الصّيغة نصف المنشورة
1	CH_4	ميتان	-
2	C_2H_6	إيتان	CH_3-CH_3
3	C_3H_8	بروبان	$CH_3-CH_2-CH_3$
4	C_4H_{10}	بوتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
5	C_5H_{12}	بنتان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
6	C_6H_{14}	هكسان	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

* الجذور الألكيليّة ($R-$):

نحصل عليها من نزع ذرة هدروجين من الألكانات.

صيغتها العامّة: $C_nH_{(2n+1)}-$

لاحقتها: يل.

عدد ذرات الكربون n	الصّيغة المجملة للجذر الألكيلي	الاسم	الصّيغة نصف المنشورة
1	CH_3-	ميتيل	-
2	C_2H_5-	إيثيل	CH_3-CH_2-
3	C_3H_7-	بروبيل	$CH_3-CH_2-CH_2-$

* الألكينات:

تعريفها: هي مركّبات هدروكربونيّة غير مشبعة (تحوي رابطة ثنائيّة واحدة على الأقل بين ذرتي كربون).

مفردها: ألكين.

لاحقتها: ين.

صيغتها العامّة: C_nH_{2n} حيث: n يُمثّل عدد ذرّات الكربون.

عدد ذرات الكربون n	الصّيغة المجملة للألكين	الاسم	الصّيغة نصف المنشورة
2	C_2H_4	إيثين (الإيتلين)	$CH_2=CH_2$
3	C_3H_6	بروبين	$CH_2=CH-CH_3$

* الصّيغة الهيكليّة: تُمثّل بخطوط منكسرة.

أمثلة: الإيتان C_2H_6 ـــــ ، البروبان C_3H_8 ، البوتان C_4H_{10}

* الصّيغة المجملة:

توضّح فقط أنواع وعدد ذرات كل عنصر في الجزيء.

* المركّبات العضويّة مرتّبة حسب نوع الوظائف فيها:

الصنف	الصيغة العامة	السابقة	اللاحقة
الحمض الكربوكسيلي	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	-	وئيك
الأستر	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R'$	-	وات
الأميد	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$	-	أميد
النتريل	$R-CN$	سيانو	نتريل
الألدهيد	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	أوكسو	ال
الكيتون	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R'$	أوكسو	ون
الغول	$R-OH$	هدروكسي	ول
الأمين	$R-NH_2$	أمينو	أمين
الايتر	$R-O-R'$	ألكوكسي	إيتر

ملاحظات لتسمية المركبات العضوية

أولا: تسمية الأغوال

الصيغة العامة	الزمرة الوظيفية	اللاحقة
R-OH	-OH	ول

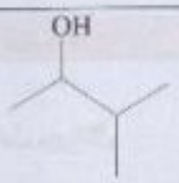
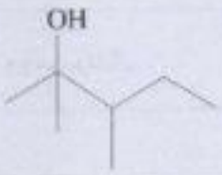
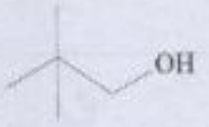
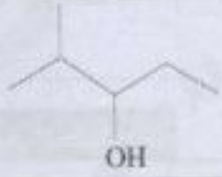
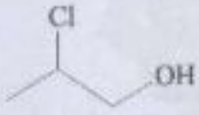
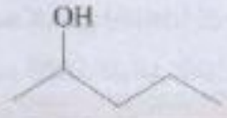
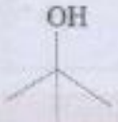
① نرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من الطّرف الأقرب لزمرة الهدروكسيل (-OH).

② نسمّي التّفرعات (المتبادلات) إن وُجدت مسبوقة برقم ذرّة الكربون المرتبطة بها.

③ نكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ نكتب اللاحقة (**ول**) مسبوقةً برقم ارتباطها بالسلسلة.

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية	الاسم الشائع
ميثانول	CH_3-OH	OH	الغول المثيلي
إيثانول	CH_3-CH_2-OH	OH	الغول الإثيلي

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية
بروبان -2- ول	$CH_3-\underset{\underset{OH}{\|}}{CH}-CH_3$	OH

3- ميثيل بوتان -2- ول	$CH_3-\underset{OH}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-CH_3$	
2،3- ثنائي ميثيل بنتان -2- ول	$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{OH}{C}}-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-CH_3$	
2،2- ثنائي ميثيل بروبان -1- ول	$CH_3-\underset{CH_3}{C}-CH_2-OH$	
2- ميثيل بنتان -3- ول	$CH_3-CH-\underset{CH_3}{\overset{OH}{CH}}-CH_2-CH_3$	
2- كلورو بروبان -1- ول	$CH_3-\underset{Cl}{CH}-CH_2-OH$	
بنتان -2- ول	$CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_2-CH_3$	
2- ميثيل بروبان -2- ول	$(CH_3)_3-C-OH$ أو $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-OH$	

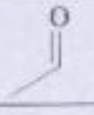
ثانياً: تسمية الألدهيدات:

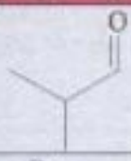
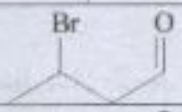
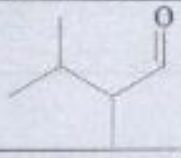
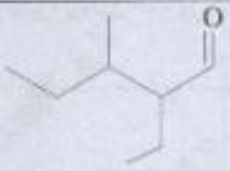
الصيغة العامة	الزمرة الوظيفية	اللاحقة
$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ أو: $R-CHO$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$	ال

① نرقم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرة كربون زمرة الكربونيل الألدهيديّة حيث تأخذ رقم (1).

② نكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.

③ نكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة مع إضافة اللاحقة (ال) الدالّة على زمرة الكربونيل الألدهيديّة.

الاسم وفق قواعد IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية	الاسم الشائع
ميثانال	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ أو: $H-CHO$	$\overset{O}{\overset{\|}{}}$	فورم الدهيد
إيثانال	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ أو: CH_3-CHO		أسيت الدهيد

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية
2- ميثيل بروبانال	$CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-H$	
3- برومو بوتانال	$CH_3-CH(Br)-CH_2-C(=O)-H$	
3،2- ثنائي ميثيل بوتانال	$CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-C(=O)-H$	
2- إيثيل -3- ميثيل بنتانال	$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH(CH_2CH_3)-C(=O)-H$	

ثالثا: تسمية الكيتونات:

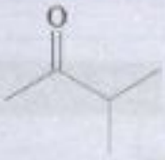
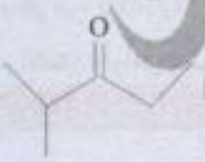
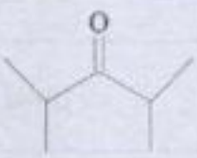
الصيغة العامة	الزمرة الوظيفية	اللاحقة
$R-CO-R'$ أو $R-C(=O)-R'$	$-C(=O)-$	ون

① نرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من الطرف الأقرب إلى زمرة الكربونيل.

② نكتب اسم كل فرع (متبادل) إن وجد مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.

③ نكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية مع إضافة اللاحقة (**ون**) مسبوقة برقم ارتباطها بالسلسلة.

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية	الاسم الشائع
بروبان -2- ون	$CH_3-C(=O)-CH_3$		الأسيتون

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية
3- ميثيل بوتان -2- ون	$CH_3-C(=O)-CH(CH_3)-CH_3$	
4- إيثيل هكسان -2- ون	$CH_3-C(=O)-CH_2-CH(CH_2CH_3)-CH_2-CH_3$	
2- ميثيل بنتان -3- ون	$CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-CH_2-CH_3$	
4،2- ثنائي ميثيل بنتان -3- ون	$CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-CH(CH_3)-CH_3$	

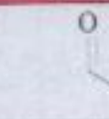
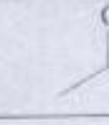
رابعاً: تسمية الحموض الكربوكسيلية

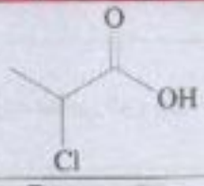
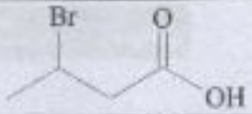
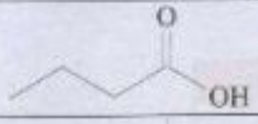
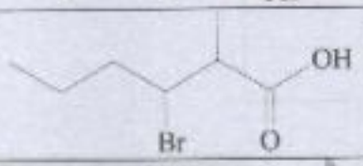
الصيغة العامة	الزمرة الوظيفية	اللاحقة
$R-COOH$ أو: $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	ونيك

① نرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزّمرة الكربوكسيليّة.

② نكتب كلمة حمض ثمّ اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوقاً برقم ذرة الكربون المرتبط بها.

③ نكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ تضاف اللاحقة (**ونيك**).

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية	الاسم الشائع
حمض الميتانونيك	$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$		حمض النمل أو حمض الفورميك
حمض الإيتانونيك	$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$		حمض الخل أو حمض الأسيتيك
حمض البوتانونيك	$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$		حمض الزبدة

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية
حمض -2- كلورو البروبانونيك	$CH_3-\underset{Cl}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	
حمض -3- بروموالبوتانونيك	$CH_3-CH(Br)-CH_2-COOH$	
حمض البنتانونيك	$CH_3-(CH_2)_3-COOH$	
حمض -3- برومو -2- متيل الهكسانونيك	$CH_3-CH_2-\underset{Br}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$	

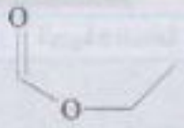
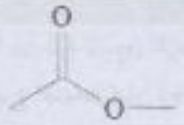
خامساً: تسمية الأسترات

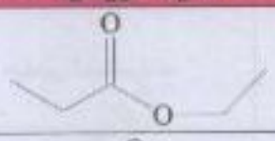
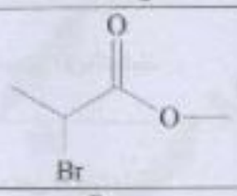
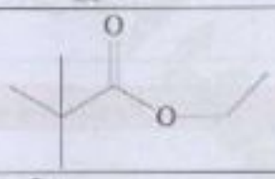
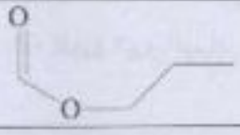
الصيغة العامة	الزمرة الوظيفية	اللاحقة
$R-COO-R'$ أو: $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R'$	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$	وات

① نرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الأسترية حيث تأخذ رقم (1).

② نسمّي التّفرعات (المتبادلات) إن وجدت مسبوقة برقم ذرة الكربون المرتبطة بها.

③ نضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة مع إضافة اللاحقة (**وات**) ثم نتبعه باسم الجذر الألكيلي R'.

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية	الاسم الشائع
ميثانوات الإتيل	$H-C(=O)-O-CH_2-CH_3$		نملات الإتيل أو فورمات الإتيل
إيثانوات الميثيل	$CH_3-C(=O)-O-CH_3$		خلات الميثيل أو أسيتات الميثيل

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية
بروبانوات الإتيل	$CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3$	
2- بروموبروبانوات الميثيل	$CH_3-CH(Br)-C(=O)-O-CH_3$	
2،2- ثنائي ميثيل بروبانوات الإتيل	$CH_3-C(CH_3)_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3$	
ميثانوات نظامي البروبيل	$H-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH_3$	

سادساً: تسمية الإيترات:

الصيغة العامة	الزمرة الوظيفية	السابقة
$R-O-R'$	$-O-$	ألكوكسي

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة
ميتوكسي الميثان	CH_3-O-CH_3
إيتوكسي الإيثان	$CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$

سابعاً: تسمية النتريلات:

الصيغة العامة	الزمرة الوظيفية	اللاحقة
$R-CN$	$-CN$	نتريل

① نرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من ذرة كربون زمرة النّتريل $-CN$.

② نكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.

③ نكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثم نكتب اللاحقة (**نتريل**).

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة
إيثان نتريل	CH_3-CN
بروبان نتريل	CH_3-CH_2-CN

الصيغة العامة	الرابطة المميزة	اللاحقة
C_nH_{2n}	=	ـين

① نرقّم أطول سلسلة كربونيّة بدءاً من الطرف الأقرب إلى الرّابطة الثنائيّة (=).

② نكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.

③ نكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة. ثم نكتب اللاحقة (ـين) ثم نضع رقم ذرّة الكربون الرابطة الثنائيّة.

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة
1- بروبين	$CH_3-CH=CH_2$
2- بوتين	$CH_3-CH=CH-CH_3$
2- مثيل بوتين-2	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH-CH_3$

ملاحظة تسمية المركبات التي تحوي زمرتين وظيفيتين:

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة
حمض 3- هدروكسي البنتانويك	$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_2-COOH$
2- هدروكسي -2- مثيل بروبان نتريل	$CH_3-\underset{\displaystyle CN}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}}-CH_3$

أ. أسامة الحصري

الدرس الأوّل: الأغوال

الصيغة العامة والزمرة الوظيفية للأغوال

الصّيغة العامّة: $R-OH$ أي: $C_nH_{(2n+1)}-OH$

وبالتالي تتميّز الأغوال بوجود الزّمرة الوظيفيّة ($-OH$) وتسمّى بزمرة الهدروكسيل.

تصنيف الأغوال

تُصنّف الأغوال إلى:

الأغوال الأوليّة	الأغوال الثانوية	الأغوال الثالثية
ترتبط فيها زمرة الهدروكسيل بذرّة كربون أوليّة.	ترتبط فيها زمرة الهدروكسيل بذرّة كربون ثانويّة.	ترتبط فيها زمرة الهدروكسيل بذرّة كربون ثالثيّة.
$R-CH_2-OH$	$R-\underset{OH}{\underset{\vert}{CH}}-R'$	$R-\underset{OH}{\underset{\vert}{\overset{R''}{\overset{\vert}{C}}}}-R'$

سؤال: صنّف الأغوال الآتية إلى: أغوال (أولية، ثانوية، ثالثية):

CH_3-CH_2-OH	$CH_3-\underset{OH}{\underset{\vert}{CH}}-CH_2-CH_3$	$CH_3-\underset{OH}{\underset{\vert}{\overset{CH_3}{\overset{\vert}{C}}}}-CH_2-CH_3$
أولي.	ثانوي.	ثالثي.

التحضير الصناعي لبعض الأغوال

تُحضّر الأغوال بشكل عام من تفاعل ضم (إضافة) الماء إلى الألكينات. وتتم ذلك وفق **قاعدة ماركوفينكوف**: ((عند الإضافة إلى الكن، فإنّ الجزء الموجب يُضاف إلى ذرة الكربون المتّصلة بأعلى عددٍ من ذرات الهدروجين. بينما يتّجه الجزء السّالب إلى ذرة الكربون المتّصلة بأقل عددٍ من ذرّات الهدروجين)).

مثال (1): اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن ضم الماء إلى الإيتن (الإيتلن)، بوجود حمض الكبريت كوسيط، ثم سم المركب الناتج.

الجواب:

$$\underset{\text{الإيتن (الإيتلن)}}{CH_2=CH_2} + \underset{\text{ماء}}{H_2O} \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} \underset{\text{إيتانول}}{CH_3-CH_2-OH}$$

سؤال (2): اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن ضم الماء إلى البوتن -1 بوجود حمض الكبريت كوسيط، ثم سم المركب الناتج.

الجواب:

$$\underset{\text{بوتن-1}}{CH_3-CH_2-CH=CH_2} + \underset{\text{ماء}}{H_2O} \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} \underset{\text{بوتان -2- ول}}{CH_3-CH_2-\overset{OH}{\overset{\vert}{CH}}-CH_3}$$

ملاحظة1: يمكن تحضير الإيتانول من تخمّر الكربوهدرات حيث تتحوّل السكّريات بعمليّة التخمّر الغولي عند الدّرجة 37 °C تقريباً بوجود خميرة البيرة إلى إيتانول وفق المعادلة: $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{خميرة البيرة}} 2CH_3-CH_2-OH + 2CO_2$

ملاحظة2: يمكن تحضير الميتانول من تفاعل أحادي أكسيد الكربون مع الهدروجين بوجود حفّاز وفق المعادلة الآتية:

$$CO + 2H_2 \xrightarrow[100atm,\ 250^\circ C]{ZnO} CH_3-OH$$

① تفاعل الأغوال مع المعادن:

أعط تفسيراً علمياً: تتفاعل الأغوال مع المعادن النشيطة كيميائياً.

الجواب: لأنّ المعادن النشيطة كيميائياً تستطيع إزاحة الهدروجين في الرابطة (O – H) في الأغوال.

المعادلة العامة:

$$R-OH + Na \longrightarrow R-ONa + \frac{1}{2}H_2$$

غول — معدن الصوديوم — ألكوكسيد الصوديوم — غاز الهدروجين

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الإيتانول مع البوتاسيوم، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-OH + K \longrightarrow CH_3-CH_2-OK + \frac{1}{2}H_2$$

إيتانول — معدن البوتاسيوم — إيتوكسيد البوتاسيوم — غاز الهدروجين

ملاحظة: يتم الكشف عن ألكوكسيد الصوديوم (أو البوتاسيوم) الناتج بإضافة قطرات من مشعر فينول فتالئين فيتلوّن المحلول باللّون البنفسجي مما يدل على الصّفة الأساسيّة للألكوكسيد الناتج.

② تفاعل الأغوال مع الحموض الكربوكسيلية (الأسترة):

المعادلة العامة:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + R'-OH \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R' + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — غول — إستر — ماء

مثال (1): اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تفاعل حمض الإيتانويك (حمض الخل) مع الإيتانول، ثمّ سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

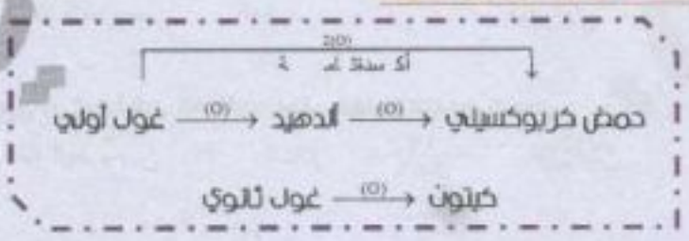
$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + CH_3-CH_2-OH \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3 + H_2O$$

حمض الإيتانويك — إيتانول — إيتانوات الإيتل — ماء

③ تفاعلات الأكسدة:

تتأكسد الأغوال الأوليّة والثّانويّة بوجود ثنائي كرومات البوتاسيوم ولا تتأكسد الأغوال الثالثيّة في الشّروط ذاتها.

المخطط العام لتفاعل أكسدة الأغوال الأوليّة والثانويّة:



* الأكسدة التامة:

a) للأغوال الأولية:

تتم بوجود مؤكسد قوي في وسط حمضي وينتج عنها حمض كربوكسيلي وماء.

المعادلة العامة:

$$R-CH_2-OH + 2(O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} R-COOH + H_2O$$

غول أولي — حمض كربوكسيلي — ماء

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن الأكسدة التامة للإيتانول، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-OH + 2(O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} CH_3-COOH + H_2O$$

إيتانول (غول أولي) — حمض الإيتانويك (حمض كربوكسيلي) — ماء

b) للأغوال الثانوية:

تتم بوجود مؤكسد قوي في وسط حمضي وينتج عنها كيتون وماء.

المعادلة العامة:

$$R-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-R' + (O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2CrO_4} R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-R' + H_2O$$

(غول ثانوي) — (كيتون) — ماء

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل أكسدة البروبان -2- ول، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 + (O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2CrO_4} CH_3-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + H_2O$$

بروبان-2- ول (غول ثانوي) — بروبان-2- ون (كيتون) — ماء

* الأكسدة الوساطية (نزع الهدروجين):

a) للأغوال الأولية: تتم بإمرار بخار الغول الأوّليّ على مسحوق النّحاس المسخّن إلى الدّرجة $300\ ^\circ C$ وتعطي ألدهيد وينطلق غاز الهدروجين.

المعادلة العامة:

$$R-CH_2-OH \xrightarrow[300\ ^\circ C]{Cu} R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-H + H_2$$

غول أولي — ألدهيد — غاز الهدروجين

مثال: ينتج الإيتانال من نزع هدروجين من غول أولي. **المطلوب:** اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

توضيح السؤال: غاز الهدروجين + إيتانال $\xrightarrow[300\ ^\circ C]{Cu}$ غول أولي

الجواب:

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[300\ ^\circ C]{Cu} CH_3-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-H + H_2$$

إيتانول — إيتانال — غاز الهدروجين

b) للأغوال الثانوية: تتم بإمرار بخار الغول الثانويّ على مسحوق النّحاس المسخّن إلى الدّرجة $300\ ^{\circ}C$ وتعطي كيتون وينطلق غاز الهدروجين.

المعادلة العامة:

$$R-\underset{\text{(غول ثانوي)}}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}}H-R' \xrightarrow[300\ ^{\circ}C]{Cu} \underset{\text{(كيتون)}}{R-\overset{O}{\overset{||}{C}}-R'} + \underset{\text{غاز الهدروجين}}{H_2}$$

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل أكسدة البروبان -2- ول بوجود مسحوق من النحاس المسخن إلى الدرجة $300\ ^{\circ}C$.

الجواب:

$$CH_3-\underset{\text{(غول ثانوي)}}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}}H-CH_3 \xrightarrow[300\ ^{\circ}C]{Cu} \underset{\text{(كيتون)}}{CH_3-\overset{O}{\overset{||}{C}}-CH_3} + \underset{\text{غاز الهدروجين}}{H_2}$$

بروبان-2- ول — بروبان-2- ون

④ تفاعلات البلمهة:

يتم فيها نزع الماء من الغول بوجود حمض الكبريت المركّز كوسيط وعند درجة حرارة مناسبة. ونميّز حالتين:

a) البلمهة داخل الجزيء (البلمهة الداخلية):

يتم فيها نزع جزيئة ماء من جزيء واحد من الغول بوجود حمض الكبريت المركّز كوسيط وعند درجة حرارة مناسبة وفق قاعدة زايتسف. وتزداد صعوبة البلمهة الداخليّة من الغول الثّالثي إلى الغول الثّانوي فالأوّلي وهي أصعب الأغوال بلمهةً.

قاعدة زايتسف: عند حذف الماء من الأغوال يخرج الهدروجين من ذرة الكربون الأقل هدروجيناً والمجاورة لذرة الكربون المرتبطة بزمرة الهدروكسيل ويشكّل الألكن الأكثر تبادلاً.

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل البلمهة داخل الجزيء للمركب 2- ميثيل بوتان -2- ول في شروط ملاسبة، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}}-CH_3 \xrightarrow[160\ ^{\circ}C]{H_2SO_4} CH_3-CH=\underset{CH_3}{C}-CH_3 + H_2O$$

2- ميثيل بوتان-2- ول — 2- ميثيل بوتين-2 — ماء

b) البلمهة ما بين الجزيئية:

يتم فيها نزع جزيئة ماء من جزيئتين من الغول بوجود حمض الكبريت المركّز كوسيط وعند درجة حرارة مناسبة وينتج الإيتر الموافق وماء.

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل البلمهة ما بين الجزيئية للإيتانول في شروط مناسبة، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$2CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3 + H_2O$$

إيتانول — إيتوكسي الإيثان — ماء

ملاحظة1: البلمهة داخل الجزيء (البلمهة الداخلية) للأغوال تُعطي: ألكنات.

