

## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غربا

8- قارن بين جسيم بيتا والبوزيترون من حيث (موقع النواة التي تطلق كل منهما بالنسبة لحزام الاستقرار، التأثير بالحقل الكهربائي)

البوزيترون	جسيم بيتا
تطلقه النوى غير المستقرة الواقعة تحت حزام الاستقرار	تطلقه النوى غير المستقرة الواقعة فوق حزام الاستقرار
ينحرف نحو اللبوس السالب لمكثفة مشحونة	ينحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة

9- علل ما يلي :

• إطلاق النواة للإلكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا؟

بسبب تحول نيوترون إلى بروتون يستقر داخل النواة فيطلق جسيم بيتا خارج النواة:  ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1H + {}_{-1}^0e$  (المعادلة مطلوبة مع التعليل)

• إطلاق النواة للبوزيترون؟

بسبب تحول بروتون إلى نيوترون يستقر داخل النواة فينطلق بوزيترون خارج النواة:  ${}_1^1H \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0e$  (المعادلة مطلوبة مع التعليل)

• يُعد النوترون أفضل قذيفة نووية؟

لأنه متعادل الشحنة فلا يحدث تدافع كهربائي بينه وبين النواة المقذوفة.

• كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرة؟

بسبب تحول النقص في الكتلة إلى طاقة.

• يرافق تفاعل الاندماج النووي طاقة هائلة؟

بسبب النقص في الكتلة وتحول هذا النقص في الكتلة إلى طاقة.

• عدم تأثر أشعة غاما بالحقل الكهربائي؟

لأنها أمواج كهربية عديمة الشحنة.

• تأثر كل من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا بالحقل الكهربائي؟

لأن كل منهما يحمل شحنة كهربائية.

### التفاعلات النووية

10- تتحول النوى غير المستقرة إلى نوى مستقرة تلقائياً وفق نشاط إشعاعي طبيعي (تحول نووي)، وهذا التحول له أربعة أنواع، عددها وبين متى يحدث كل منها، واكتب المعادلة العامة لكل منها.

المعادلة العامة	يحدث في	تحول من النمط
${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e + \text{Energy}$	النوى التي تقع فوق حزام الاستقرار	بيتا
${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + {}_{+1}^0e + \text{Energy}$	النوى التي تقع تحت حزام الاستقرار	بوزيترون
${}_Z^AX + {}_{-1}^0e \rightarrow {}_{Z-1}^AY + \text{Energy}$	النوى التي تقع تحت حزام الاستقرار ولا تملك طاقة كافية لتطلق بوزيترون	أسر الكتروني
${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^AY + {}_2^4\text{He} + \text{Energy}$	يمكن أن يحدث في النوى التي يزيد عددها الذري عن 83	ألفا

### الكيمياء النووية :

1- مِمَّ تتكون النواة؟ (1) بروتونات p (موجبة). (2) نوترونات (معتدلة).

2- إلى ماذا تدل الرموز في ترميز الذرة  ${}_Z^AX$ ؟

A: العدد الكتلي = عدد البروتونات + عدد النوترونات

Z: العدد الذري = عدد البروتونات = عدد الإلكترونات في الذرة المعتدلة.

3- ما هي النظائر؟

هي عناصر لها نفس العدد الذري وتختلف بالعدد الكتلي (بعدد النوترونات).

4- اذكر أسماء ورموز أهم الجسيمات النووية؟

الجسيم	نيوترون	بروتون	جسيم بيتا	جسيم ألفا	بوزيترون
الرمز	${}_0^1n$	${}_1^1p$ أو ${}_1^1H$	${}_{-1}^0e$ أو ${}_{-1}^0\beta$	${}_2^4\alpha$ أو ${}_2^4\text{He}$	${}_{+1}^0e$ أو ${}_{+1}^0\beta$

5- يوضح الشكل المجاور حزام الاستقرار

والمطلوب، وض فيه كيف تكون النسبة N/Z في

النوى ذات الأعداد الصغيرة والكبيرة.

النوى ذات الأعداد الذرية الصغيرة لها  $\frac{N}{Z} \approx 1$

النوى ذات الأعداد الذرية الكبيرة لها  $\frac{N}{Z} > 1$

6- ما هي سلاسل النشاط الإشعاعي؟

هي عبارة عن عدة تحولات نووية متسلسلة تجري على النواة المشعة (غير

المستقرة) لتصبح نواة مستقرة.

7- قارن بين جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما من حيث (الطبيعة

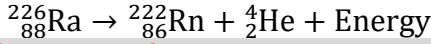
والشحنة والكتلة والقدرة على تأيين الغازات والنفوذية والسرعة بالنسبة

لسرعة الضوء والتأثير بالحقل الكهربائي والتأثير بالحقل المغناطيسي) (هامة)

من حيث	جسيمات ألفا (α)	جسيمات بيتا (β)	أشعة غاما
الطبيعة	تطابق نواة الهيليوم ${}_2^4\text{He}$	إلكترونات عالية السرعة	أمواج كهربية
الشحنة	تحمل شحنتين موجبتين	تحمل شحنة سالبة	لا تحمل شحنة كهربائية
الكتلة	تساوي أربعة أضعاف كتلة الهيدروجين العادي	تساوي كتلة الإلكترون	ليس لها كتلة سكونية
تأيين الغازات	تأين الغازات التي تمر من خلالها	أقل قدرة على تأيين الغازات من جسيمات ألفا	أقل قدرة على تأيين
النفوذية	نفوذيتها ضعيفة	نفوذيتها أكبر من نفوذيتها بيتا	نفوذيتها أكبر من نفوذيتها بيتا
السرعة بالنسبة لسرعة الضوء	0.05 c	0.9c	تساوي سرعة الضوء c
التأثير بالحقل الكهربائي	تنحرف نحو اللبوس السالب	تنحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة	لا تتأثر
التأثير بالحقل المغناطيسي	تنحرف بتأثير القوة المغناطيسية	تنحرف بتأثير القوة المغناطيسية بجهة معاكسة لجهة انحراف ألفا	لا تتأثر

## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غربا

تتحول نواة الراديوم  $^{226}_{88}\text{Ra}$  إلى نواة الرادون  $\text{Rn}$  بإطلاقها جسيم ألفا. اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول.



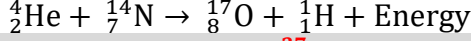
تدمج نواتا نظيريي الهيدروجين  $^2_1\text{H}$  **الديتريوم** و  $^3_1\text{H}$  **التريتيوم** لينتج نواة **الهيليوم ونيوترون**. اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التفاعل؟



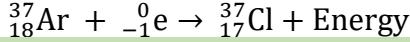
عند قذف نواة الزئبق  $^{200}_{80}\text{Hg}$  ببروتون تتحول إلى نواة الذهب  $\text{Au}$  مُطلقة **جسيم ألفا**. اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التفاعل النووي الحاصل، ثم حدد نوعه.



تطبيق: عند قذف نواة التروجين  $^{14}_7\text{N}$  بجسيم ألفا تتحول إلى نواة **الأكسجين O مُطلقة بروتون**. اكتب المعادلة النووية المعبرة.



تلتقط نواة عنصر الأروغون  $^{37}_{18}\text{Ar}$  إلكترونًا من مدار داخلي لها متحولة إلى نواة عنصر الكلور  $\text{Cl}$  اكتب المعادلة المعبرة عن هذا التحول النووي.



### قوانين وكدة الكيمياء النووية

**أولاً-عمر النصف:**  $t = t_{1/2} \times n$

حيث:  $t$  الزمن اللازم للنشاط الإشعاعي.  $t_{1/2}$ : عمر النصف.

**ملاحظة هامة (اختر احياة):** يتعلق عمر النصف بنوع العنصر المشع فقط.

$n$ : عدد مرات تكرار عمر النصف. (ليس له واحدة).

ويوجد علاقة بين  $n$  والنسبة المتبقية، حيث تمثل  $n$  عدد الأسهم، فمثلاً لو كانت  $n = 3$  تكون:

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

أي تكون النسبة المتبقية  $\frac{1}{8}$

**ثانياً- طاقة الارتباط:**  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

حيث:  $\Delta E$ : الطاقة المنتشرة (سالبة دائماً) وتقدر بالجول [J].

$\Delta m$ : النقصان في الكتلة (سالبة دائماً) وتقدر ب  $\text{kg}$

ملاحظة: إن  $\Delta m$  عبارة عن الفرق:

$$\Delta m = m_{\text{كتلة مكونات النواة}} - m_{\text{كتلة النواة}}$$

$$\Delta m = m_{\text{كتلة النواة}} - (m_{\text{بروتون}} \times \text{عددتها} + m_{\text{نوترون}} \times \text{عددتها})$$

طاقة الارتباط تساوي الطاقة المنتشرة وتعاكسها بالإشارة (دائماً موجبة)

### المسائل

**مسألة (1):** تتحول نواة اليورانيوم المشع  $^{238}_{92}\text{U}$  إلى نواة الرصاص

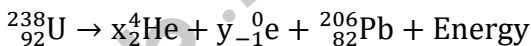
المستقر  $^{206}_{82}\text{Pb}$  وفق سلسلة نشاط إشعاعي. المطلوب حساب:

1- عدد التحولات من النوع ألفا  $x$ .

2- عدد التحولات من النوع بيتا  $y$ .

3- اكتب المعادلة النووية الكلية.

الحل: نكتب المعادلة:



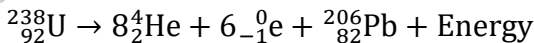
من مصونية العدد الكتلي:

$$238 = 4x + y(0) + 206 \Rightarrow x = 8$$

من مصونية العدد الذري:

$$92 = 2x - y + 82 \Rightarrow y = 2(8) + 82 - 92 \Rightarrow y = 6$$

نقوم بكتابة المعادلة:

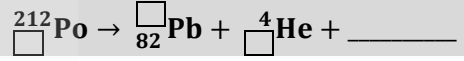
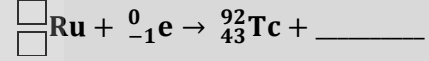
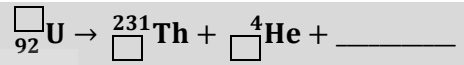


10- النوى المستقرة تعاني تفاعلات نووية لها أربعة أنواع، عددها ومتى يحدث كل منها؟

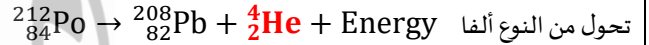
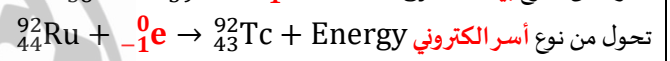
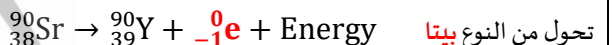
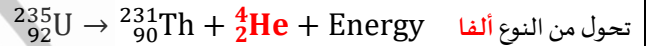
اسم التفاعل	ملاحظات عن التفاعل	الشكل العام للتفاعل
تفاعلات الانقراض	يحدث عندما <b>تلتقط</b> النواة القذيفة التي قذفت بها <b>دوتون</b> <b>أن تنقسم</b>	طاقة + نفس النواة → جسيم + نواة (لا يتغير الرمز)
تفاعلات التلافيف	يحدث عندما <b>تتحول</b> النواة المقذوفة إلى <b>عنصر جديد</b> <b>مُطلقة جسيم آخر</b>	طاقة + جسيم + نواة جديدة → جسيم + نواة
تفاعلات الانشطار النووي	تحدث عندما <b>تنشط</b> النواة إلى <b>نواتين متوسطتي الكتلة</b>	جسيم + أكثر من نواة → نواة
تفاعلات الاندماج النووي (تحدث في الشمس)	<b>تندمج</b> نواتان خفيفتان أو <b>أكثر لتشكل نواة أثقل</b> .	جسيم + نواة → أكثر من نواة