ملاحظة2: البلمهة ما بين الجزيئية للأغوال تُعطي: إيترات.

الدرس الثاني: الألدهيدات والكيتونات

الصيغة العامة والزمرة الوظيفية

الصيغة العامة للألدهيدات: $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$ أو: $R-CHO$

الصيغة العامة للكيتونات: $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R'$ أو: $R-CO-R'$

- تشترك الألدهيدات والكيتونات بزمرة الكربونيل $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$
- تتميّز الألدهيدات بوجود الزمرة الوظيفيّة $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$ مرتبطةً بجذر الكيلي R أو هدروجين H.
- تتميّز الكيتونات بوجود الزمرة الوظيفيّة $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ مرتبطةً بجذرين الكيليّين R, R'. ويُعتبر الكيتون متناظر عندما يكون $R = R'$.

سؤال: صنّف كل من المركبات الممثلة بالصيغة الهيكلية لكل منها إلى (ألدهيدات، كيتونات):

الصيغة الهيكلية			
الصنف	ألدهيد	كيتون	ألدهيد

التحضير الصناعي لبعض الألدهيدات

تُحضّر الألدهيدات صناعياً بطريقتين:

① إمرار أبخرة الأغوال الأوليّة على مسحوق النّحاس عند الدّرجة $300\ ^\circ C$ للحصول على الألدهيدات الموافقة.

② إرجاع الحموض الكربوكسيليّة باستعمال عنصر البلاديوم Pd.

تذكرة

حمض كربوكسيلي $\xrightarrow[H_2/Pd]{(O)}$ ألدهيد $\xrightarrow[H_2/Pd]{(O)}$ غول أولي

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبرة عن تفاعل إمرار بخار الغول الأولي على مسحوق النحاس المسخن إلى الدّرجة $300\ ^\circ C$.

الجواب:

$$R-CH_2-OH \xrightarrow[300\ ^\circ C]{Cu} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + H_2$$

غول أولي — ألدهيد — غاز الهدروجين

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إرجاع الحمض الكربوكسيلي بالهدروجين وبوجود البلاديوم كوسيط.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + 2(H) \xrightarrow{Pd} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — ألدهيد — ماء

التحضير الصناعي لبعض الكيتونات

تُحضّر الكيتونات صناعياً بإمرار أبخرة الأغوال الثانوية على مسحوق النحاس عند الدرجة $300\ ^{\circ}C$ للحصول على الكيتونات الموافقة.

تذكرة

كيتون $\xleftarrow{(O)}$ غول ثانوي

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إمرار بخار الغول الثانوي على مسحوق النحاس المسخن إلى الدرجة $300\ ^{\circ}C$.

الجواب:

$$R-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-R' \xrightarrow[300\ ^{\circ}C]{Cu} R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-R' + H_2$$

غول ثانوي — كيتون — غاز الهدروجين

سؤال: غول ثانوي يعطي عند إمراره على مسحوق النحاس المسخن حتى الدرجة $300\ ^{\circ}C$ البوتان -2- ون. المطلوب: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل، ثمّ اكتب اسم هذا الغول.

توضيح السؤال:

غاز الهدروجين + بوتان-2- ون $\xrightarrow[300\ ^{\circ}C]{Cu}$ غول ثانوي

الجواب:

$$CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3 \xrightarrow[300\ ^{\circ}C]{Cu} CH_3-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-CH_3 + H_2$$

بوتان-2- ول (غول ثانوي) — بوتان-2- ون (كيتون) — غاز الهدروجين

الخاصيات الكيميائية للألدهيدات والكيتونات

① تفاعل الأكسدة:

أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

a) سهولة أكسدة الألدهيدات إلى حموض كربوكسيلية.

الجواب: بسبب وجود ذرّة هدروجين مرتبطة بذرّة كربون زمرة الكربونيل.

b) تقاوم الكيتونات تفاعل الأكسدة.

الجواب: بسبب عدم وجود ذرّة هدروجين مرتبطة بذرّة كربون زمرة الكربونيل.

أولا: التفاعل مع كاشف فهلنغ:

يُرجع الألدهيد أيونات النحاس Cu^{2+} إلى أيونات النحاس Cu^{+} الذي يترسّب على شكل أكسيد النحاس الأحادي، وتؤكسد أيونات النحاس Cu^{2+} الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي الذي يتحوّل إلى أيون الكربوكسيلات في وسط أساسي.

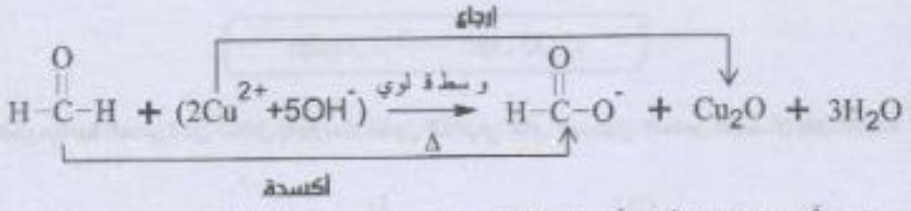
المعادلة العامة:

$$R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-H + (2Cu^{2+} + 5OH^{-}) \xrightarrow[\Delta]{\text{وسط قلوي}} R-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-O^{-} + Cu_2O + 3H_2O$$

ألدهيد — محلول فهلنغ — أيون الكربوكسيلات — أكسيد النحاس(I) راسب أحمر آجري — ماء

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الميثانال مع محلول فهلنغ، ثمّ حدّد تفاعل الأكسدة والإرجاع والعامل المؤكسد والعامل المرجع.

الجواب:



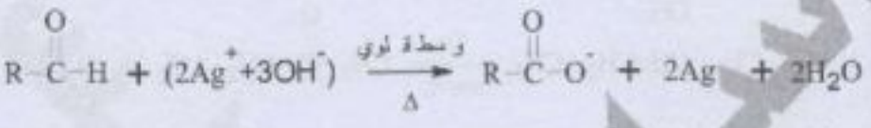
العامل المؤكسد: $(2Cu^{2+} + 5OH^-)$

العامل المُرجع: $(H-CHO)$

ثانيا: التفاعل مع كاشف تولن:

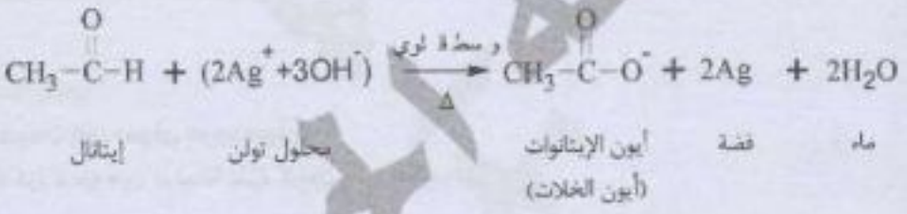
يُرجع الألدهيد أيونات الفضّة إلى الفضّة التي تترسّب على جدران الأنبوب مشكّلة مرآة فضيّة وتؤكسد أيونات الفضّة الألدهيد إلى حمض كربوكسيلي الذي يتحوّل إلى أيون الكربوكسيلات في وسط أساسي.

المعادلة العامة:



سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الإيتانال مع محلول تولن.

الجواب:



② تفاعل الضّم (الإضافة):

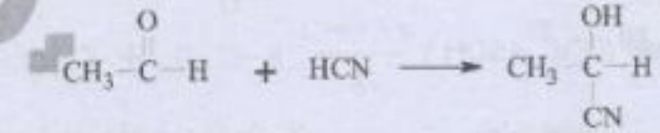
أعط تفسيراً علمياً: تستجيب الألدهيدات والكيتونات لتفاعلات الضم (الإضافة).

الجواب: لأنّ زمرة الكربونيل تحوي رابطتين (π , σ) حيث يحدث تفاعل الضّم (الإضافة) على الرابطة الأضعف (π).

* ضم سيانيد الهدروجين HCN:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل ضم سيانيد الهدروجين إلى الإيتانال، ثم سمّ المركب الناتج.

الجواب:



2- هدروكسي بروبان نتريل

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل ضم سيانيد الهدروجين إلى البروبانون (الأسيتون)، ثم سمّ المركب الناتج.

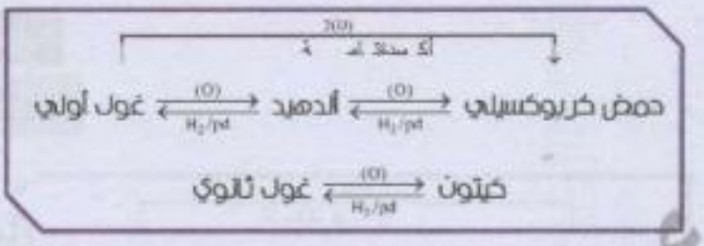
الجواب:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 + HCN \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{CN}{|}}{C}}-CH_3$$

2- هدروكسي -2- متيل بروبان نتريل

③ تفاعل الإرجاع:

تذكرة



سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إرجاع الألدهيد بالهدروجين بوجود البلاديوم كحفاز.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + 2(H) \xrightarrow{Pd} R-CH_2-OH$$

ألدهيد — غول أولي

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إرجاع الكيتون بالهدروجين بوجود البلاديوم كحفاز.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R' + 2(H) \xrightarrow{Pd} R-\overset{\overset{OH}{|}}{CH}-R'$$

كيتون — غول ثانوي

سؤال: يُرجع الكيتون بالهدروجين بوجود البلاديوم كحفاز، فينتج البوتان-2- ول. المطلوب: اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

توضيح السؤال: بوتان-2- ول $\xrightarrow{Pd}$ هدروجين + كيتون

الجواب:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3 + 2(H) \xrightarrow{Pd} CH_3-\overset{\overset{OH}{|}}{CH}-CH_2-CH_3$$

بوتان-2- ون (كيتون) — بوتان-2- ول (غول ثانوي)

④ التفاعل مع الهالوجينات:

يؤدي إضافة محلول البود المنحل في رباعي كلور الكربون ذو اللّون البنفسجي إلى الكيتون لزوال لون اليود، حيث يستبدل اليود بذرة الهدروجين المجاورة للزمرة الوظيفيّة.

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل البروم مع البروبانون (الأسيتون)، ثم سمّ المركب العضوي النّاتج.

الجواب:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{H_3O^+} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-Br + HBr$$

بروبانون (أسيتون) — 1- برومو بروبان-2- ون

الدرس الثالث: الحموض الكربوكسيلية

الصيغة العامة للحموض الكربوكسيلية

الصيغة العامة: $R-C(=O)-OH$ أو: $R-COOH$ الزمرة الوظيفية هي: $-COOH$

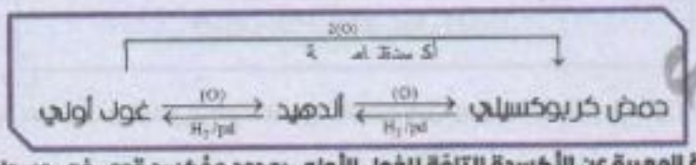
أعط تفسيراً علمياً: تفوق الصفة القطبية للحموض الكربوكسيلية مقارنة مع باقي المواد العضوية.

الجواب: لأن زمرة الكربوكسيل ($-COOH$) تحوي زمرتين قطبيتين هما: الهدروكسيل ($-OH$) والكربونيل ($C=O$).

تحضير الحموض الكربوكسيلية

① الأكسدة التامة للأغوال الأولية:

تذكرة



سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن الأكسدة التامة للغول الأولي بوجود مؤكسد قوي في وسط حمضي.