### تعاريف على التفاعلات:

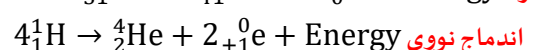
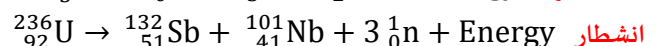
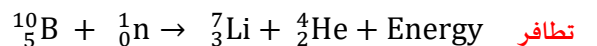
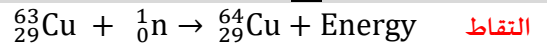
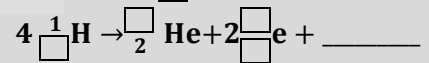
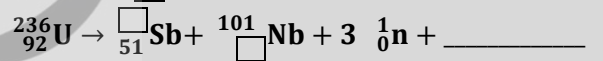
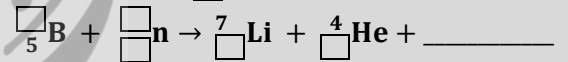
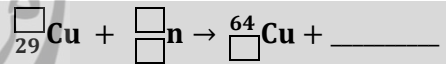
**أكمل التحولات النووية الآتية وحدد نوع التفاعل:**



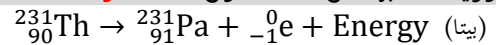
**الحل:**



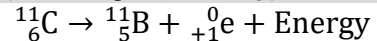
**أكمل التفاعلات النووية التالية وحدد نوع التفاعل:**



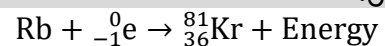
تتحول نواة الثوريوم  $^{231}_{90}\text{Th}$  إلى نواة البروتكتينيوم  $^{231}_{91}\text{Pa}$  تلقائياً، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحول **محدداً نوعه**.



تتحول نواة الكربون المشع  $^{11}_6\text{C}$  إلى نواة البور المستقر  $\text{B}$  بإطلاقها **بوزيترون**، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحول.



تتحول نواة الروبيديوم  $\text{Rb}$  إلى نواة الكريبتون  $^{81}_{36}\text{Kr}$  عندما تأسر أحد **إلكترونات** السحابة الالكترونية المحيطة بها، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول.



## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غبرا

مسألة(8): احسب الطاقة المنتشرة أثناء تشكل نواة الهيليوم علماً أن:

كتلة البروتون تساوي  $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$  وكتلة النيوترون تساوي  $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
 وكتلة نواة الهيليوم تساوي  $6.5 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ثم استنتج قيمة طاقة ارتباط نواة الهيليوم. حيث:  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

نحسب مجموع كتل مكونات النواة (النكليونات) مكونات النواة  $m$ :

$$m_{\text{مكونات النواة}} = (m_{\text{بروتون}} \times \text{عددتها} + m_{\text{نوترون}} \times \text{عددتها})$$

$$m_{\text{مكونات النواة}} = (1.7 \times 10^{-27} \times 2 + 1.7 \times 10^{-27} \times 2)$$

نواة الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$  تحوي بروتونين ونيوترونين لذلك قمنا بضرب كتلة البروتون وكتلة النيوترون بـ 2

$$m_{\text{مكونات النواة}} = (6.8 \times 10^{-27} \text{ kg})$$

والآن نحسب قيمة النقصان في الكتلة:

$$\Delta m = m_{\text{مكونات النواة}} - m_{\text{النواة}} = 6.5 \times 10^{-27} - 6.8 \times 10^{-27}$$

$$\Delta m = -0.3 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

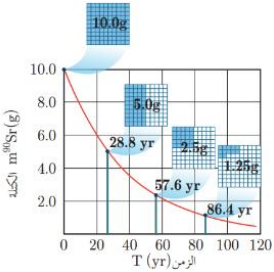
والآن نحسب قيمة الطاقة المنتشرة عن هذا النقصان:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -0.3 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$\Delta E = -27 \times 10^{-12} \text{ J}$$

إنّ طاقة ارتباط النواة تساوي بالقيمة وتعاكس بالإشارة الطاقة المنتشرة:

$$\Delta E = +27 \times 10^{-12} \text{ J}$$



مسألة(9): يوضح المخطط المجاور تغير

كتلة نواة السترانسيوم المشع مع مرور

الزمن، والمطلوب:

استنتج عمر النصف.

يتضح من الشكل أنّ عمر النصف (الزمن اللازم لكي تصبح

الكتلة نصف ما كانت عليه 5.0 g يساوي 28.8 year)

اختبر نفسي: نواة غير مستقرة تقع فوق حزام الاستقرار، المطلوب:

(a) ما هو الجسيم الذي تُطلقه النواة للعودة إلى حزام الاستقرار. اكتب

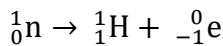
معادلة العملية الحاصلة.

(b) اكتب المعادلة العامة المعبرة عن التحوّل من النوع بيتا.

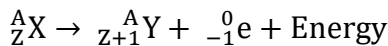
الحل:

(a) تُطلق جسيم بيتا.

معادلة العملية الحاصلة:



(b) المعادلة العامة:



انتهت وحدة الكيمياء النووية

مسألة(2): إذا علمت أنّ عمر النصف لعنصر مشع 3 years احسب

الزمن اللازم كي يصبح النشاط الإشعاعي  $\frac{1}{8}$  ما كان عليه؟

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

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

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

مسألة(3): يبلغ عدد النوى في عنصر مشع  $16 \times 10^5$  وبعد زمن

150 s يصبح العدد 200000 نواة. المطلوب: احسب  $t_{1/2}$ .

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

$$16 \times 10^5 \xrightarrow{t_{1/2}} 8 \times 10^5 \xrightarrow{t_{1/2}} 4 \times 10^5 \xrightarrow{t_{1/2}} 2 \times 10^5$$

نلاحظ أنّ:

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

مسألة(4): يبلغ عمر النصف لمادة مشعة  $t_{1/2} = 24 \text{ days}$  كم تكون

نسبة ما تبقى منها بعد 72 days ؟

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

$$n = \frac{t}{t_{1/2}} = \frac{72}{24} = 3$$

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

أي أنّ النسبة المتبقية  $\frac{1}{8}$  مما كانت عليه.

مسألة(5): احسب مقدار النقص في كتلة الشمس خلال 3 دقائق إذا

كانت تسع طاقة مقدارها،  $38 \times 10^{27} \text{ J}$  في كل ثانية مع العلم أنّ

سرعة انتشار الضوء في الخلاء  $(c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1})$ .

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Rightarrow \Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

بما أنه طلب منا خلال ثلاث دقائق لذلك يجب تحويلها إلى الثانية بالضرب بـ 60:

$$\Delta m = \frac{-38 \times 10^{27} \times 3 \times 60}{(3 \times 10^8)^2} = -76 \times 10^{12} \text{ kg}$$

مسألة(6): تنقص كتلة نواة الأكسجين  ${}^{16}_8\text{O}$  عن مكوناتها وهي حرة

بمقدار  $\Delta m = -0.23 \times 10^{-27} \text{ kg}$

والمطلوب: احسب طاقة الارتباط لهذه النواة.

علماً أنّ: سرعة انتشار الضوء في الخلاء  $(c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1})$ .

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -0.23 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= -2.07 \times 10^{-11} \text{ J}$$

وبالتالي طاقة ارتباط النواة:  $\Delta E = +2.07 \times 10^{-11} \text{ J}$

مسألة(7): تتحول نواة اليود المشع  ${}^{131}_{53}\text{I}$  إلى نواة الزينون Xe

مُطلقة جسيم بيتا، عند معالجة مرضى سرطان الغدّة الدرقيّة بجرعة

منه، فإذا كان عمر النصف لليود المشع المستخدم 8 days.

المطلوب:

1. اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول.

2. احسب النسبة المتبقية من اليود المشع بعد 24 days.

$${}^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{131}_{54}\text{Xe} + {}_{-1}^0e + \text{Energy} \quad \text{ط1:}$$

ط2: النسبة المتبقية بعد 24 days

$$t = t_{1/2} \times n \Rightarrow n = \frac{t}{t_{1/2}} = \frac{24}{8} = 3$$

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

أي أنّ النسبة المتبقية  $\frac{1}{8}$  مما كانت عليه.

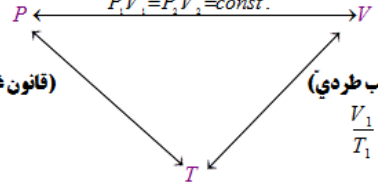
## متحولات وقوانين الغاز:

واحداتها والتحويل بينها:	المتحولات التي تصف غاز:
kPa $\xrightarrow{\times 10^3}$ Pa $\xrightarrow{\times 10^{-5}}$ atm	الضغط $P$
mL $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ L $\xrightarrow{\times 10^{-3}}$ m <sup>3</sup>	الحجم $V$
(درجة مئوية) °C $\xrightarrow{+273}$ K (كلفن)	درجة الحرارة $T$
mol	عدد المولات $n$

## ١ قوانين (بويل، شارل، غاي-لوساك):

(قانون بويل - تناسب عكسي)

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{const.}$$



(قانون غاي لوساك - تناسب طردي)

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

(قانون شارل - تناسب طردي)

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

٢ قانون أفوغادرو: يربط بين عدد مولات الغاز  $n$  وحجمه  $V$ بثبات الضّغط  $P$  وثبات درجة الحرارة  $T$ .

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

## ٣ قانون الغازات العام (معادلة الغاز المثالي):

$$PV = n.RT$$

$$R = \begin{cases} 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{نحوّل الضّغط إلى atm} \\ \text{والحجم إلى L.} \end{array} \\ 8.314 \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}.\text{K}^{-1} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{نحوّل الضّغط إلى Pa} \\ \text{والحجم إلى m}^3. \end{array} \end{cases}$$

## ٤ قانون دالتون والضغوط الجزئية:

الضغط الكلي لمزيج غازي يساوي مجموع الضغوط الجزئية لمكونات هذا المزيج (بثبات الحجم  $V$  وثبات درجة الحرارة  $T$ ).

$$P_t = n_t \frac{RT}{V} \quad \text{أو} \quad P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

## ٥ قانون غراهام في الانتشار والتسرّب:

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

 $v_1$ : سرعة انتشار الغاز الأول.  $v_2$ : سرعة انتشار الغاز الثاني. $M_1$ : الكتلة المولية للغاز الأول.  $M_2$ : الكتلة المولية للغاز الثاني.

## ملاحظات لمسأله:

١ عدد مولات غاز  $n$ :

$$n = \begin{cases} 1 \frac{m}{M} \\ 2 \frac{N}{N_A} \rightarrow \text{عدد جزيئات الغاز} \\ \quad \quad \quad \rightarrow \text{عدد أفوغادرو} \\ 3 \frac{PV}{RT} \\ 4 \frac{V}{V_{\text{mol}}} \\ 5 \text{ طريقة الحساب الكيميائي} \end{cases}$$

٢ كسر مولي للغاز  $X_i$ :

$$X_i = \begin{cases} 1 \frac{n_i}{n_t} \\ 2 \frac{P_i}{P_t} \end{cases}$$

٣ ضغط جزئي للغاز  $P_i$  ضمن مزيج غازي:

$$P_i = \begin{cases} 1 \frac{n_i.RT}{V} \\ 2 X_i.P_t \end{cases}$$

٤ كثافة غاز  $d$ :

$$d = \begin{cases} 1 \frac{P.M}{RT} \\ 2 \frac{m}{V} \end{cases}$$

٥ كتلة غاز  $m$ :نحسب أولاً عدد مولاته  $n$  ثم نطبّق العلاقة الآتية لحساب  $m$ :

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

٦ عدد جزيئات غاز  $N$ :نحسب أولاً عدد مولاته  $n$  ثم نطبّق العلاقة الآتية لحساب عددالجزيئات  $N$ :

$$n = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = n.N_A$$

## ٧ حجم غاز في الشرطين النظاميين:

$$V = V_{\text{mol}} \times n \Rightarrow V = 22.4 \times n$$

## ملاحظات:

① في قوانين (بويل، شارل، غاي لوساك، أفوغادرو):

الواحدات في طرفي العلاقة يجب أن تكون متماثلة.

فمثلاً: في قانون بويل:  $P_1V_1 = P_2V_2$  إذا كان الحجم  $V_1$  مقدراً

ب L يجب أن يكون الحجم  $V_2$  أيضاً مقدراً ب L، وهكذا....

② في جميع قوانين الغاز:

تكون درجة الحرارة T مقدرةً بالكلفن (K) حصراً.

③ طريقة الحساب الكيميائي (مسألة الشطرين):

الأمثال التفاعلية (mol)

الكتلة المولية (g.mol<sup>-1</sup>)

السطر الأول:

حجم 1 mol من أي غاز في الشطرين النظاميين 22.4 L

معطيات المسألة:

مجاهيل المسألة:

السطر الثاني:

④ 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).

⑤ الضغط النظامي أو الضغط عند مستوى سطح البحر أو الضغط

في الشطرين النظاميين تعني أن:  $P = 1 \text{ atm}$

⑥ الشطرين النظاميين هما:  $T = 0^\circ \text{C} = 273 \text{K}$  ،  $P = 1 \text{ atm}$

⑦ عندما تُعطى نسبة مئوية لغاز في مزيج غازي فإنها تُعبر عن

الكسر المولي  $X_i$  لهذا الغاز.

⑧ نستعمل قانون دالتون في مسائل المزيج الغازي.

## مسائل درس الغازات

المسألة الأولى: وعاء مُفلق حجمه 10 L، يحوي عينة من غاز  $\text{CO}_2$

عند الضغط 1.64 atm والدرجة  $127^\circ \text{C}$ . المطلوب حساب:

① كتلة هذا الغاز.

② كثافة هذا الغاز.

③ الحجم الذي سيشغله هذا الغاز في الشطرين النظاميين.

④ درجة الحرارة التي تجعل الضغط مساوياً 2.05 atm بثبات الحجم.

⑤ ضغط هذا الغاز إذا نُقل إلى وعاء آخر حجمه 20 L عند درجة

الحرارة ذاتها.

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

المعطيات:

$V = 10 \text{ L}$  ،  $P = 1.64 \text{ atm}$  ،  $T = 127 + 273 = 400 \text{ K}$

ومنه:

## الحل:

①  $n_{(\text{CO}_2)} = ?$  ، نحسب أولاً  $n_{(\text{CO}_2)}$ :

$$n_{(\text{CO}_2)} = \frac{PV}{RT} = \frac{1.64 \times 10}{0.082 \times 400} \Rightarrow n_{(\text{CO}_2)} = 0.5 \text{ mol}$$

حساب  $m_{(\text{CO}_2)}$ :

$$n = \frac{m}{M_{(\text{CO}_2)}} \Rightarrow m = n \cdot M_{(\text{CO}_2)} = 0.5 \times 44 \Rightarrow m = 22 \text{ g}$$

$$M_{(\text{CO}_2)} = 12 + 16(2) = 44 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{حيث:}$$

②  $d_{(\text{CO}_2)} = ?$

$$d = \frac{P \cdot M}{RT} = \frac{1.64 \times 44}{0.082 \times 400} \Rightarrow d = 2.2 \text{ g.L}^{-1}$$

③  $V_{(\text{CO}_2)} = ?$  في الشطرين النظاميين:

$$V = V_{\text{mol}} \cdot n = 22.4 \times 0.5 \Rightarrow V = 11.2 \text{ L}$$

④  $P_2 = 2.05 \text{ atm}$  ،  $T_2 = ?$

$V = \text{const.}$  ← حسب قانون غاي - لوساك:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1.64}{400} = \frac{2.05}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{2.05 \times 400}{1.64} \Rightarrow T_2 = 500 \text{ K}$$

⑤  $V_2 = 20 \text{ L}$  ،  $P_2 = ?$

$T = \text{const.}$  ← حسب قانون بويل:

$$P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{1.64 \times 10}{20} \Rightarrow P_2 = 0.82 \text{ atm}$$

المسألة الثانية: وعاء مُفلق حجمه  $0.058 \text{ m}^3$ ، يحوي 2.8 g من

غاز النيتروجين  $\text{N}_2$  في الدرجة  $17^\circ \text{C}$ . المطلوب حساب:

① ضغط هذا الغاز.

② الحجم الذي سيشغله هذا الغاز في الشطرين النظاميين.

③ كثافة هذا الغاز.

④ عدد جزيئات هذا الغاز في الوعاء.

$\text{N}: 14$  ،  $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

عدد أفوغادرو  $N_A = 6.022 \times 10^{23}$

## المعطيات:

$$V = 0.058 \text{ m}^3 = 58 \text{ L} \quad , \quad m_{(\text{N}_2)} = 2.8 \text{ g}$$

$$T = 17 + 273 = 290 \text{ K}$$

## الحل:

①  $P_{(\text{N}_2)} = ?$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

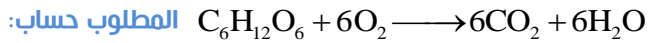
نحسب أولاً  $n_{(\text{N}_2)}$ :

$$n = \frac{m}{M_{(\text{N}_2)}} = \frac{2.8}{28} \Rightarrow n_{(\text{N}_2)} = 0.1 \text{ mol}$$

$$M_{(\text{N}_2)} = 14(2) = 28 \text{ g.mol}^{-1} \quad \text{حيث:}$$

**المسألة الرابعة: المسألة الرابعة صفحة 42 كتاب**

يتأكسد سكر العنب وفق التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:

1 حجم غاز  $\text{CO}_2$  المنطلق نتيجة أكسدة 2.7 g من سكر العنب فيجسم الإنسان في الدرجة  $37^\circ\text{C}$  والضغط 0.9 atm2 كتلة غاز  $\text{CO}_2$  المنطلق في الشروط السابقة.

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

**المعطيات:**

$$V_{(\text{CO}_2)} = ? \quad 1$$

$$m_{(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = 2.7 \text{ g}, \quad T = 37 + 273 = 310 \text{ K}, \quad P = 0.9 \text{ atm}$$

**الحل:**

$$\checkmark P \cdot V_{(\text{CO}_2)} = n_{(\text{CO}_2)} \cdot \checkmark R \cdot \checkmark T$$

نحسب أولاً  $n_{(\text{CO}_2)}$ :

$$180 \text{ g} \quad \quad \quad 6 \text{ mol}$$

$$2.7 \text{ g} \quad \quad \quad n \text{ mol}$$

$$n_{(\text{CO}_2)} = \frac{2.7 \times 6}{180} \Rightarrow n_{(\text{CO}_2)} = 0.09 \text{ mol}$$

ومنه:

$$V_{(\text{CO}_2)} = \frac{n_{(\text{CO}_2)} \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0.09 \times 0.082 \times 310}{0.9}$$

$$\Rightarrow V_{(\text{CO}_2)} = 2.542 \text{ L}$$

$$m_{(\text{CO}_2)} = ? \quad 2$$

$$n_{(\text{CO}_2)} = \frac{m}{M_{(\text{CO}_2)}} \Rightarrow m = n \cdot M_{(\text{CO}_2)} = 0.09 \times 44$$

$$\Rightarrow m_{(\text{CO}_2)} = 3.96 \text{ g}$$

حيث:

$$M_{(\text{CO}_2)} = 12 + 16(2) = 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

**المسألة السادسة: مشابهة للمسألة الثالثة صفحة 42 كتاب**

مزيج غازي في وعاء حجمه 32.8 L يحوي 3.2 g من غاز الميثان

 $\text{CH}_4$  و 12 g من غاز الإيثان  $\text{C}_2\text{H}_6$ ، وكمية من غاز البروبان $\text{C}_3\text{H}_8$ ، إذا علمت أن الضغط الكلي للمزيج 0.7 atm في الدرجة $127^\circ\text{C}$ . المطلوب حساب:

1 عدد مولات غاز البروبان في المزيج.

2 الكسر المولي لغاز البروبان في المزيج.

3 الضغط الجزئي لغاز الميثان في المزيج.

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

$$P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0.1 \times 0.082 \times 290}{58} \Rightarrow P_{(\text{N}_2)} = 0.041 \text{ atm}$$

$$V_{(\text{N}_2)} = ? \quad 2 \text{ في الشرطين النظاميين:}$$

$$V = V_{\text{mol}} \cdot n = 22.4 \times 0.1 \Rightarrow V = 2.24 \text{ L}$$

$$d_{(\text{N}_2)} = ? \quad 3$$

$$d = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} = \frac{0.041 \times 28}{0.082 \times 290} \Rightarrow d = 0.048 \text{ g.L}^{-1}$$

$$N = ? \quad 4 \text{ عدد جزيئات الغاز:}$$

$$n = \frac{N}{N_A} \text{ g.mol}^{-1} \cdot N = n \times N_A = 0.1 \times 6.022$$

$$\Rightarrow N = 0.6022 \text{ جزيء}$$

**المسألة الثالثة: دورة 2020 امتحان نصفي موحد**عينة من غاز الأكسجين  $\text{O}_2$  حجمها 24.6 L عند الضغط 1 atmودرجة الحرارة  $27^\circ\text{C}$ . المطلوب:

1 احسب عدد مولات هذا الغاز في العينة.

2 إذا تحول غاز الأكسجين  $\text{O}_2$  إلى غاز الأوزون  $\text{O}_3$  عند الضغط

ودرجة الحرارة ذاتها. المطلوب حساب:

(a) عدد مولات غاز الأوزون الناتج.