الجواب:

$$R-CH_2-OH + 2(O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} R-COOH + H_2O$$

غول أولي — حمض كربوكسيلي — ماء

② أكسدة الألدهيدات:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن أكسدة البروبانال، ثم سمّ المركب الناتج.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-C(=O)-H + (O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2CrO_4} CH_3-CH_2-C(=O)-OH$$

بروبانال — حمض البروبانويك

الخاصيات الكيميائية للحموض الكربوكسيلية

① الخاصية الحمضية:

تعود الصفة الحمضية لهذه المركبات إلى قطبية الرابطة $C=O$ التي تزيد من قطبية الرابطة ($O-H$) مما يؤدي إلى سهولة مغادرة البروتون H^+ في المحلول المائي.

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تأين الحمض الكربوكسيلي في الماء.

الجواب:

$$R-COOH + H_2O \rightleftharpoons R-COO^- + H_3O^+$$

حمض كربوكسيلي — ماء — أيون الكربوكسيلات — أيون الهدرونيوم

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تأين حمض الإيتانويك، وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظرية برونشتد - لوري.

الجواب:

$$CH_3-COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3-COO^- + H_3O^+$$

حمض الإيتانويك — ماء — أيون الإيتانوات — أيون الهدرونيوم

حمض (1) — أساس (2) — أساس مرافق (1) — حمض مرافق (2)

أ. أسامة الحصري

a) التفاعل مع الأسس:

ماء + ملح ⟵ أساس + حمض

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع هدروكسيد الصوديوم، ثمّ سمّ المركب العضوي النّاتج.

الجواب:

$$R-COOH + NaOH \longrightarrow R-COONa + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — هدروكسيد الصوديوم — كربوكسيلات الصوديوم — ماء

b) التفاعل مع المعادن:

غاز الهدروجين + ملح ⟵ معدن + حمض

مثال (1): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع المغنزيوم، ثمّ سمّ المركب العضوي النّاتج.

الجواب:

$$2R-COOH + Mg \longrightarrow (R-COO)_2Mg + H_2$$

حمض كربوكسيلي — معدن المغنزيوم — كربوكسيلات المغنزيوم — غاز الهدروجين

مثال (2): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل حمض الميتانويك مع الحديد، ثمّ سمّ المركب العضوي النّاتج.

الجواب:

$$2H-COOH + Fe \longrightarrow (H-COO)_2Fe + H_2$$

حمض الميتانويك (حمض النمل) — معدن الحديد — ميتانوات الحديد (II) نملات الحديد (II) — غاز الهدروجين

ينطلق غاز الهدروجين الذي يحترق بلهب أزرق مع سماع صوت فرقعة خفيفة.

c) التفاعل مع الأملاح:

حمض جديد + ملح جديد ⟵ ملح + حمض

مثال (1): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل حمض الإيتانويك (حمض الخل) مع كربونات الصوديوم، ثمّ سمّ المركب العضوي النّاتج.

الجواب:

$$2CH_3-COOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2CH_3-COONa + H_2O + CO_2$$

حمض الإيتانويك (حمض الخل) — كربونات الصوديوم — إيتانوات الصوديوم خلات الصوديوم — ماء — غاز ثنائي أكسيد الكربون

مثال (2): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل حمض الميتانويك (حمض النمل) مع كربونات الكالسيوم، ثمّ سمّ المركب العضوي النّاتج.

الجواب:

$$2H-COOH + CaCO_3 \longrightarrow (H-COO)_2Ca + H_2O + CO_2$$

حمض الميتانويك (حمض النمل) — كربونات الكالسيوم — ميتانوات الكالسيوم (نملات الكالسيوم) — ماء — غاز ثنائي أكسيد الكربون

ينطلق غاز ثنائي أكسيد الكربون الذي يعكّر رائق الكلس.

② التفاعل مع النّشادر:

سؤال: تتفاعل الحموض الكربوكسيلية مع النّشادر وينتج ملح كربوكسيلات الأمونيوم الذي يتفكّك بالتّسخين إلى الأميد الموافق والماء.

المطلوب: اكتب المعادلات الكيميائية المعبرة عن التّفاعلات الحاصلة.

الجواب:

$$R-COOH + NH_3 \longrightarrow R-COO^-NH_4^+ \xrightarrow{\Delta} R-CO-NH_2 + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — نشادر — ملح كربوكسيلات الأمونيوم — أميد — ماء

③ تفاعل البلمهة ما بين الجزيئية:

يتم فيها نزع جزيئة ماء من جزيئتين من الحمض بوجود خماسي أكسيد الفوسفور ويتشكل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي.

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل البلمهة ما بين الجزيئية للحموض الكربوكسيلية، مع ذكر الحفاز.

الجواب:

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH \xrightarrow{P_2O_5} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — حمض كربوكسيلي — بلا ماء الحمض الكربوكسيلي — ماء

الحفاز: خماسي أكسيد الفوسفور P_2O_5

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل البلمهة ما بين الجزيئية لحمض الإيتانويك، ثمّ سمّ المركب النّاتج.

الجواب:

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH \xrightarrow{P_2O_5} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + H_2O$$

حمض الإيتانويك — حمض الإيتانويك — بلا ماء الحمض الإيتانويك — ماء

④ التفاعل مع خماسي كلور الفوسفور:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع خماسي كلور الفوسفور، ثمّ سمّ النّواتج.

الجواب:

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + PCl_5 \longrightarrow R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl + POCl_3 + HCl$$

حمض كربوكسيلي — خماسي كلور الفوسفور — كلور الأسيل (كلور الحمض الكربوكسيلي) — فوسفوريل كلوريد (أوكسي كلور الفوسفور)

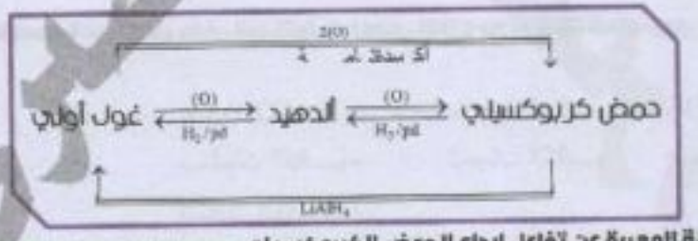
سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل حمض الإيتانويك مع خماسي كلور الفوسفور، ثمّ سمّ النّواتج.

الجواب:

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl + POCl_3 + HCl$$

حمض الإيتانويك — كلور الأستيل (أوكسي كلور الفوسفور)

⑤ تفاعلات الإرجاع:



سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إرجاع الحمض الكربوكسيلي بوجود رباعي هدريد الليثيوم والألمنيوم، ثمّ سمّ النّواتج.

الجواب:

$$R-COOH + 4(H) \xrightarrow{LiAlH_4} R-CH_2-OH + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — غول أولي — ماء

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إرجاع الحمض الكربوكسيلي بالهدروجين وبوجود البلاديوم كحفاز، ثمّ سمّ النّواتج.

الجواب:

$$R-COOH + 2(H) \xrightarrow{Pd} R-CHO + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — ألدهيد — ماء

الدرس الرابع: مشتقات الحموض الكربوكسيلية
٦- الأسترات

الصيغة العامة والزمرة الوظيفية للأسترات

الصيغة العامة: $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R'$ أو: $R-COO-R'$ الزمرة الوظيفية هي: $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$

- تختلف الأسترات عن الحموض الكربوكسيليّة بأنّ: ($R' \neq H$). حيث (R) جذر الكيليّ ويمكن أن يكون ذرة هدروجين.

تحضير الأسترات

① تفاعل الحموض الكربوكسيلية مع الأغوال (تفاعل الأسترة):

يسمّى تفاعل الحمض الكربوكسيليّ مع الغول بتفاعل الأسترة. يحدث على الرابطة $C-O$ في الحمض وعلى الرابطة $O-H$ في الغول.

المعادلة العامة:

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + R'-OH \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R' + H_2O$$

حمض كربوكسيلي — غول — إستر — ماء

اسم التفاعل: أسترة.

اسم الوسيط: حمض الكبريت.

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل حمض الميتانوئيك مع البروبان -1- ول، وسمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + CH_3-CH_2-CH_2-OH \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_2-CH_3 + H_2O$$

حمض الميتانوئيك — بروبان -1- ول — ميتانوات نظامي البروبيل — ماء

② تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع الغول (أو الفينول):

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تفاعل كلور الأستيل مع الفينول، ثم سمّ النواتج.

الجواب:

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl + C_6H_5-OH \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-C_6H_5 + HCl$$

كلور الأستيل — فينول — إيتانوات الفنيل — غاز كلور الهدروجين

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل كلور الأستيل مع الإيتانول، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl + CH_3-CH_2-OH \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3 + HCl$$

كلور الأستيل — إيتانول — إيتانوات الإيتل — غاز كلور الهدروجين

③ تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الغول:

المعادلة العامة:

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R + R'-OH \rightleftharpoons R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R' + R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

بلا ماء الحمض الكربوكسيلي — غول — إستر — حمض كربوكسيلي

أ. أسامة الحصري

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل بلا ماء حمض الميثانويك مع الإيثانول، ثم سمّ الناتج.

الجواب:

بلا ماء حمض الميثانويك — إيثانول — ميثانوات الإيثيل — حمض الميثانويك

الخاصيات الكيميائية للأسترات

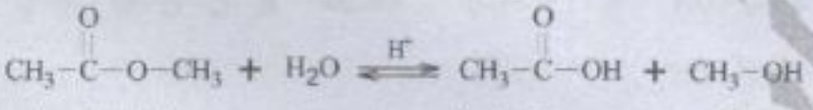
① حلمهة الأسترات:

المعادلة العامة:

إستر — ماء — حمض كربوكسيلي — غول

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل حلمهة إيثانوات الميثيل، وسمّ المركبات العضوية الناتجة.

الجواب:



إيثانوات الميثيل — ماء — حمض الإيثانويك — ميثانول

② تفاعل الأسترات مع القلويات:

يتفاعل الإستر مع هدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم تفاعلاً تاماً معطياً الغول وملح الحمض الكربوكسيلي الموافق.

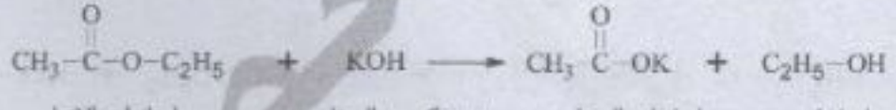
مثال (1): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الأستر مع هدروكسيد الصوديوم.

الجواب:

إستر — هدروكسيد الصوديوم — كربوكسيلات الصوديوم — غول

مثال (2): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إيثانوات الإتيل مع هدروكسيد البوتاسيوم.

الجواب:

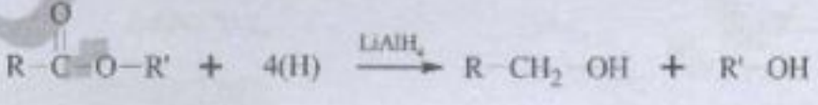


إيثانوات الإتيل — هدروكسيد البوتاسيوم — إيثانوات البوتاسيوم (خلات البوتاسيوم) — إيثانول

③ إرجاع الأسترات:

تُرجَع الأسترات بوجود رباعي هدريد الليثيوم والألمنيوم إلى الأغوال الموافقة لكلّ منها.

المعادلة العامة:



إستر — غول أولي — غول

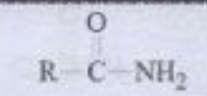
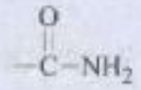
مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إرجاع ميثانوات الإتيل بوجود رباعي هدريد الليثيوم والألمنيوم، ثم سمّ الناتج.