(b) حجم غاز الأوزون الناتج.  $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ **المعطيات:**

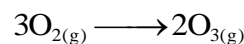
$$V_{(\text{O}_2)} = 24.6 \text{ L}, \quad P = 1 \text{ atm}, \quad T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

**الحل:**

$$n_{(\text{O}_2)} = ? \quad 1$$

$$n_{(\text{O}_2)} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1 \times 24.6}{0.082 \times 300} \Rightarrow n_{(\text{O}_2)} = 1 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{O}_3)} = ? \quad (a) \quad 2$$



$$3 \text{ mol} \quad \quad 2 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol} \quad \quad n \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{(\text{O}_3)} = \frac{2}{3} \text{ mol}$$

$$V_{(\text{O}_3)} = ? \quad (b)$$

طريقة أولى:

$$\Leftarrow P, T = \text{const.}$$

حسب قانون أفوغادرو:

$$\frac{o_2}{n_1} = \frac{o_3}{n_2}$$

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

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

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

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

$$\Rightarrow V_2 = 16.4 \text{ L}$$

طريقة ثانية:

حسب قانون الغازات العام:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\Rightarrow V_{(\text{O}_3)} = \frac{n_{(\text{O}_3)} \cdot R \cdot T}{P}$$

$$= \frac{\frac{2}{3} \times 0.082 \times 300}{1}$$

$$V_{(\text{O}_3)} = \frac{2}{3} \times 0.082 \times 300$$

$$\Rightarrow V_{(\text{O}_3)} = 16.4 \text{ L}$$

مسودة:

**المسألة السابعة: تطبيق 10 صفحة 38 كتاب**  
يُحصَر مزيج غازي مؤلف من 10% بوتان  $C_4H_{10}$  و 90% أرجون Ar  
بملاء وعاء مُخلّي من الهواء حجمه 41 L بغاز البوتان حتّى يصبح  
الضّغط 0.975 atm ، ثم يُضاف غاز الأرجون حتّى يُحقّق النسبة  
السّابقة في الدّرجة  $52^\circ C$  . المطلوب حساب:

- عدد مولات غاز البوتان في المزيج.
- كتلة غاز الأرجون في المزيج.
- الضّغط الكليّ للمزيج النهائي.

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

مسودة:

$$\Rightarrow \text{دالتون} \Rightarrow \begin{cases} P_t = P_{(C_4H_{10})} + P_{(Ar)} \\ P_t = \frac{n_t \cdot RT}{V} \end{cases}$$

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

المعطيات:

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

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

حساب  $m_{(Ar)}$ :

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

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

$$m = 13.5 \times 40$$

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

3  $P_t = ?$ :

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

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

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

1  $n_{(C_4H_{10})} = ?$ :

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

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

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

2  $m_{(Ar)} = ?$ :نحسب عدد المولات الكليّ  
للمزيج  $n_t$ :

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

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

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

نحسب  $n_{(Ar)}$ :

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

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

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

$$\Rightarrow \text{دالتون} \Rightarrow \begin{cases} P_t = P_{(CH_4)} + P_{(C_2H_6)} + P_{(C_3H_8)} \\ P_t = \frac{n_t \cdot RT}{V} \end{cases}$$

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

المعطيات:

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

$$P_t = 0.7 \text{ atm}, \quad T = 127 + 273 = 400 \text{ K}$$

الحل:

$$n_{(C_3H_8)} = ? \quad \text{1}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{نحسب } n_t \\ \text{نحسب } n_{(CH_4)} \text{ و } n_{(C_2H_6)} \end{array} \right\} \text{ مخطط الحل:}$$

$$\text{حساب } n_t$$

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

حساب  $n_{(CH_4)}$  و  $n_{(C_2H_6)}$ :

$$n = \frac{m}{M} \left\{ \begin{array}{l} n_{(CH_4)} = \frac{3.2}{16} = 0.2 \text{ mol} \\ n_{(C_2H_6)} = \frac{12}{30} = 0.4 \text{ mol} \end{array} \right.$$

حيث:

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

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

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

ولكن:

$$0.7 = 0.2 + 0.4 + n_{(C_3H_8)}$$

$$\Rightarrow n_{(C_3H_8)} = 0.1 \text{ mol}$$

2  $X_{(C_3H_8)} = ?$ :

$$X_{(C_3H_8)} = \frac{n_{(C_3H_8)}}{n_t} = \frac{0.1}{0.7}$$

$$\Rightarrow X_{(C_3H_8)} = \frac{1}{7}$$

3  $P_{(CH_4)} = ?$ :

$$P_{(CH_4)} = \frac{n_{(CH_4)} \cdot RT}{V} = \frac{0.2 \times 0.082 \times 400}{32.8}$$

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





## الاستنتاجات

## سؤال استنتاج (1):

عينة من غاز كتلته المولية  $M$ ، ضغطه  $P$ ، ودرجة حرارته  $T$ . المطلوب:  
انطلاقاً من قانون الغازات العام استنتج قانون كثافة الغاز  
(القانون الذي يعمل بموجبه المنطاد)، وماذا تستنتج؟

الجواب:

$$PV = nRT$$

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

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{لكن:}$$

$$\frac{P}{RT} = \frac{m}{MV} \quad \text{ومنه:}$$

تُعطي كثافة الغاز بالعلاقة:

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

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

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

نستنتج: تتناسب كثافة الغاز:

طرداً مع ضغطه  $P$  وكتلته المولية  $M$ ، و**عكساً** مع درجة حرارته  $T$ .ملاحظة: تُقَدَّر وحدة الكثافة بـ  $\text{g.L}^{-1}$ .

## سؤال استنتاج (2): دورة 2020 الثانية

مزيج غازي مؤلف من ثلاث غازات مختلفة. المطلوب:

استنتج عبارة الضغط الكلي للمزيج السابق بثبات الحجم ودرجة الحرارة.

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

يُعطي ضغط كل غاز وفق قانون الغازات العام:

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

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

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

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

## سؤال استنتاج (3):

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

الجواب:

الضغط الجزئي لغاز:

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

الضغط الكلي لمزيج غازي:

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

نسب الضغط الجزئي إلى الضغط 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 النسبة:  $X_i = \frac{n_i}{n_t}$ 

بالكسر المولي لغاز.

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

$$P_i = X_i \cdot P_t$$

ملاحظة:

الكسر المولي ليس له وحدة.

## اعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي

1 يرتفع المنطاد عن سطح الأرض عند تسخين الهواء داخله.

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

2 عند رش كمية صغيرة من العطر في غرفة تنتشر رائحته في كامل أرجاء الغرفة. دورة امتحان نصفي موحد 2020

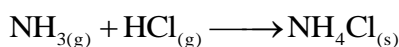
بسبب الحركة العشوائية لجزيئات الغاز لتملأ الحيز التي توجد فيه بشكل متجانس تقريباً.

3 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.

بسبب انتقال جزيئات غازي كلور الهيدروجين والنشادر خارج

عبوتيهما وتكوين ملح كلوريد الأمونيوم الأبيض.



4 يشغل الغاز حجم الوعاء الذي يوضع فيه.

لأن جزيئات الغاز تتحرك بحركة عشوائية بكافة الاتجاهات ضمن الحجم الذي يشغله الغاز.

5 يُهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز.

نتيجة تباعد الجزيئات.

6 نشوء ضغط الغاز.

نتيجة تصادم جزيئات الغاز مع جدار الإناء الذي يحويه.

6 ينتشر غاز الهيدروجين  $\text{H}_2$  بسرعة أكبر من انتشار غاز الأكسجين  $\text{O}_2$ في الشروط ذاتها. علماً أن:  $\text{H} : 1, \text{O} : 16$ 

لأنه تزداد سرعة انتشار غاز بنقصان كتلته المولية حسب قانون

غراهام.  $(v_{(\text{H}_2)} > v_{(\text{O}_2)} \Leftarrow M_{(\text{H}_2)} < M_{(\text{O}_2)})$ 

## اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي

1 عينة غازية حجمها 10 L عند الضغط النظامي، فيكون حجم هذه

العينة عند الضغط 4 atm بثبات درجة الحرارة مساوياً:

25 L	b	40 L	a
0.4 L	d	2.5 L	c

توضيح الإجابة:

 $T = const. \Leftarrow$  حسب قانون بويل:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{1 \times 10}{4} \Rightarrow V_2 = 2.5 \text{ L}$$

2 يبلغ حجم عينة من غاز 0.3 L في الدرجة K 330، تُسخن العينة

إلى الدرجة K 550 بثبات الضغط، فيصبح حجمها مساوياً:

5 L	b	0.5 L	a
0.18 L	d	500 L	c

توضيح الإجابة:

 $P = const. \Leftarrow$  حسب قانون شارل:

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

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

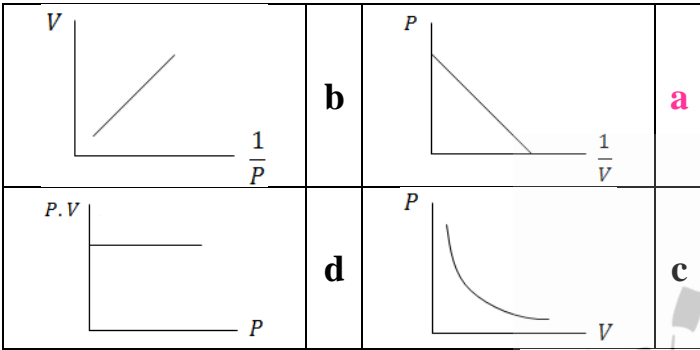
حجمه 22.4 L يحوي 2 mol من الغاز.	b	حجمه 22.4 L يحوي 1 mol من الغاز.	a
حجمه 11.2 L يحوي 1 mol من الغاز.	d	حجمه 11.2 L يحوي 2 mol من الغاز.	c

توضيح الإجابة:

$$\Rightarrow P = \frac{n.R.T}{V}$$

أكبر ما يمكن ↑  
أكبر ما يمكن ↑  
ثابت ←  
أصغر ما يمكن ↓

10 أي من الخطوط البيانية الآتية لا يمثل قانون بويل، بفرض ثبات درجة الحرارة وعدد المولات:



توضيح الإجابة:

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

3 يبلغ ضغط عينة من غاز 150 Pa في الدرجة  $27^\circ C$ ، فإذا انخفض الضغط إلى 140 Pa بثبات الحجم، فتصبح درجة حرارة هذه العينة من الغاز مساوية:

10 K	b	280 K	a
2 K	d	7 K	c

توضيح الإجابة:

$$V = const. \leftarrow \text{حسب قانون غاي - لوساك:}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{150}{300} = \frac{140}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{140 \times 300}{150} \Rightarrow T_2 = 280 K$$

4 وعاء مغلق حجمه  $2 m^3$ ، يحتوي على عينة من غاز الأرجون في

الدرجة  $127^\circ C$  والضغط 16.628 Pa فيكون عدد مولات هذا الغاز في العينة مساوياً:  $R = 8.314 Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$

1.21 mol	b	0.01 mol	a
83.14 mol	d	0.82 mol	c

توضيح الإجابة:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{16.628 \times 2}{8.314 \times 400} \Rightarrow n = 0.01 mol$$

5 تتناسب كثافة أي غاز مثالي:

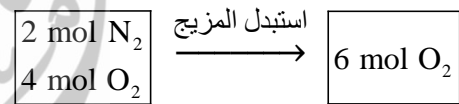
طرداً مع درجة الحرارة.	b	عكساً مع درجة الحرارة.	a
عكساً مع كتلته المولية.	d	عكساً مع ضغط الغاز.	c

6 يحوي مزيج غازي 2 mol من النيتروجين و 4 mol من الأكسجين

عند الضغط 0.98 atm، إذا استبدل المزيج في الشروط ذاتها بـ 6 mol من الأكسجين، فتكون قيمة الضغط الناتج مساوية:

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

توضيح الإجابة:



$$n_i = 6 mol$$

$$n_i = 6 mol$$

$$P_i = 0.98 atm$$

$$P_i = 0.98 atm$$

لا يتغير الضغط الكلي لأن عدد المولات الكلي لم يتغير.