الجواب:

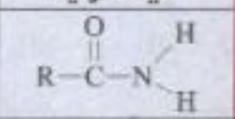
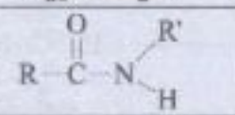
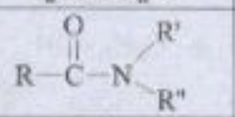
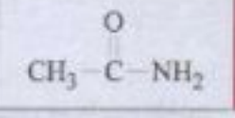
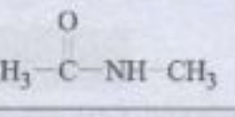
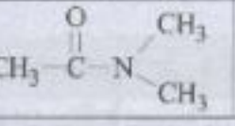
ميثانوات الإتيل — ميثانول — إيثانول

الدرس الرابع: مشتقات الحموض الكربوكسيلية
2- الأميدات

الصيغة العامة والزمرة الوظيفية للأميدات

الصيغة العامة:  أو: $R-CO-NH_2$ الزمرة الوظيفية هي: 

تصنيف الأميدات

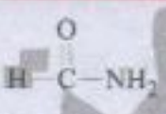
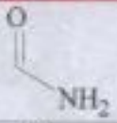
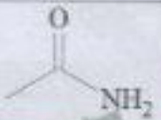
التصنيف	أميدات أولية	أميدات ثانوية	أميدات ثالثية
الصيغة العامة			
مثال			

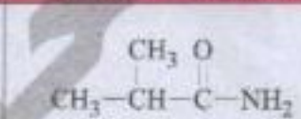
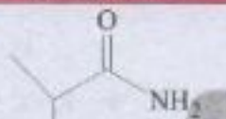
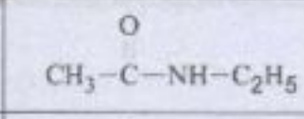
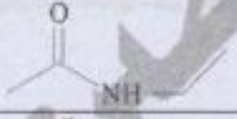
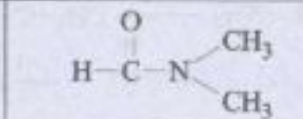
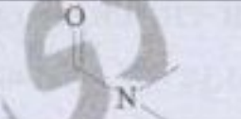
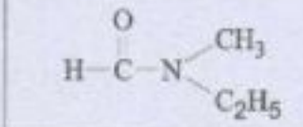
تسمية الأميدات

① نرقّم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الأميدية.

② نكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها. وإذا كان المتبادل مرتبط بذرة النّتروجين يُسبق بالحرف N.

③ نضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية ونتبعه باللاحقة (أميد).

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية	الاسم الشائع
ميتان أميد			فورم أميد
إيتان أميد			أسيت أميد

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية
2- متيل بروبان أميد		
N- إتيل إيتان أميد		
N,N- ثنائي متيل ميتان أميد		
N- إتيل -N- متيل ميتان أميد		

تحضير الأميدات

① تفاعل الأستر مع النشادر:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تفاعل الأستر مع النّشادر بالتّسخين.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R' + NH_3 \xrightarrow{\Delta} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2 + R'-OH$$

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تفاعل إيثانوات الإتيل مع النّشادر بالتّسخين، ثمّ سمّ النواتج.

الجواب:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5 + NH_3 \xrightarrow{\Delta} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2 + C_2H_5-OH$$

إيثانوات الإتيل — النّشادر — إيثان أميد — إيثانول

② تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع الأمين الأوّلي:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع الأمين الأوّلي.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-Cl + R'-NH_2 \longrightarrow R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH\,R' + HCl$$

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل كلور الأستيل مع النشادر، ثم سمّ المركّب العضوي النّاتج.

الجواب:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-Cl + NH_3 \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2 + HCl$$

كلور الأستيل — النشادر — إيثان أميد

③ تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R + R'-NH_2 \longrightarrow R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH-R' + R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل بلا ماء حمض الإيثانويك مع إيثان أمين، ثم سمّ المركبات العضوية الناتجة.

الجواب:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 + CH_3-CH_2-NH_2 \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH-CH_2-CH_3 + CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

بلا ماء حمض الإيثانويك — إيثان أمين — *N*- إثيل إيثان أميد — حمض الإيثانويك

الخاصيات الكيميائية للأميدات

① إرجاع الأميدات:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إرجاع الأميدات بوجود رباعي هدريد الليثيوم والألمنيوم.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2 + 4(H) \xrightarrow{LiAlH_4} R-CH_2-NH_2 + H_2O$$

أميد — أمين — ماء

② حلمهة الأميدات:

ينتج عن حلمهة الأميد الأولي في وسط حمضي، الحمض الكربوكسيلي الموافق والنشادر.

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل حلمهة الأميد في وسط حمضي.

الجواب:

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2 + H_2O \xrightarrow{H_3O^+} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + NH_3$$

أميد — ماء — حمض كربوكسيلي — نشادر

الدرس الخامس: الأمينات

الصيغة العامة والزمرة الوظيفية للأمينات

الصيغة العامة: $R-NH_2$ الزمرة الوظيفية هي: $-N<$

الأمينات مركبات عضوية مشتقة من النشادر (الأمونيا) حيث يحل جذر ألكيلي R أو أكثر أو جذر أزيل Ar أو أكثر محل ذرة هدروجين أو أكثر.

تصنيف الأمينات

التصنيف	أمينات أولية	أمينات ثانوية	أمينات ثالثية
الصيغة العامة	$R-\underset{H}{\overset{H}{N}}$	$R-\underset{H}{\overset{R'}{N}}$	$R-\underset{R''}{\overset{R'}{N}}$
أمثلة	$CH_3-\underset{H}{\overset{H}{N}}$	$CH_3-\underset{H}{\overset{CH_3}{N}}$	$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{N}}$

تسمية الأمينات

① نرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من الطرف الأقرب للزمرة الأمينية.

② نكتب اسم كل فرع (متبادل) إن وُجد مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها، وإذا كان المتبادل مرتبط بذرة النتروجين يسبق بالحرف N.

③ نكتب رقم ذرة الكربون المرتبطة بها ذرة النتروجين يعد اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم نكتب اللاحقة (أمين).

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية
ميتان أمين	CH_3-NH_2	$-NH_2$
إيتان أمين	$CH_3-CH_2-NH_2$	NH_2
بروبان -2- أمين	$CH_3-\underset{NH_2}{CH}-CH_3$	NH_2
3- ميتيل بوتان -2- أمين	$CH_3-\underset{NH_2}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-CH_3$	NH_2
N- ميتيل ميتان أمين	$CH_3-NH-CH_3$	$-NH-$
N- ميتيل بروبان -1- أمين	$CH_3-CH_2-CH_2-NH-CH_3$	$NH-$
N,N- ثنائي ميتيل إيتان -1- أمين	$CH_3-\underset{CH_3}{N}-CH_2-CH_3$	N

بعض طرق تحضير الأمينات

① تفاعل النشادر مع هاليد الألكيل:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل هاليد الألكيل مع النشادر في شروط مناسبة.

الجواب:

$$R-X + NH_3 \longrightarrow R-NH_2 + HX$$

هاليد الألكيل — نشادر — أمين

مثال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل يودو الإيتان مع النشادر في شروط مناسبة، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-I + NH_3 \longrightarrow CH_3-CH_2-NH_2 + HI$$

يودو الإيتان — نشادر — إيتان أمين — غاز يود الهدروجين

② تفاعل الغول مع النشادر:

مثال (1): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الميتانول مع النشادر في شروط مناسبة، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

الجواب:

$$CH_3-OH + NH_3 \xrightarrow{Al_2O_3} CH_3-NH_2 + H_2O$$

ميتانول — نشادر — ميتان أمين — ماء

الوسيط: أكسيد الألمنيوم Al_2O_3

مثال (2): اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل الميتانول مع ميتان أمين في شروط مناسبة وبوجود أكسيد الألمنيوم كوسيط، ثم صنّف الأمين الناتج (أولي، ثانوي، ثالثي).

الجواب:

$$CH_3-OH + CH_3-NH_2 \xrightarrow{Al_2O_3} CH_3-NH-CH_3 + H_2O$$

ميتانول — ميتان أمين — *N*- مثيل ميتان أمين (أمين ثانوي) — ماء

③ إرجاع النتريلات:

سؤال: اكتب معادلة تفاعل إرجاع بروبان نتريل بوجود الهدروجين على سطح حفاز من النيكل وسمّ المركب الناتج.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-CN + 4(H) \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$$

بروبان نتريل — بروبان أمين

الخاصيات الكيميائية للأمينات

أعط تفسيراً علمياً: تعتبر الأمينات أسس ضعيفة.

الجواب: لأنّ الأمينات تحوي زوج الكتروني حر على ذرة النتروجين، فهي قادرة على منحه أو استقبال بروتون.

① تأين الأمينات في الماء:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تأين الأمين الأولي في الماء.

الجواب:

$$R-NH_2 + H_2O \rightleftharpoons R-NH_3^+ + OH^-$$

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تأين إيتان أمين.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3-CH_2-NH_3^+ + OH^-$$

② تفاعل الأمينات مع الحموض:

سؤال: اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل إيتان أمين مع حمض كلور الماء.

الجواب:

$$CH_3-CH_2-NH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-CH_2-NH_3^+ + Cl^-$$

تعاليل الكيمياء العضوية

* الرابطة الهدروجينيّة:

1. تستطيع الأغوال تشكيل روابط هدروجينية بين جزيئاتها.

الجواب: بسبب وجود ذرة هدروجين مرتبطة بذرة شديدة الكهرسلبيّة.

2. تستطيع الأميدات الأولية والثانوية تشكيل روابط هدروجينية بين جزيئاتها.

الجواب: بسبب وجود ذرة هدروجين مرتبطة بذرة شديدة الكهرسلبيّة.

3. لا تستطيع الأميدات الثالثية تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها.

الجواب: بسبب عدم وجود ذرة هدروجين مرتبطة بذرة شديدة الكهرسلبيّة.

4. لا تستطيع الأسترات تشكيل روابط هدروجينية بين جزيئاتها.

الجواب: بسبب عدم وجود ذرة هدروجين مرتبطة بذرّة شديدة الكهرسلبيّة.

5. المركب *N,N* - ثنائي ميثيل إيتان أميد غير قادر على تشكيل روابط هدروجينية بين جزيئاته.

الجواب: بسبب عدم وجود ذرّة هدروجين مرتبطة بذرة شديدة الكهرسلبيّة.

* درجة الغليان:

1. درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألدهيدات والكيتونات الموافقة لها.

الجواب: لأنّ قطبيّة الرابطة ($O-H$) في الأغوال أقوى من قطبيّة الرابطة ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$) في الألدهيدات والكيتونات. إضافةً إلى أنّ الأغوال تستطيع تشكيل رابطة هدروجينيّة بين جزيئاتها، بينما لا تستطيع الألدهيدات والكيتونات تشكيل هذه الرابطة بين جزيئاتها.

2. درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة لها بعدد ذرات الكربون.

الجواب: لأنّ قطبية الرابطة ($O-H$) في الأغوال أقوى من قطبيّة الروابط في الألكانات. إضافةً إلى أنّ الأغوال تستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها، بينما لا تستطيع الألكانات تشكيل هذه الرّوابط بين جزيئاتها.

3. درجة غليان الحموض الكربوكسيلية أعلى من درجة غليان الألدهيدات الموافقة.

الجواب: لأنّ قطبية الرّابطة ($-COOH$) في الحموض الكربوكسيليّة أقوى من قطبيّة الرابطة ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$) في الألدهيدات. إضافةً إلى أنّ الحموض الكربوكسيليّة تستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها، بينما لا تستطيع الألدهيدات تشكيل هذه الرّوابط.

4. درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من درجة غليان الإيترات الموافقة لها.

الجواب: لأن قطبيّة الرّابطة ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$) في الألدهيدات والكيتونات أقوى من قطبيّة الرابطة ($C-O-C$) في الإيترات.

5. درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة لها.

الجواب: لأنّ قطبيّة الرّابطة ($-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$) في الألدهيدات والكيتونات أقوى من قطبيّة الروابط في الألكانات.

6. درجة غليان الحموض الكربوكسيلية أعلى من درجة غليان الأسترات الموافقة لها.