7 نسبة سرعة انتشار غاز الأكسجين إلى سرعة انتشار غاز الهيدروجين

تساوي: علماً أن: O:16, H:1

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

توضيح الإجابة:

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

8 يزداد ضغط غاز موجود في وعاء مغلق عند:

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

توضيح الإجابة:

$$PV = n.R.T$$

أي كلما ازداد عدد الجزيئات يزداد الضغط (بثبات الحجم ودرجة الحرارة)

## أسئلة الخطوط البيانية

سؤال (1): يبين الخط البياني الآتي العلاقة بين ضغط عينة من غاز

P وحجمه V بثبات درجة الحرارة T.

المطلوب:

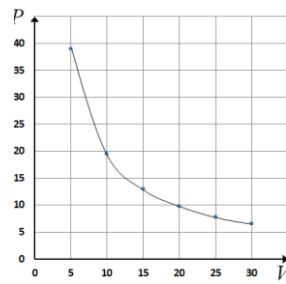
1 ماذا تستنتج من الخط البياني.

2 اكتب نص النتيجة (نص القانون)

التي توصلت إليها. ثم اكتب بالرموز

العلاقة الرياضية المعبرة عنها.

الجواب:



1 نستنتج من الخط البياني: يتناسب ضغط عينة من غاز P عكساً

مع حجمه V بثبات درجة الحرارة T.

2 نص النتيجة (نص القانون): جداء ضغط عينة من غاز P في حجمه

V يساوي مقدار ثابت const. بثبات درجة الحرارة T.

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

أي أن:

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

سؤال (2): يبين الخط البياني الآتي العلاقة بين حجم عينة من غاز V

ودرجة حرارته T بثبات الضغط P.

المطلوب:

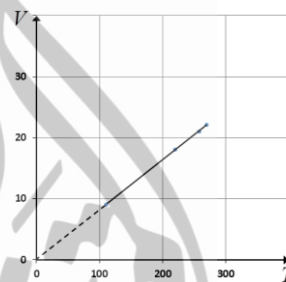
1 ماذا تستنتج من الخط البياني.

2 اكتب نص النتيجة (نص القانون)

التي توصلت إليها. ثم اكتب بالرموز

العلاقة الرياضية المعبرة عنها.

الجواب:



1 نستنتج من الخط البياني: يتناسب حجم عينة من غاز V طردياً

مع درجة حرارته T بثبات الضَّغط P.

2 نص النتيجة (نص القانون): نسبة حجم عينة من غاز V إلى درجة

حرارته T تساوي مقدار ثابت const. بثبات الضَّغط P.

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

أي أن:

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

سؤال (2): يبين الخط البياني الآتي العلاقة بين ضغط عينة من غاز

P ودرجة حرارته T بثبات الحجم V.

المطلوب:

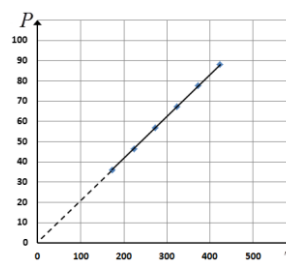
1 ماذا تستنتج من الخط البياني.

2 اكتب نص النتيجة (نص القانون)

التي توصلت إليها. ثم اكتب بالرموز

العلاقة الرياضية المعبرة عنها.

الجواب:



1 نستنتج من الخط البياني: يتناسب ضغط عينة من غاز P طردياً

مع درجة حرارته T بثبات الحجم V.

2 نص النتيجة (نص القانون): نسبة ضغط عينة من غاز P إلى درجة

حرارته T تساوي مقدار ثابت const. بثبات الحجم V.

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

أي أن:

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

## أسئلة نظرية

سؤال (1): تنتشر الغازات الآتية: O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> في الشروط ذاتها

من الضغط ودرجة الحرارة. المطلوب:

رتب هذه الغازات وفق تزايد سرعة انتشارها. علل إجابتك.

توضيح السؤال:

(تزايد سرعة الانتشار)

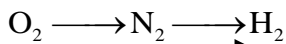
الأعلى سرعة انتشار → الأقل سرعة انتشار

الأصغر كتلة مولية → الأكبر كتلة مولية

الجواب:

نحسب الكتلة المولية لكل غاز:

الغاز	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
الكتلة المولية g.mol <sup>-1</sup>	2	28	32



تزايد سرعة الانتشار

التعليل: تزداد سرعة انتشار غاز بنقصان كتلته المولية.

سؤال (2): الشكل المرسوم جانباً، يُمثل فيه خطوط بيانية لثلاثة

غازات: (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ne).

المطلوب:

(a) حدد الغاز الذي يسلك سلوك:

1- غاز مثالي. 2- غاز حقيقي.

(b) اكتب الشروط الواجب توافرها في الغاز المثالي.

الجواب:

(a) الغاز الذي يسلك سلوك غاز مثالي هو: غاز Ne.

الغاز الذي يسلك سلوك غاز حقيقي هو: غاز CO<sub>2</sub>.

(b) 1 انعدام قوى التجاذب بين جزيئاته.

2 حجم جزيئات الغاز مهملة بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحتويه.

3 التصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة.

4 تتحرك جزيئات الغاز حركة عشوائية.

**المسألة الثانية:** يذوي وعاء مُغلق حجمه  $1.2 \text{ m}^3$  مزيجاً غازياً مكوّن من

$1.6 \text{ g}$  من غاز الميثان  $\text{CH}_4$  ، و  $3 \text{ g}$  من غاز الإيثان  $\text{C}_2\text{H}_6$  ، وكمية من غاز مجهول  $x$  ، إذا علمت أن الضّغط الكليّ للمزيج  $0.82 \text{ atm}$  في الدّرجة

$27^\circ \text{C}$  . المطلوب حساب:

① عدد مولات الغاز المجهول  $x$  .

② الضّغط الجزئيّ للغاز المجهول  $x$  .

③ الكسر الموليّ لغاز الميثان  $\text{CH}_4$  في المزيج .

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

**المسألة الثالثة:** مزيجٌ غازيٌّ في وعاء مُغلق حجمه  $16.4 \text{ L}$  مؤلّف من

$5\%$  بوتان  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  و  $95\%$  أرغون  $\text{Ar}$  ، إذا علمت أن الضّغط الكليّ

للمزيج  $20 \text{ atm}$  في الدّرجة  $127^\circ \text{C}$  . المطلوب حساب:

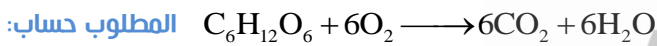
① عدد المولات الكليّ للمزيج في الوعاء .

② الضّغط الجزئيّ لغاز الأرغون في المزيج .

③ كتلة غاز البوتان في المزيج .

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

**المسألة الرابعة:** يتأكسد سكر العنب وفق المعادلة الآتية:



① ضغط غاز  $\text{O}_2$  اللازم لأكسدة  $60 \text{ g}$  من سكر العنب في الدّرجة

$27^\circ \text{C}$  ، علماً أنّ حجم غاز الأكسجين  $0.06 \text{ m}^3$

② كتلة غاز  $\text{O}_2$  اللازم للأكسدة في الشّروط السّابقة .

③ درجة الحرارة التي تجعل حجم غاز الأكسجين مساوياً  $70 \text{ L}$  بثبات

الضّغط .

④ كثافة غاز  $\text{O}_2$  المستعمل .

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

**المسألة الخامسة:** عينة من غاز عدد جزيئاتها  $12.044 \times 10^{23}$  في

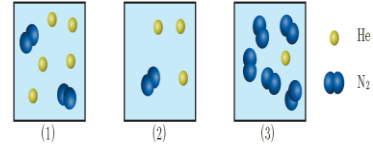
حجولة حجمها  $8.2 \text{ L}$  في الدّرجة  $27^\circ \text{C}$  . المطلوب حساب:

① عدد مولات هذا الغاز .

② ضغط هذه العينة من الغاز .

$$N_A = 6.022 \times 10^{23} \quad R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

**سؤال (3):** يمثل الشكل الآتي عينات غازية:



$$n_i = 7 \text{ mol} \quad 4 \text{ mol} \quad 6 \text{ mol}$$

$$n_{\text{He}} = 5 \text{ mol} \quad 3 \text{ mol} \quad 1 \text{ mol}$$

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

رتب هذه العينات حسب: (a) تزايد الضّغط الكلي .

(b) تزايد الضّغط الجزئي للهليوم .

الجواب:

(a) (1) → (3) → (2) تزايد الضّغط الكليّ .

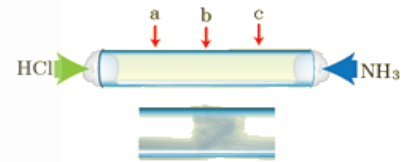
(b) (1) → (2) → (3) تزايد الضّغط الجزئيّ للهليوم  $\text{He}$  .

**سؤال (4):** يملأ أنبوب زجاجي طوله  $1 \text{ m}$  بغاز الأرغون عند الضّغط

$1 \text{ atm}$  ، وأغلق طرفيه بالقطن كما في الشكل . يدخل غاز  $\text{HCl}$  من أحد

طرفيه ، وغاز  $\text{NH}_3$  من الطرف الآخر في نفس الوقت .

يتفاعل الغازان ضمن الأنبوب الزجاجي ليتكون ملح  $\text{NH}_4\text{Cl}$  الصلب .



المطلوب: في أي نقطة a أو b أو c تتوقع أن يتكون الملح . ولماذا؟

علماً أنّ:  $\text{N}:14, \text{H}:1, \text{Cl}:35.5$

الجواب: نحسب الكتلة المولية لكل غاز:

$$M_{(\text{NH}_3)} = 17 \text{ g.mol}^{-1} \quad M_{(\text{HCl})} = 36.5 \text{ g.mol}^{-1}$$

نلاحظ أنّ:  $v_{(\text{NH}_3)} > v_{(\text{HCl})} \iff M_{(\text{NH}_3)} < M_{(\text{HCl})}$

$\iff$  أي أنّ سرعة انتشار غاز  $\text{NH}_3$  أكبر من سرعة انتشار غاز  $\text{HCl}$

$\iff$  يتشكل الملح في النقطة a .

**مسائل تدريبية:**

**المسألة الأولى:** وعاء مُغلق حجمه  $10 \text{ L}$  ، يحتوي على  $0.5 \text{ mol}$  من غاز

البوتين  $\text{C}_4\text{H}_8$  في الدّرجة  $127^\circ \text{C}$  . المطلوب:

① احسب قيمة الضّغط المطبق على الوعاء السّابق .

② إذا تحوّل غاز البوتين  $\text{C}_4\text{H}_8$  إلى غاز الإيثين  $\text{C}_2\text{H}_4$  عند الضّغط ودرجة

الحرارة ذاتها. المطلوب:

(a) اكتب معادلة التّفاعل الحاصل ، ووازنها .

(b) احسب عدد مولات غاز الإيثين النّاتج .

(c) احسب حجم غاز الإيثين النّاتج .

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

## تصنيف التفاعلات الكيميائية حسب سرعتها

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

الجواب:

تفاعلات سريعة جداً	تفاعلات بطيئة	تفاعلات بطيئة جداً
احتراق غاز البوتان.	صدأ الحديد.	تشكل النفط والغاز.

## السرعة الوسطية للتفاعل

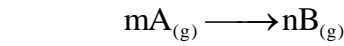
1 لهادة:

في التفاعل العام الآتي:

$mA_{(g)} \longrightarrow nB_{(g)}$	
عبارة السرعة الوسطية للتشكل (تكون) المادة B:	عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك (لاختفاء) المادة A:
$v_{avg(B)} = + \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$	$v_{avg(A)} = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$

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:



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

بالعلاقة:

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

أو:

ملاحظات:

1 لا تدخل الأمثال التفاعلية في عبارة السرعة الوسطية لمادة.

2 يدخل مقلوب الأمثال التفاعلية للمادة في عبارة السرعة

الوسطية للتفاعل.

3 تقاس وحدة السرعة بـ  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$ 

سؤال: مثل بيانياً تغير تركيز كل من المادتين A, B خلال سير التفاعل

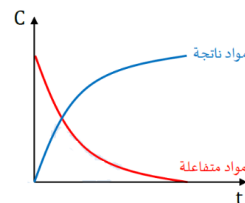


الآتي:

الجواب:

عند بداية التفاعل: تكون تراكيز المواد

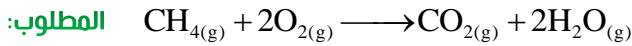
المتفاعلة أعظمية، أما تراكيز المواد الناتجة معدومة،



بمرور الزمن: تتناقص تراكيز المواد المتفاعلة لأنها تُستهلك أثناء

التفاعل وتزيد تراكيز المواد الناتجة لأنها تتشكل بالتدريج.

## المسألة الأولى: لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:



- 1 اكتب عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك غاز  $\text{O}_2$ .
- 2 اكتب عبارة السرعة الوسطية لتشكيل غاز  $\text{CO}_2$ .
- 3 اكتب العلاقة التي تربط بين السرعتين الوسطيتين السابقتين.
- 4 إذا علمت أن السرعة الوسطية لتشكيل  $\text{H}_2\text{O}$  تساوي

$$0.32 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

احسب قيمة السرعة الوسطية لاستهلاك غاز الميثان  $\text{CH}_4$ .

الحل:

- 1 عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك  $\text{O}_2$ :

$$v_{avg(\text{O}_2)} = - \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$$

- 2 عبارة السرعة الوسطية لتشكيل  $\text{CO}_2$ :

$$v_{avg(\text{CO}_2)} = + \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t}$$

- 3 العلاقة التي تربط بين السرعتين الوسطيتين السابقتين:

$$- \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = + \frac{\Delta[\text{CO}_2]}{\Delta t}$$

$$\frac{1}{2} v_{avg(\text{O}_2)} = v_{avg(\text{CO}_2)}$$

أو:

$$v_{avg(\text{CH}_4)} = ? \quad , \quad v_{avg(\text{H}_2\text{O})} = 0.32 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

نكتب العلاقة التي تربط بين السرعة الوسطية لاستهلاك  $\text{CH}_4$ والسرعة الوسطية لتشكيل  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$- \frac{\Delta[\text{CH}_4]}{\Delta t} = + \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$$

$$v_{avg(\text{CH}_4)} = \frac{1}{2} v_{avg(\text{H}_2\text{O})}$$

$$v_{avg(\text{CH}_4)} = \frac{1}{2} \times 0.32$$

$$\Rightarrow v_{avg(\text{CH}_4)} = 0.16 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

## المسألة الثانية: مشابهة للمسألة الأولى صفحة 59 كتاب

يحدث التفاعل الآتي في شروط مناسبة:  $A_{(g)} \longrightarrow 2B_{(g)} + 3C_{(g)}$ 

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

[A]	1	0.8	0.5
الزمن (s) t	0	10	20

المطلوب:

- 1 اكتب عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك A.
- 2 اكتب عبارة السرعة الوسطية لتشكيل B.
- 3 اكتب عبارة السرعة الوسطية للتفاعل.

4 احسب قيمة السرعة الوسطية لاستهلاك A بين اللحظتين 0 → 10s

5 احسب قيمة السرعة الوسطية لتشكيل B بين اللحظتين 10 → 20s

## الحل:

1 عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك A:

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

2 عبارة السرعة الوسطية لتشكّل B:

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

3 عبارة السرعة الوسطية للتفاعل:

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

$$v_{\text{avg}} = v_{\text{avg(A)}} = \frac{1}{2}v_{\text{avg(B)}} = \frac{1}{3}v_{\text{avg(C)}} \quad \text{أو:}$$

$$v_{\text{avg(A)}} = ? \quad 0 \rightarrow 10 \text{ s}$$

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

حيث:

$\Delta[A]:$	0.1 $\longrightarrow$ 0.8 mol.L <sup>-1</sup>
$\Delta t:$	0 $\longrightarrow$ 20 s

$$v_{\text{avg(A)}} = -\frac{(0.8-0.1)}{20-0}$$

نعوض:

$$\Rightarrow v_{\text{avg(A)}} = +0.02 \text{ mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{avg(B)}} = ? \quad 10 \rightarrow 20 \text{ s}$$

مخطط الحل: نحسب أولاً  $v_{\text{avg(A)}}$  ثم  $v_{\text{avg(B)}}$  وذلك لأن:

معطيات الجدول في نص المسألة هي للمادة A وليس للمادة B:

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

$\Delta[A]:$	0.8 $\longrightarrow$ 0.5 mol.L <sup>-1</sup>
$\Delta t:$	10 $\longrightarrow$ 20 s

$$v_{\text{avg(A)}} = -\frac{(0.5-0.8)}{20-10}$$

نعوض:

$$\Rightarrow v_{\text{avg(A)}} = +0.03 \text{ mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

نكتب العلاقة التي تربط بين السرعة الوسطية لاستهلاك A والسرعة

الوسطية لتشكّل B:

من الطلب 3 نجد:

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

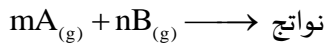
$$0.03 = \frac{1}{2}v_{\text{avg(B)}}$$

$$\Rightarrow v_{\text{avg(B)}} = 2 \times 0.03$$

$$\Rightarrow v_{\text{avg(B)}} = 0.06 \text{ mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

## السرعة اللحظية للتفاعل:

يحدث التفاعل الأولي الممثل بالمعادلة:



تُعطى عبارة السرعة اللحظية للتفاعل السابق بالعلاقة:

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

سرعة التفاعل تساوي: ثابت السرعة  $k$  مضروباً بجداء تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعة إلى أس يساوي الأمثال التفاعلية.

## ملاحظات:

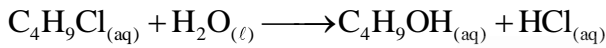
1 يتعلّق ثابت السرعة  $k$  ب:

طبيعة المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة معاً.

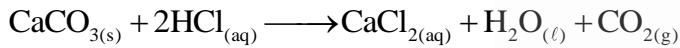
2 تتناسب سرعة التفاعل اللحظية في التفاعلات الأولية طردياً مع

تراكيز المواد الغازية (g) والمحاليل (aq) فقط.

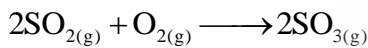
سؤال: اكتب عبارة السرعة اللحظية لكل من التفاعلات الأولية الآتية:



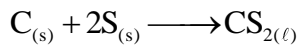
$$v = k [C_4H_9Cl]$$



$$v = k [HCl]^2$$

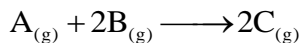


$$v = k [SO_2]^2 \cdot [O_2]$$



$$v = k$$

المسألة الثالثة: يحدث التفاعل الأولي الممثل بالمعادلة:

فإذا كان:  $[A]_0 = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  ،  $[B]_0 = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$ وقيمة ثابت سرعة هذا التفاعل  $k = 10^{-2}$  . المطلوب حساب:1 قيمة السرعة الابتدائية لهذا التفاعل  $v_0$ .2 سرعة التفاعل  $v$  بعد زمن ينقص فيه تركيز B بمقدار  $0.3 \text{ mol.L}^{-1}$ 3 سرعة التفاعل  $v'$  بعد زمن يصبح فيه تركيز B مساوياً  $0.4 \text{ mol.L}^{-1}$ 

4 تراكيز المواد المتفاعلة والنواتج عند توقف التفاعل.

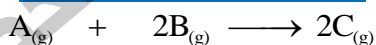
## الحل:

1  $v_0 = ?$ 

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

$$v_0 = (10^{-2})(0.5)(0.8)^2$$

$$\Rightarrow v_0 = 32 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$$



2

$$\begin{array}{ccc} \text{بدء} & 0.5 & 0.8 & 0 \\ \text{بعد زمن} & 0.5-x & 0.8-2x & 2x \end{array}$$

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

من الفرض:

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

نعوض في A و B لحساب v:

أجب عن الأسئلة الآتية:

① في التفاعل الأولي الآتي: نواتج  $2A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow$  بين كيف تتغير سرعة التفاعل إذا ازداد تركيز المادة A مرتين وانخفض تركيز المادة B مرتين.

الجواب:

$$[A]^1 = 2[A] \quad , \quad [B]^1 = \frac{[B]}{2} \quad \text{من الفرض:}$$

$$\frac{v^1}{v} = \frac{k[A]^2 \cdot [B]^1}{k[A]^2 \cdot [B]}$$

$$\frac{v^1}{v} = \frac{(2[A])^2 \cdot \left(\frac{[B]}{2}\right)}{[A]^2 \cdot [B]}$$

$$\frac{v^1}{v} = 2 \Rightarrow v^1 = 2v$$

تزداد السرعة مرتين.

② في التفاعل الأولي الآتي: نواتج  $A_{(g)} + 2B_{(g)} \longrightarrow$  بين كيف تتغير سرعة التفاعل إذا ازداد تركيز المادة B ثلاث مرات.

الجواب:

$$[A]^1 = [A] \quad , \quad [B]^1 = 3[B] \quad \text{من الفرض:}$$

$$\frac{v^1}{v} = \frac{k[A]^1 \cdot [B]^2}{k[A] \cdot [B]^2}$$

$$\frac{v^1}{v} = \frac{[A] \cdot (3[B])^2}{[A] \cdot [B]^2}$$

$$\frac{v^1}{v} = 9 \Rightarrow v^1 = 9v$$

تزداد السرعة تسع مرات.

③ في التفاعل الأولي الآتي: نواتج  $A_{(g)} + 2B_{(g)} \longrightarrow$  بين كيف تتغير سرعة التفاعل إذا تضاعف الضغط على الوعاء الذي يحدث فيه التفاعل (بثبات درجة الحرارة).