الجواب: لأنّ الحموض الكربوكسيليّة تستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها، بينما لا تستطيع الأسترات تشكيل هذه الروابط.

7. درجة غليان الأمينات الأولية والثانوية أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة لها.

الجواب: لأنّ الأمينات الأوليّة والثانويّة تستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها ، بينما لا تستطيع الألكانات تشكيل هذه الروابط.

8. ارتفاع درجة غليان الحموض الكربوكسيليّة مقارنةً بالمواد العضويّة الموافقة لها بعدد ذرات الكربون.

الجواب: يعود ذلك لسببين:

a) تفوّق الصّفة القطبيّة للحموض الكربوكسيليّة حيث أنّ زمرة الكربوكسيل $-COOH$ تحتوي على زمرتين قطبيتين هما: الهدروكسيل $-OH$ والكربونيل $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$.

b) تشكيل رابطتين هدروجينيّتين بين كل جزيئين من الحمض الكربوكسيلي.

* المزوجية (الانحلالية) في الماء:

1. **الحدود الأولى من الأغوال سوائل مزوجية بالماء وتنحل في الماء بكافة النسب.**

الجواب: لأنّ الأغوال تستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها وجزيئات الماء.

2. **يتمازج (ينحل) الإيتانول في الماء بالنّسب كافّة.**

الجواب: لأنّ الإيتانول يستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاته وجزيئات الماء.

3. **تتمازج الحموض الكربوكسيلية التي تحوي (1-4) ذرات كربون في الماء بالنسب كافّة.**

الجواب: لأنّ الحموض الكربوكسيلية تستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاتها وجزيئات الماء.

4. **مزوجية ميتان أمين شديدة في الماء.**

الجواب: لأنّ ميتان أمين يستطيع تشكيل روابط هدروجينيّة بين جزيئاته وجزيئات الماء. بالإضافة إلى قطبيّة روابطه.

5. **تتمازج الألدهيدات والكيتونات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة في الماء.**

الجواب: بسبب الصّفة القطبيّة لزمرة الكربونيل.

* تتناقص المزوجية (الانحلالية) في الماء بازدياد الكتلة المولية M:

1. **تتناقص مزوجية الأغوال في الماء بازدياد كتلتها المولية (الجزيئية).**

الجواب: بسبب ازدياد تأثير الجزء غير القطبيّ (R) ونقصان تأثير الجزء القطبيّ ($-OH$).

2. **تتناقص مزوجية الألدهيدات والكيتونات تدريجياً مع ازدياد كتلتها الجزيئيّة.**

الجواب: بسبب ازدياد تأثير الجزء غير القطبيّ (R) ونقصان تأثير الجزء القطبيّ ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$).

3. **يتناقص تمازج الحموض الكربوكسيلية في الماء بازدياد كتلتها المولية (الجزيئية).**

الجواب: بسبب ازدياد تأثير الجزء غير القطبيّ (R) ونقصان تأثير الجزء القطبيّ ($-COOH$).

4. **الهكسان -1- ول أقل مزوجية في الماء من الإيتانول.**

الجواب: بسبب ازدياد تأثير الجزء غير القطبيّ (R) ونقصان تأثير الجزء القطبيّ ($-OH$) في الهكسان -1- ول.

* تعاليل عامة:

1. **تتفاعل الأغوال مع المعادن النّشيطة كيميائياً.**

الجواب: لأنّ المعادن النشيطة كيميائياً تستطيع إزاحة الهدروجين في الرابطة ($O-H$) في الأغوال.

2. **سهولة أكسدة الألدهيدات إلى حموض كربوكسيليّة.**

الجواب: بسبب وجود ذرّة هدروجين مرتبطة بذرّة كربون زمرة الكربونيل.

3. **تقاوم الكيتونات تفاعل الأكسدة.**

الجواب: بسبب عدم وجود ذرّة هدروجين مرتبطة بذرّة كربون زمرة الكربونيل.

4. **تستجيب الألدهيدات والكيتونات لتفاعلات الضم (الإضافة).**

الجواب: لأنّ زمرة الكربونيل تحوي رابطتين (σ ، π) حيث يحدث تفاعل الضّم (الإضافة) على الرابطة الأضعف (π).

5. **تفوّق الصفة القطبية للحموض الكربوكسيلية مقارنة مع باقي المواد العضوية.**

الجواب: لأن زمرة الكربوكسيل ($-COOH$) تحوي زمرتين قطبيّتين هما: الهدروكسيل ($-OH$) والكربونيل ($C=O$).

المسألة الأولى: دورة 2009

محلول مائيّ لحمض الخل تركيزه $0.05\ mol.L^{-1}$ وقيمة ثابت تأيّنه 2×10^{-5}. المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض وحدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) حسب نظريّة برونشتد - لوري.
2. احسب قيمة pH المحلول.
3. احسب قيمة درجة تأيّن هذا الحمض.
4. للحصول على 5 L من محلول حمض الخل السّابق يُؤكسد الإيتانول أكسدة تامّة:
   a) اكتب المعادلة الكيميائيّة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.
   b) احسب كتلة الإيتانول اللازمة لذلك.

علماً أنّ: H:1 , O:16 , C:12

الحل:

1.
$$\underset{\text{حمض مرافق(2)}}{CH_3COOH} + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{أساس مرافق(1)}}{CH_3COO^-} + \underset{\text{أساس(2)}}{H_3O^+} \quad \text{حمض(1)}$$

2. بما أنّ الحمض ضعيف يكون:
$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a C_a}$$
$$[H_3O^+] = \sqrt{2\times10^{-5}\times0.05}$$
$$[H_3O^+] = 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$
$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(10^{-3}) = 3$$

3. حساب درجة تأيّن هذا الحمض:
$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} = \frac{10^{-3}}{0.05} = 0.02$$
وكنسبة مئويّة: $\alpha\% = 0.02\times100\% = 2\%$

4. $\text{حمض الخل} \longrightarrow \text{إيتانول} \quad \begin{pmatrix} C_a = 0.05\ mol.L^{-1} \\ V = 5\ L \end{pmatrix}$

(a
$$CH_3-CH_2-OH + 2(O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + H_2O$$

b) نحسب أولاً عدد مولات حمض الخل الناتج:
$$n = C_{mol.L^{-1}}\cdot V = 0.05\times5 = 0.25\ mol$$

$$CH_3-CH_2-OH + 2(O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + H_2O$$

46 g — 1 mol

m g — 0.25 mol

$$\Rightarrow m = \frac{46\times0.25}{1}$$
$$\boxed{\Rightarrow m = 11.5\ g}$$

المسألة الثانية:

محلول مائيّ للميتان أمين تركيزه $0.5\ mol.L^{-1}$ وقيمة pH = 12. المطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّنه، ثم حدّد عليها الأزواج المترافقة (أساس/حمض) بحسب نظريّة برونشتد – لوري.
2. احسب قيمة درجة تأيّنه.
3. احسب قيمة ثابت تأيّنه.

H:1 , C:12 , N:14 , O:16

الحل:

1.
$$\underset{\text{أساس مرافق(2)}}{CH_3-NH_2} + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{حمض مرافق(1)}}{CH_3-NH_3^+} + \underset{\text{حمض(2)}}{OH^-} \quad \text{أساس(1)}$$

2.
$$pH = 12 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-12}\ mol.L^{-1}$$
حسب عبارة ثابت تأيّن الماء:
$$K_w = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$
$$\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b} = \frac{10^{-2}}{0.5}$$
$$\boxed{\Rightarrow \alpha = 0.02}$$
وكنسبة مئويّة:
$$\alpha\% = 0.02\times100\% = 2\%$$

3.
$$[OH^-] = \sqrt{K_b C_b}$$
نربّع الطّرفين ثمّ نعزل:
$$\Rightarrow K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b} = \frac{(10^{-2})^2}{0.5}$$
$$\boxed{\Rightarrow K_b = 2\times10^{-4}}$$

المسألة الثالثة:

نأخذ 50 mL من محلول الإيتانول ونضيف إليه كمية مناسبة من البوتاسيوم. فينطلق غاز حجمه في الشرطين النظاميين 224 mL.

المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
2. احسب تركيز محلول الإيتانول مقدراً بـ $mol.L^{-1}$ و $g.L^{-1}$
3. لتحضير 5 L من محلول الإيتانول السابق نضم الماء إلى الإيتن. المطلوب:

a) اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

b) احسب حجم غاز الإيتن اللازم في الشرطين النظاميين.

علماً أنّ: K:39 , C:12 , O:16 , H:1

الحل:

1 و 2

$$CH_3-CH_2-OH + K \rightarrow CH_3-CH_2-OK + \frac{1}{2}H_2$$

1 mol — $\frac{1}{2}\times 22.4$ L

n mol — 0.224 L

$$\Rightarrow n = \frac{1\times 0.224}{\frac{1}{2}\times 22.4}$$

$$\boxed{\Rightarrow n = 0.02 \text{ mol}}$$

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} = \frac{0.02}{50\times 10^{-3}}$$

$$\boxed{C_{mol.L^{-1}} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$C_{g.L^{-1}} = C_{mol.L^{-1}} . M_{(CH_3-CH_2-OH)}$$

$$C_{g.L^{-1}} = 0.4\times 46$$

$$\boxed{C_{g.L^{-1}} = 18.4 \text{ g.L}^{-1}}$$

حيث: $M_{(C_2H_5-OH)} = 12(2)+1(5)+16+1 = 46 \text{ g.mol}^{-1}$

3 إيتانول $\left(\begin{matrix} C = 0.4 \text{ mol.L}^{-1} \\ V = 5 \text{ L} \end{matrix}\right)$ ⟶ ماء + إيتن

a) معادلة التفاعل الحاصل:

$$CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH_2-OH$$

b) نحسب أولاً عدد مولات الإيتانول:

$$n = C_{mol.L^{-1}} . V = 0.4\times 5$$

$$\boxed{\Rightarrow n = 2 \text{ mol}}$$

$$CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH_2-OH$$

22.4 L — 1 mol

V L — 2 mol

$$\Rightarrow V = \frac{22.4\times 2}{1}$$

$$\boxed{\Rightarrow V = 44.8 \text{ L}}$$

المسألة الرابعة:

نعامل 6 g من حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة مع ملح كربونات الصوديوم فينطلق غاز حجمه 1.12 L في الشرطين النظاميين. المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل. واحسب الكتلة المولية للحمض.
2. أوجد الصيغة نصف المنشورة للحمض وسمه.
3. يُحل 3 g من الحمض السابق في 1 L من الماء المقطر. فإذا علمت أنّ درجة تأين هذا الحمض 2 %. المطلوب:

احسب pH المحلول.

علماً أنّ: C:12 , O:16 , H:1

الحل:

1

$$2R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-ONa + H_2O + CO_2$$

$2\times M$ g — 22.4 L

6 g — 1.12 L

$$\Rightarrow M = \frac{6\times 22.4}{1.12\times 2} = 60 \text{ g.mol}^{-1}$$

2

$$R-COOH = 60 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$R+12+16+16+1 = 60$$

$$R = 15$$

$$C_nH_{2n+1} = 15$$

$$12n+2n+1 = 15$$

$$14n = 14 \Rightarrow n = 1$$

$$\boxed{\Rightarrow n = 1}$$

$\Rightarrow R: CH_3-$ جذر ميثيل

فتكون صيغة الحمض الكربوكسيلي:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

حمض الإيثانويك

3

$$C_{g.L^{-1}} = \frac{m}{V} = \frac{3}{1} = 3 \text{ g.L}^{-1}$$

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{C_{g.L^{-1}}}{M} = \frac{3}{60} = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} \Rightarrow \frac{2}{100} = \frac{[H_3O^+]}{0.05}$$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = \frac{2\times 0.05}{100} = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(10^{-3})$$

$$\boxed{\Rightarrow pH = 3}$$

المسألة الخامسة:

نعامل 10 mL من محلول الإيتانال تركيزه $0.5\ mol.L^{-1}$ بكمية كافية من محلول فهلنغ فيتكوّن راسب أحمر آجري من أكسيد النحاس I. المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل واحسب كتلة الراسب.
2. للحصول على 5 L من محلول الإيتانال السابق يؤكسد الإيتانول بنزع الهدروجين بوجود النحاس المسخن كوسيط. المطلوب:

a) اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

b) احسب كتلة الإيتانول اللازمة لذلك.

علماً أنّ: Cu:64 , C:12 , O:16 , H:1

الحل:

1

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + (2Cu^{2+}+5OH^-) \xrightarrow[\Delta]{\text{وسط قلوي}} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^- + Cu_2O + 3H_2O$$

نحسب أولاً عدد مولات الإيتانال:

$$n = C_{mol.L^{-1}} \cdot V = 0.5 \times 10 \times 10^{-3}$$

$$\Rightarrow n = 5 \times 10^{-3}\ mol$$

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + (2Cu^{2+}+5OH^-) \xrightarrow[\Delta]{\text{وسط قلوي}} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^- + Cu_2O + 3H_2O$$

1 mol — 144 g

5×10^{-3} mol — m g

$$\Rightarrow m = \frac{5\times10^{-3}\times144}{1} = 0.72\ g$$

2

(a

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[300\ ^\circ C]{Cu} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + H_2$$

(b

نحسب أولاً عدد مولات الإيتانال:

$$n = C_{mol.L^{-1}} \cdot V = 0.5 \times 5$$

$$\Rightarrow n = 2.5\ mol$$

$$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[300\ ^\circ C]{Cu} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + H_2$$

46 g — 1 mol

x g — 2.5 mol

$$\Rightarrow x = \frac{2.5\times46}{1} = 115\ g$$

وهي كتلة الإيتانول.

المسألة السادسة:

يتفاعل غول وحيد الوظيفة مع الصوديوم. فينتج ملح كتلته $\frac{34}{23}$ من كتلة الغول. المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبّرة عن التفاعل.
2. احسب الكتلة المولية (الجزيئية) للغول.
3. استنتج الصيغة نصف المنشورة والصيغة المجملة للغول، وسمه حسب قواعد الـ IUPAC.

علماً أنّ: C:12 , O:16 , H:1 , Na:23

الحل:

1 و 2

$$R-OH + Na \longrightarrow R-ONa + \frac{1}{2}H_2$$

M g — $(M+22)$ g

x g — $(\frac{34}{23}x)$ g

$$M(\frac{34}{23}x) = x(M+22)$$

$$\frac{34}{23}M = M + 22$$

$$\frac{34}{23}M - M = 22$$

$$\Rightarrow M = 46\ g.mol^{-1}$$

3

$$R-OH = 46$$

$$R+16+1 = 46$$

$$R = 29$$

$$C_nH_{2n+1} = 29$$

$$12n+2n+1 = 29$$

$$\Rightarrow n = 2$$

$$\Rightarrow R: C_2H_5-$$

فتكون الصيغة نصف المنشورة للغول:

$$CH_3-CH_2-OH$$

إيتانول

والصيغة المجملة للغول:

$$C_2H_6O$$

المسألة السابعة:

غول أولي مشبع وحيد الوظيفة $R-CH_2-OH$ يؤكسد أكسدة تامة. ثم يُعامل ناتج الأكسدة مع هدروكسيد البوتاسيوم فينتج ملحاً كتلته $\frac{56}{37}$ من كتلة ناتج الأكسدة.

المطلوب: ❶ اكتب معادلات التفاعلات الحاصلة.

❷ استنتج صيغة ناتج الأكسدة وسمّه.

❸ استنتج صيغة الغول المُستعمَل. وسمّه.

علماً أنّ: H:1 , C:12 , O:16 , K:39

الحل: ❶

$$R-CH_2-OH + 2(O) \xrightarrow[H_2SO_4]{K_2Cr_2O_7} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + H_2O$$

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + KOH \longrightarrow R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OK + H_2O$$

❷

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + KOH \longrightarrow R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OK + H_2O$$

M g — $(M+38)$ g

x g — $(\frac{56}{37}x)$ g

$$M(\frac{56}{37}x) = x(M+38)$$

$$\frac{56}{37}M - M = 38$$

$$\frac{19}{37}M = 38$$

$$\boxed{\Rightarrow M = 74\ g.mol^{-1}}$$

وهي الكتلة المولية للحمض الكربوكسيلي.

❸

$$R-COOH = 74\ g.mol^{-1}$$

$$R+12+16+16+1=74$$

$$R=29$$

$$C_nH_{2n+1}=29$$

$$12n+2n+1=29$$

$$\boxed{\Rightarrow n=2}$$

$\Rightarrow R: C_2H_5-$ جذر إتيل

فتكون صيغة ناتج الأكسدة (الحمض الكربوكسيلي):

$$CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

حمض البروبانوئيك

وتكون صيغة الغول المستعمل:

$$CH_3-CH_2-CH_2-OH$$

بروبان -1- ول

المسألة الثامنة:

يُمرّر بخار غول أولي على مسحوق النحاس المسخّن إلى الدرجة $300\ ^\circ C$. فيتشكّل $2.2\ g$ من الدهيد. ثم يُعامل هذا الألدهيد مع كافية من محلول تولن. فيتشكّل راسب كتلته $10.8\ g$.

المطلوب:

❶ اكتب المعادلتين المعبّرتين عن التفاعلين الحاصلين.

❷ احسب الكتلة المولية لكلّ من الألدهيد والغول.

❸ استنتج الصيغة نصف المنشورة لكلّ من الألدهيد والغول. واكتب اسم كل منهما.

علماً أنّ: Ag:108 , C:12 , O:16 , H:1

الحل:

❶

$$R-CH_2-OH \xrightarrow[300\ ^\circ C]{Cu} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + H_2$$

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + (2Ag^+ + 3OH^-) \xrightarrow[\Delta]{\text{وسط أمو}} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^- + 2Ag + 2H_2O$$

❷

$$R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H + (2Ag^+ + 3OH^-) \xrightarrow[\Delta]{\text{وسط أمو}} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O^- + 2Ag + 2H_2O$$

M g — 2×108 g

2.2 g — 10.8 g

$$\Rightarrow M_{\text{الدهيد}} = \frac{2.2\times2\times108}{10.8} = 44\ g.mol^{-1}$$

وهي الكتلة المولية للألدهيد.

فتكون الكتلة المولية للغول الأولي:

$$M_{\text{الدهيد}} + 2 = 46\ g.mol^{-1}$$

❸

$$R-CHO = 44\ g.mol^{-1}$$

$$R+12+1+16=44$$

$$R=15$$

$$C_nH_{2n+1}=15$$

$$12n+2n+1=15$$

$$14n=14 \Rightarrow n=1$$

$$\Rightarrow R: CH_3-$$

فتكون صيغة الألدهيد:

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$$

إيثانال

وصيغة الغول الأولي:

$$CH_3-CH_2-OH$$

إيثانول

المسألة التاسعة:

يتفاعل الإيتانول مع حمض كربوكسيلي نظامي وحيد الوظيفة الكربوكسيلية فينتج مركب عضويّ كتلته المولية $88\ g.mol^{-1}$. المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
2. استنتج صيغة الحمض الكربوكسيليّ، وسمه.
3. استنتج صيغة المركّب العضويّ الناتج، وسمه.

علماً أنّ: H:1 , C:12 , O:16

الحل:

1. $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + CH_3-CH_2-OH \xrightleftharpoons{H_2SO_4} R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3 + H_2O$

2. من الفرض:

$$R-COO-CH_2-CH_3 = 88\ g.mol^{-1}$$
$$R+12+16+16+12+2+12+3=88$$
$$\Rightarrow R=15$$
$$C_nH_{2n+1}=15$$
$$12n+2n+1=15$$
$$\boxed{\Rightarrow n=1}$$

جذر ميتيل $R: CH_3-$

وبالتالي تكون صيغة الحمض الكربوكسيلي:

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

حمض الإيتانويك

3. صيغة المركّب العضويّ الناتج (الإستر):

$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$$

إيتانوات الإتيل

المسألة العاشرة: غول ثانوي النسبة المئويّة الكتليّة للأكسجين فيه 26.66 % المطلوب:

1. احسب الكتلة المولية (الجزيئية) للغول.
2. اكتب الصّيغة المجملة والصّيغة نصف المنشورة للغول، وسمه وفق قواعد الـ IUPAC.

علماً أنّ: H:1 , C:12 , O:16

الحل:

1. كل 100 g من الغول الثانوي يحوي 26.66 g أكسجين.

كل M g من الغول الثانوي يحوي 16 g أكسجين.

$$\boxed{\Rightarrow M=\frac{16\times 100}{26.66}=60\ g.mol^{-1}}$$

2.

$$R-\underset{|}{\overset{OH}{CH}}-R' = 60$$
$$R+12+1+16+1+R'=60$$
$$R+R'=30$$
$$C_nH_{2n+1}+C_{n'}H_{2n'+1}=30$$
$$12n+2n+1+12n'+2n'+1=30$$
$$\Rightarrow 14n+14n'=28$$
$$\Rightarrow n+n'=2$$
$$n=n'=1 \Rightarrow R=R': CH_3-$$

فتكون الصّيغة نصف المنشورة للغول الثّانوي:

$$CH_3-\underset{OH}{CH}-CH_3$$

بروبان -2- ول

الصّيغة المجملة: C_3H_8O

المسألة الحادية عشرة: مركّب غولي كتلته المولية (الجزيئية) تساوي $74\ g.mol^{-1}$ يمكن الحصول عليه من ضم الماء إلى ألكن نظامي. المطلوب: ما الصيغة الجزيئية ونصف المنشورة لهذا المركّب وما هو الألكن.

علماً أنّ: C:12 , O:16 , H:1

الحل:

$$R-OH = 74$$
$$R+16+1=74$$
$$R=57$$
$$C_nH_{2n+1}=57$$
$$12n+2n+1=57$$
$$\boxed{\Rightarrow n=4}$$

وبالتالي تكون: $R: C_4H_9-$

الصّيغة نصف المنشورة للغول هي:

$$CH_3-\underset{OH}{CH}-CH_2-CH_3$$

بوتان -2- ول.