الجواب:

$$P^1 = 2P \Rightarrow V^1 = \frac{V}{2} \Rightarrow C^1 = 2C \quad \text{من الفرض:}$$

$$[A]^1 = 2[A] \quad , \quad [B]^1 = 2[B] \quad \text{ومنه:}$$

$$\frac{v^1}{v} = \frac{k[A]^1 \cdot [B]^2}{k[A] \cdot [B]^2}$$

$$\frac{v^1}{v} = \frac{2[A] \cdot (2[B])^2}{[A] \cdot [B]^2}$$

$$\frac{v^1}{v} = 8 \Rightarrow v^1 = 8v$$

تزداد السرعة ثماني مرات.

$$[A] = 0.5 - x = 0.5 - 0.15 = 0.35 \text{ mol.L}^{-1}$$

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

نحسب سرعة التفاعل v:

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

$$v = (10^{-2})(0.35)(0.5)^2$$

$$\Rightarrow v = 875 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$0.8 - 2x = 0.4$$

③ من الفرض:

$$\Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في A و B لحساب v:

$$[A]^1 = 0.5 - x = 0.5 - 0.2 = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[B]^1 = 0.8 - 2x = 0.8 - 2(0.2) = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$v^1 = k[A]^1[B]^2$$

$$v^1 = (10^{-2})(0.3)(0.4)^2$$

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

④ عند توقّف التفاعل يكون:

$$v = 0$$

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

$$[A] = 0$$

$$0.5 - x = 0$$

$$\Rightarrow x = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في B:

$$[B] = 0.8 - 2x$$

$$[B] = 0.8 - 2(0.5)$$

$$[B] = -0.2$$

مرفوض، لأنّ التراكيز موجبة دوماً.

$$[B] = 0$$

$$\Rightarrow 0.8 - 2x = 0$$

$$\Rightarrow x = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في A:

$$[A] = 0.5 - x$$

$$[A] = 0.5 - 0.4$$

$$[A] = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في C:

$$[C] = 2x$$

$$[C] = 2(0.4)$$

$$[C] = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

مقبول.

ملاحظة: عند زيادة ضغط الغاز ينقص حجمه ويزداد تركيزه

(والعكس صحيح)، بثبات درجة الحرارة.

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

$$P^1 = 2P \Rightarrow V^1 = \frac{V}{2} \Rightarrow C^1 = 2C \quad \text{فمثلاً:}$$

$$P^1 = \frac{P}{2} \Rightarrow V^1 = 2V \Rightarrow C^1 = \frac{C}{2}$$

من الفرض:

$$[A] = [B]$$

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

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

نعوض في A و B لحساب v:

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

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

$$v = k [A]^2 \cdot [B]$$

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

$$\Rightarrow v = 8 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

3

كل  $0.4 \text{ mol.L}^{-1}$  من المادة A يتفاعل منها  $2x \text{ mol.L}^{-1}$ كل  $100 \text{ mol.L}^{-1}$  من المادة A يتفاعل منها  $40 \text{ mol.L}^{-1}$ 

$$\Rightarrow 2x = \frac{0.4 \times 40}{100} = 0.16$$

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

نعوض في C:

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

4

من الفرض:

$$V^1 = 2V \Rightarrow C^1 = \frac{C}{2}$$

$$[A]^1 = \frac{[A]_0}{2}, \quad [B]^1 = \frac{[B]_0}{2}$$

$$\frac{v^1}{v_0} = \frac{k [A]^2 \cdot [B]^1}{k [A]^2 \cdot [B]}$$

$$\frac{v^1}{v_0} = \frac{\left(\frac{[A]_0}{2}\right)^2 \cdot \frac{[B]_0}{2}}{[A]_0^2 \cdot [B]_0}$$

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

تقل السرعة ثماني مرات.

$$v^1 = \frac{48 \times 10^{-5}}{8}$$

$$\Rightarrow v^1 = 6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

4 في التفاعل الأولي الآتي: نواتج  $2A_{(g)} \longrightarrow$ 

يبين كيف تتغير سرعة التفاعل إذا تضاعف حجم الوعاء الذي يحدث

فيه التفاعل (بثبات درجة الحرارة).

الجواب:

$$V^1 = 2V \Rightarrow C^1 = \frac{C}{2}$$

من الفرض:

$$[A]^1 = \frac{[A]}{2}$$

ومنه:

$$\frac{v^1}{v} = \frac{k [A]^2}{k [A]^2}$$

$$\frac{v^1}{v} = \frac{k [A]^2}{k [A]^2} = \frac{\left(\frac{[A]}{2}\right)^2}{[A]^2}$$

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

تقل السرعة أربع مرات.

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

ملاحظة: يُعطى التركيز المولي الحجمي بالعلاقة:

المسألة الرابعة: وُضع 4 mol من غاز A مع 3 mol من غاز B

في وعاء مغلق سعته 10 L، فحدث التفاعل الأولي في درجة حرارة

معينة وفق المعادلة:  $2A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow 2C_{(g)}$  فإذا كان ثابتسرعة هذا التفاعل  $k = 10^{-2}$  المطلوب:1 احسب قيمة السرعة الابتدائية لهذا التفاعل  $v_0$ .2 احسب قيمة سرعة التفاعل  $v$  بعد زمن يصبح فيه  $[A] = [B]$ .

3 احسب تركيز المادة C عندما يتفاعل 40% من المادة A.

4 بين بالحساب كيف تتغير السرعة الابتدائية لهذا التفاعل إذا

تضاعف حجم الوعاء الذي يحدث فيه (بثبات درجة الحرارة).

الحل:

1  $v_0 = ?$ 

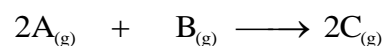
$$C_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [A]_0 = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1} \\ [B]_0 = \frac{3}{10} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$

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

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

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

2



بدء	0.4	0.3	0
-----	-----	-----	---

بعد زمن	$0.4 - 2x$	$0.3 - x$	$2x$
---------	------------	-----------	------

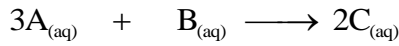


$$v_0 = k [A]_0^3 \cdot [B]_0$$

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

$$\Rightarrow v_0 = 432 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

2  $v = ?$  بعد زمن:



بدء	0.6	0.2	0
بعد زمن	$0.6 - 3x$	$0.2 - x$	$2x$

$$2x = 0.2 \quad \text{من الفرض:}$$

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

نعوض في A و B لحساب v:

$$[A] = 0.6 - 3x = 0.6 - 3(0.1) = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

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

$$v = k [A]^3 \cdot [B]$$

$$v = (0.1)(0.3)^3(0.1)$$

$$\Rightarrow v = 27 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$$

3  $[C] = ?$

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

كل  $100 \text{ mol.L}^{-1}$  من المادة A يتفاعل منها  $20 \text{ mol.L}^{-1}$

$$3x = \frac{0.6 \times 20}{100} = 0.12$$

$$\Rightarrow x = 0.04 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في C:

$$[C] = 2x = 2(0.04) = 0.08 \text{ mol.L}^{-1}$$

4 عند توقف التفاعل يكون:

$$v = 0$$

$$k[A]^3 \cdot [B] = 0 \quad : \quad k \neq 0$$

$$[A] = 0$$

$$0.6 - 3x = 0$$

$$\Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في B:

$$[B] = 0.2 - x$$

$$[B] = 0.2 - 0.2$$

$$[B] = 0 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في C:

$$[C] = 2x = 2(0.2)$$

$$[C] = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

مقبول.

$$[B] = 0$$

$$0.2 - x = 0$$

$$\Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في A:

$$[A] = 0.6 - 3x$$

$$[A] = 0.6 - 3(0.2)$$

$$[A] = 0 \text{ mol.L}^{-1}$$

نعوض في C:

$$[C] = 2x = 2(0.2)$$

$$[C] = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

مقبول.

## 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 يُعطى في نص المسألة التراكيز قبل المزج:

عندها نحسب التراكيز الجديدة من العلاقة:

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

2 يُعطى في نص المسألة عدد المولات قبل المزج:

عندها نحسب التراكيز الجديدة من العلاقة:

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

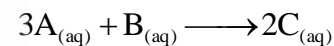
مع الانتباه إلى تحويل الحجم إلى L

## المسألة الخامسة: المسألة الثانية صفحة 59 كتاب

مُزج 600 mL من محلول مادة A تركيزه  $0.8 \text{ mol.L}^{-1}$  مع

200 mL من محلول مادة B تركيزه  $0.8 \text{ mol.L}^{-1}$  لتشكل المادة

C في شروط مناسبة، وفق التفاعل الأولي الآتي:



إذا علمت أن قيمة ثابت سرعة هذا التفاعل  $k = 0.1$  المطلوب:

1 احسب قيمة السرعة الابتدائية لهذا التفاعل  $v_0$ .

2 احسب سرعة التفاعل  $v$  بعد زمن يُصبح فيه تركيز المادة C

مساوياً  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

3 احسب تركيز المادة C عندما يتفاعل 20% من المادة A.

4 احسب تراكيز المواد A, B, C عند توقف التفاعل.

المعطيات:

A	B	$k = 0.1$
$0.8 \text{ mol.L}^{-1}$	$0.8 \text{ mol.L}^{-1}$	
600 mL	200 mL	

الحل:

1 يصبح الحجم الجديد بعد المزج:

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

نحسب التراكيز الجديدة بعد المزج:

$$n_{\text{المزج}} = n'_{\text{المزج}}$$

$$CV = C'V'$$

$$\Rightarrow C' = \frac{CV}{V'} \left\{ \begin{array}{l} [A]_0 = \frac{0.8 \times 600 \times 10^{-3}}{0.8} = 0.6 \text{ mol.L}^{-1} \\ [B]_0 = \frac{0.8 \times 200 \times 10^{-3}}{0.8} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \end{array} \right.$$

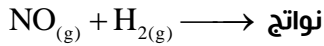
## رتبة التفاعل:

هي مجموع أسس تراكيز المواد المتفاعلة في عبارة سرعة التفاعل.

**ملاحظة:** إذا لم تذكر كلمة أولي في نص المسألة نضع  $x, y$  في عبارة السرعة اللحظية للتفاعل.

## المسألة السابعة: المسألة الرابعة صفحة 60 كتاب

يتفاعل أكسيد النيتروجين مع الهيدروجين وفق المعادلة:



وسُجِّلت البيانات الآتية عند إجراء التجربة لعدّة مرّات:

رقم التجربة	$[\text{H}_2]$	$[\text{NO}]$	$v \text{ (mol.L}^{-1}\text{.s}^{-1}\text{)}$
1	0.4	0.4	$1.23 \times 10^{-3}$
2	0.8	0.4	$2.46 \times 10^{-3}$
3	0.4	0.8	$4.92 \times 10^{-3}$

المطلوب:

① اكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية، وأوجد رتبته.

② احسب قيمة ثابت سرعة هذا التفاعل.

③ احسب سرعة التفاعل عندما يكون:

$$[\text{H}_2] = 0.02 \text{ mol.L}^{-1} \quad , \quad [\text{NO}] = 0.08 \text{ mol.L}^{-1}$$

الحل:

$$v = k [\text{NO}]^x [\text{H}_2]^y \quad ①$$

$$1.23 \times 10^{-3} = k (0.4)^x (0.4)^y \quad \dots\dots(1)$$

$$2.46 \times 10^{-3} = k (0.4)^x (0.8)^y \quad \dots\dots(2)$$

$$4.92 \times 10^{-3} = k (0.8)^x (0.4)^y \quad \dots\dots(3)$$

حساب  $y$ :

نقسّم العلاقة 2 على العلاقة 1:

$$\frac{2.46 \times 10^{-3}}{1.23 \times 10^{-3}} = \frac{k (0.4)^x (0.8)^y}{k (0.4)^x (0.4)^y}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{(0.8)^y}{(0.4)^y} \Rightarrow 2 = \left(\frac{2}{1}\right)^y$$

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

$$\Rightarrow y = 1$$

حساب  $x$ :

نقسّم العلاقة 3 على العلاقة 1:

$$\frac{4.92 \times 10^{-3}}{1.23 \times 10^{-3}} = \frac{k (0.8)^x (0.4)^y}{k (0.4)^x (0.4)^y}$$

$$\Rightarrow 4 = \frac{(0.8)^x}{(0.4)^x} \Rightarrow 4 = \left(\frac{2}{1}\right)^x$$

$$\Rightarrow 4 = (2)^x$$

$$\Rightarrow x = 2$$

نعوض قيمة  $x$  و  $y$  في عبارة السرعة اللحظية:

$$v = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]^1$$

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

← التفاعل من الرتبة الثالثة.