الصّيغة المجملة هي: $C_4H_{10}O$

الألكن هو:

1- بوتن $CH_2=CH-CH_2-CH_3$

أو 2- بوتن $CH_3-CH=CH-CH_3$

سؤال: إذا علمت أنّ قيمة ثابت تأيّن النشادر $K_b=2\times10^{-5}$ وقيمة ثابت تأيّن ميتان أمين $K_b=2\times10^{-4}$. المطلوب:

a) اكتب معادلة تأيّن كل منهما. b) بيّن أي الأساسين أقوى، ولماذا

الجواب:

a)

$$NH_3+H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$
$$CH_3-NH_2+H_2O \rightleftharpoons CH_3-NH_3^+ + OH^-$$

b) ميتان أمين أقوى من النشادر كأساس لأنّ:

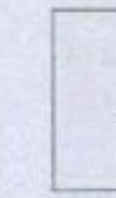
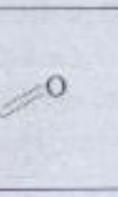
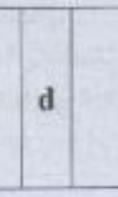
$$K_{b(CH_3-NH_2)} > K_{b(NH_3)}$$

اختر الإجابة الصحيحة في الكيمياء العضوية

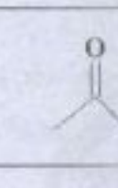
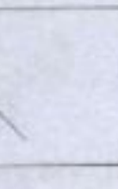
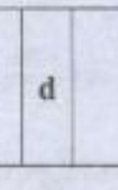
1- مركّب عضوي ذي الصّيغة $R-CH(OH)-R'$ يدل على:

a	ألدهيد	b	غول أوليّ	c	غول ثانويّ	d	غول ثالثيّ

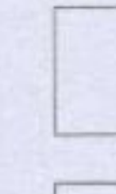
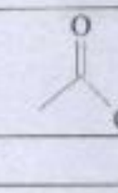
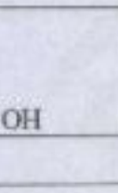
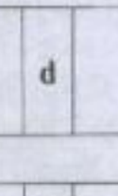
2- إحدى الصّيغ البيكليّة الآتية تمثّل كيتون متناظر هي:

a		b		c		d	

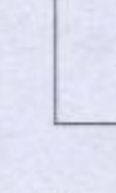
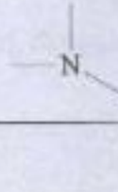
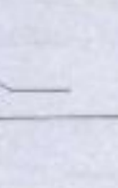
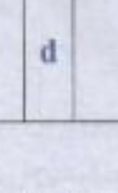
3- المركّب العضويّ الذي يُعدُّ حمضاً كربوكسيليّاً من المركّبات الآتية:

a		b		c		d	

4- المركّب العضويّ الذي يُعد أميد من المركّبات الآتية:

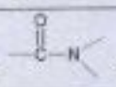
a		b		c		d	

5- المركّب العضويّ الذي يُعد من الأمينات من الصّيغ الآتية هو:

a		b		c		d	

6- الرابطة $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N<$ تميّز المركّب العضوي الآتي:

a	أميد	b	نتريل	c	أمين	d	إستر

7- الرابطة  تميّز المركّب العضوي الآتي:

a	أميد	b	أمين	c	نتريل	d	إستر

8- تشترك الألدهيدات والكيتونات بوجود زمرة:

a	الكربونيل	b	الفورميل	c	الهيدروكسيل	d	الكربوكسيل

9- تُعطي أكسدة الأغوال الثّانوية:

a	ألدهيدات	b	حموض كربوكسيليّة	c	كيتونات	d	إيترات

10- المركّب الذي يتفاعل مع كاشف فهلنغ من بين المركّبات الآتية:

a	بروبان -2- ون	b	ميتانوات الإتيل	c	حمض الإيتانونيك	d	إيتانال

11- ينتج حمض البروبانونيك من تفاعل:

a	أكسدة البروبانون	b	إرجاع البروبان -2- ون	c	أكسدة البروبانال	d	إمرار البروبانول على مسحوق النّحاس المسخّن

12- يُرجع حمض الإيتانونيك إلى الإيتانال بتفاعله مع الهيدروجين وبوجود حفّاز هو:

a	P_2O_5	b	PCl_5	c	$LiAlH_4$	d	Pd

13- يُرجع البروبانون بالهيدروجين، بوجود البلاديوم كوسيط وينتج:

a	بروبانال	b	حمض البروبانونيك	c	بروبان -2- ول	d	بروبان -1- ول

14- يتفاعل حمض البروبانونيك مع النّشادر بالتّسخين فيتشكّل:

a	البروبانال	b	بروبان أميد	c	بروبان نتريل	d	بروبان أمين

15- يحدث تفاعل الأسترة في الحمض الكربوكسيليّ على الرابطة:

a	C=O	b	O-H	c	C-C	d	C-O

16- ينتج من تفاعل ميتانوات الإتيل مع النّشادر الإيتانول و:

a	ميتانول	b	إيتان أمين	c	إيتان أميد	d	ميتان أميد

17- ينتج من إرجاع بروبان نتريل:

a	بروبان أميد	b	بروبان أمين	c	إيتان أمين	d	إيتان أميد

18- أحد المركّبات الآتية يشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئاته:

a	بروبان -2- ون	b	2- متيل بوتانوات الإتيل	c	N- متيل ميتان أميد	d	ميتانال

19- أحد المركّبات الآتية لا يشكّل روابط هدروجينيّة بين جزيئاته:

a	بروبان -2- ول	b	حمض الميتانويك	c	N- متيل إيتان أمين	d	إيتانال

20- غول وحيد الوظيفة، النّسبة الكتليّة للأكسجين فيه % 50 هو: C:12 , H:1 , O:16

a	ميتانول	b	إيتانول	c	بروبانول	d	بوتانول

توضيح الإجابة:

كل 100 g من الغول يحوي 50 g أكسجين.

كل M g من الغول يحوي 16 g أكسجين.

$$\Rightarrow M = \frac{16\times100}{50} = 32 \ \text{g.mol}^{-1}$$

$$R-OH = 32$$

$$R+16+1=32$$

$$R=15$$

$$12n+2n+1=15 \Rightarrow n=1$$

$$\Rightarrow R: CH_3-$$

فتكون الصّيغة نصف المنشورة للغول:

CH_3-OH

ميتانول

الجواب الصحيح: a

21- غول أوليّ نظاميّ وحيد الوظيفة، النّسبة الكتليّة للأكسجين فيه $\frac{8}{37}$ فتكون كتلته المولية مساويةً: C:12 , H:1 , O:16

a	32	b	44	c	74	d	60

توضيح الإجابة:

كل 1 g من الغول الأولي يحوي $\frac{8}{37}$ g أكسجين.

كل M g من الغول الأولي يحوي 16 g أكسجين.

$$\Rightarrow M = \frac{16\times1}{\frac{8}{37}} = 74 \ \text{g.mol}^{-1}$$

المتصاوغات

هي مركّبات كيميائيّة لها الصّيغة المجملة ذاتها، وتختلف في الصّيغة المنشورة أو التموضع في الفراغ.

❶ التصاوغ السلسلي: يحدث عندما تكون للجزيئات الصّيغة المجملة ذاتها، ولكنّها تختلف بتوزع ذرات الكربون.

مثال:

الصيغة نصف المنشورة	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_3$
الصّيغة المجملة	C_4H_{10}	C_4H_{10}

❷ التصاوغ الوظيفي: يحدث عندما تكون للجزيئات الصّيغة المجملة ذاتها، ويختلف بها ترتيب الذرات في الجزيء ممّا يؤدي إلى اختلاف الزّمرة.

مثال:

الصيغة نصف المنشورة	$CH_3-CH_2-\overset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle \|}{C}}-CH_3$	$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle \|}{C}}-H$
الصّيغة المجملة	C_3H_6O	C_3H_6O

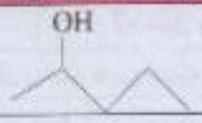
حل السؤالين الآتيين:

السؤال الأول: لديك الأغوال الآتية: بنتان -2- ول ، بوتان -1- ول ، 2- ميثيل بروبان -2- ول. **المطلوب:**

1. اكتب الصيغة نصف المنشورة، والصيغة الهيكلية لكل غول.
2. صنّف الأغوال السابقة إلى: أولية- ثانوية- ثالثية.
3. اثنان من الأغوال السابقة متصاوغان مع بعضهما حدّدهما، واذكر نوع التصاوغ.

الجواب:

1 و 2

الاسم وفق قواعد الـ IUPAC	الصيغة نصف المنشورة	الصيغة الهيكلية	تصنيفه
بنتان -2- ول	$CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_2-CH_3$		غول ثانوي
بوتان -1- ول	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$		غول أولي
2- ميثيل بروبان -2- ول	$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{C}}}}-CH_3$		غول ثالثي

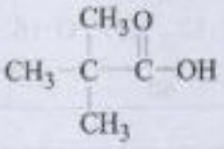
3 المتصاوغان هما: بوتان -1- ول و 2- ميثيل بروبان -2- ول . نوع التصاوغ: سلسلي.

السؤال الثاني: حمض كربوكسيلي نظامي صيغته المجملة $C_5H_{10}O_2$. **المطلوب:** اكتب متصاوغاته وسمها، ثمّ اذكر نوع التصاوغ.

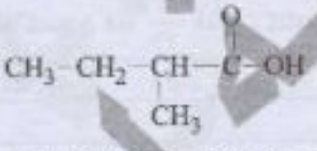
$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

الجواب:

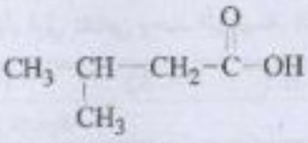
المتصاوغات هي:



حمض- 2،2- ثنائي ميثيل بروبانوئيك



حمض- 2- ميثيل بوتانونيك



حمض- 3- ميثيل بوتانونيك

نوع التصاوغ: سلسلي.

السؤال الثالث: وازن معادلة الأكسدة والإرجاع الآتية في وسطٍ حمضيٍ ، ثمّ حدّد تفاعل الأكسدة، وتفاعل الإرجاع ، والعامل المؤكسد ، والعامل المرجع.

$$R-CHO+MnO_4^- \longrightarrow R-COOH+Mn^{2+}$$

الجواب:

$5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ تفاعل إرجاع ، MnO_4^- عامل مؤكسد

$R-CHO+H_2O \longrightarrow R-COOH+2H^+ + 2e^-$ تفاعل أكسدة ، $R-CHO$ عامل مرجع

نوحّد عدد إلكترونات تفاعل الأكسدة والإرجاع:

نضرب المعادلة الأولى بـ 2: $2\times(5e^- + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O)$

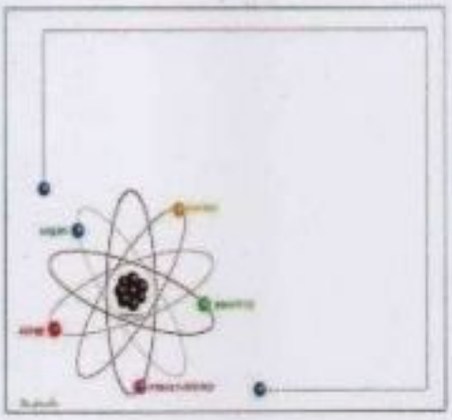
نضرب المعادلة الثانية بـ 5: $5\times(R-CHO+H_2O \longrightarrow R-COOH+2H^+ + 2e^-)$

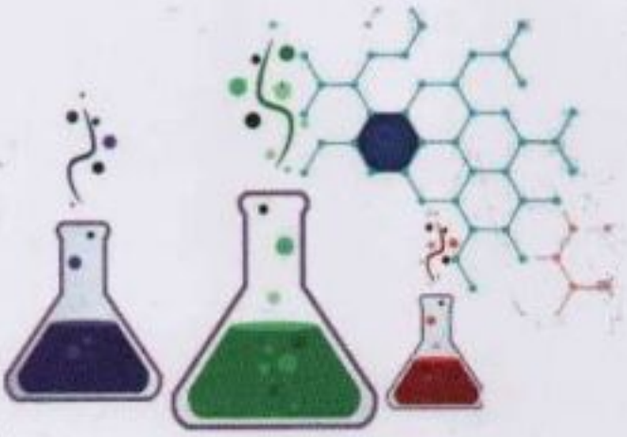
$$10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

$$5R-CHO+5H_2O \longrightarrow 5R-COOH+10H^+ + 10e^-$$

بالجمع والاختصار:

$$6H^+ + 2MnO_4^- + 5R-CHO \longrightarrow 5R-COOH+2Mn^{2+} + 3H_2O$$





تتضمّن النوطة:

- ✓ تلخيص كامل الدرس بشكل مبسّط.
- ✓ أسئلة ومسائل شاملة لكل درس.
- ✓ أسئلة دورات كل بحث.
- ✓ أوراق عمل تدريبيّة لكل بحث.

كيمياء بكالوريا - أ. أسامة الحصري

https://t.me/chemistrybac

كيمياء بكالوريا - أ. أسامة الحصري