②  $k = ?$

من التجربة الأولى:  $1.23 \times 10^{-3} = k (0.4)^2 (0.4)$

$$\Rightarrow k = \frac{1.23 \times 10^{-3}}{(0.4)^2 (0.4)} = \frac{1.23 \times 10^{-3}}{64 \times 10^{-3}} \Rightarrow k = \frac{1.23}{64}$$

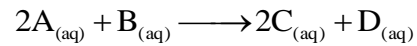
$$v = k [\text{NO}]^2 \cdot [\text{H}_2] \quad ③$$

$$v = \left(\frac{1.23}{64}\right) (0.08)^2 (0.02) = 2.46 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}\text{.s}^{-1}$$

## المسألة السادسة: المسألة الرابعة صفحة 82 كتاب

نضيف 200 mL تحوي 1.2 mol من محلول مادة A إلى 200 mL

تحوي 0.8 mol من محلول مادة B فيحدث التفاعل الأولي الآتي:



إذا علمت أن:  $k = 2 \times 10^{-2}$  . المطلوب حساب قيمة:

① السرعة الابتدائية لهذا التفاعل  $v_0$ .

② سرعة التفاعل  $v$  بعد زمن يتشكل فيه 0.4 mol من المادة D.

المعطيات:

A	B	$k = 2 \times 10^{-2}$
1.2 mol 200 mL	0.8 mol 200 mL	

الحل:

① يصبح الحجم الجديد بعد المزج:

$$V' = 200 + 200 = 400 \text{ mL} = 0.4 \text{ L}$$

نحسب التراكيز الجديدة بعد المزج:

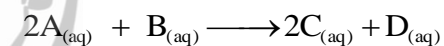
$$C_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{n}{V} \quad \left\{ \begin{array}{l} [\text{A}]_0 = \frac{1.2}{0.4} = 3 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{B}]_0 = \frac{0.8}{0.4} = 2 \text{ mol.L}^{-1} \end{array} \right.$$

$$v_0 = k [\text{A}]_0^2 [\text{B}]_0$$

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

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

②  $v = ?$  بعد زمن:



$$\begin{array}{cccc} 3 & 2 & 0 & 0 \\ 3-2x & 2-x & 2x & x \end{array}$$

نحسب تركيز المادة D:

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

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

نعوض في A و B لحساب  $v$ :

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

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

$$v = k [\text{A}]^2 \cdot [\text{B}]$$

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

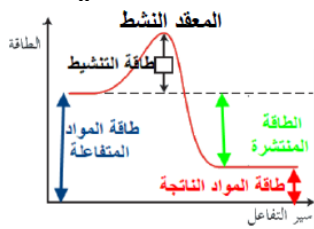
$$\Rightarrow v = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}\text{.s}^{-1}$$

**مراحل حدوث التفاعل الكيميائي:**

**سؤال (1):** تقوم نظرية التصادم على فرضيتين، عدّهما؟  
**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 تصادمات فعالة وأخرى غير فعالة.

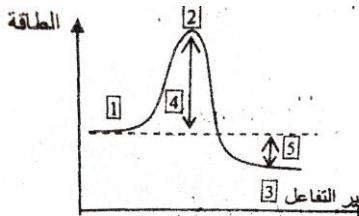
**سؤال (2):** اعتماداً على نظرية التصادمات، اكتب الشرطين اللذين ينبغي توافرها لكي يكون التصادم فعالاً؟  
**الشرط الأول:** أن تأخذ دقائق المواد المتفاعلة وضِعاً فراغياً مناسباً.  
**الشرط الثاني:** أن تمتلك دقائق المواد المتفاعلة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل (طاقة التنشيط).

**سؤال (3):** ارسم المخطط الطاقي لتفاعل ناشر للحرارة، ثم عدد المراحل التي تمر من خلالها التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط.



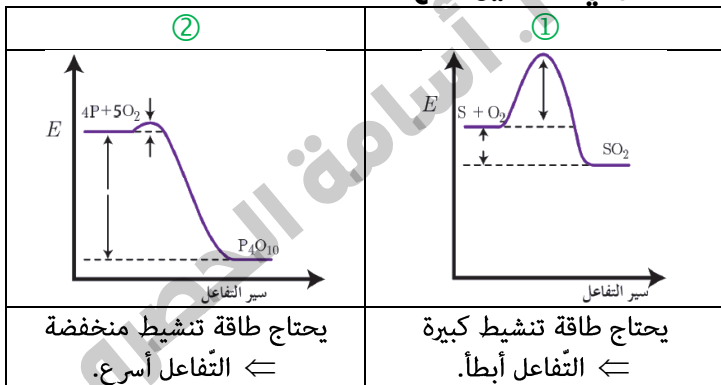
**المرحلة الأولى:** إضعاف روابط جزيئات المواد المتفاعلة.  
**المرحلة الثانية:** تشكل الحالة الانتقالية أو ما يسمى المعقد النشط.  
**المرحلة الثالثة:** تفكك المعقد النشط، وتشكل النواتج.

**سؤال (4):** يبين المخطط المجاور تغير الطاقة خلال مراحل حدوث التفاعل الكيميائي.  
**المطلوب:** بين اسم كل مرحلة، أو الطاقة المشار إليها.  
**الجواب:**

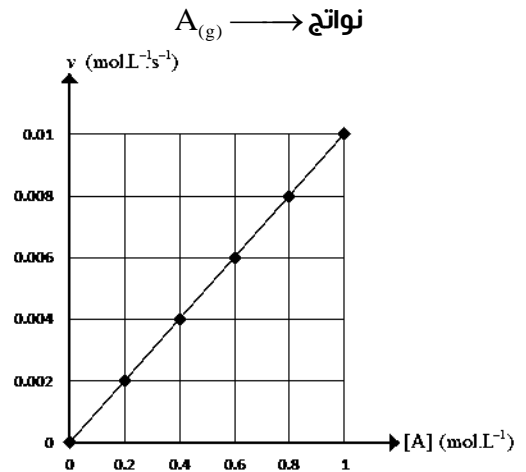


1 المواد المتفاعلة. 2 المعقد النشط. 3 المواد الناتجة.  
 4 طاقة التنشيط  $E_a$ . 5 الطاقة المنتشرة.

**سؤال (5):** ليكن لديك المخططين البيانيين الآتيين:  
**المطلوب:** أي التفاعلين يحتاج طاقة تنشيط أكبر؟ وأي التفاعلين أسرع؟ فسر ذلك.

**المسألة الثامنة: سؤال رقم 2 صفحة 59 كتاب**

يبين الشكل الآتي تغير سرعة التفاعل بتغير تركيز المادة A للتفاعل:



**المطلوب:**

- 1 اكتب عبارة السرعة اللحظية للتفاعل السابق، وأوجد رتبته.
- 2 احسب قيمة ثابت سرعة التفاعل.

**الحل:**

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

من الخط البياني يمكن استنتاج المعطيات الآتية:

$v$ (mol.L <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> )	[A]	رقم التجربة
0.002	0.2	1
0.004	0.4	2

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:

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

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

$$\Rightarrow x = 1$$

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

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

← التفاعل من الرتبة الأولى.

②  $k = ?$

من التجربة الأولى:

$$0.002 = k (0.2)$$

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

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

## ملاحظات هامة:

- ① **المعقد النشط:** هو مركب مرحلي غير ثابت يتشكل آنياً ولا يمكن فصله من المزيج التفاعلي.
- ② **طاقة التفاعل:** هي الفرق بين طاقة المواد الناتجة وطاقة المواد المتفاعلة.

③ **طاقة التنشيط  $E_a$ :**

هي الحد الأدنى من الطاقة الواجب توافره للوصول طاقة المواد المتفاعلة إلى الحالة الانتقالية.	تُمثل الفرق بين طاقة المعقد النشط وطاقة المواد المتفاعلة.
تتعلق ب: طبيعة المواد المتفاعلة.	كلما نقصت هذه الطاقة زادت سرعة التفاعل.

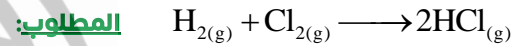
## العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي

① **طبيعة المواد المتفاعلة:**

- ① **بازدياد عدد الروابط** اللازم تحطيمها **تقل** سرعة التفاعل.
- ② **بازدياد طاقة الروابط** اللازم تحطيمها **تقل** سرعة التفاعل.

② **تراكيز المواد المتفاعلة:**

## سؤال (1): لديك التفاعل الأولي الممثل بالمعادلة الآتية:



- (a) اكتب عبارة السرعة اللحظية لهذا التفاعل، وحدد رتبته.
- (b) هل هذا التفاعل متجانس أم لا. علل إجابتك.
- (c) اقترح طريقتين تؤدي إلى زيادة سرعة هذا التفاعل.

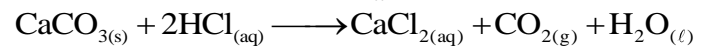
الجواب:

$$v = k [\text{H}_2] \cdot [\text{Cl}_2]$$

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

- (b) التفاعل متجانس، لأن المواد المتفاعلة والناتجة في طور واحد.
- (c) **طريقة ①:** زيادة تركيز  $\text{H}_2$ .
- طريقة ②:** زيادة تركيز  $\text{Cl}_2$ .

## سؤال (2): لديك التفاعل الأولي الممثل بالمعادلة الآتية:



المطلوب:

- (a) اكتب عبارة السرعة اللحظية لهذا التفاعل، وحدد رتبته.
- (b) هل هذا التفاعل متجانس أم لا. علل إجابتك.
- (c) اقترح طريقتين تؤدي إلى زيادة سرعة هذا التفاعل.

الجواب:

$$v = k [\text{HCl}]^2 \Rightarrow$$

- (a) التفاعل من الرتبة الثانية  $\Rightarrow$
- (b) التفاعل غير متجانس، لأن المواد المتفاعلة والناتجة في أطوار مختلفة.
- (c) **طريقة ①:** زيادة تركيز حمض كلور الماء  $\text{HCl}$ .
- طريقة ②:** تحويل قطعة  $\text{CaCO}_3(\text{s})$  إلى مسحوق.
- (زيادة مساحة سطح التماس المعرض للتفاعل).

③ **درجة الحرارة:**

تزداد سرعة التفاعل بازدياد درجة الحرارة.

④ **الوسيط (المواد المساعدة):**

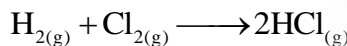
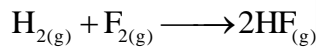
الوسيط: مادة تغيّر من سرعة التفاعل الكيميائي القابل للحدوث دون أن يتغيّر تركيبها الكيميائي في نهاية التفاعل.

يُقسم الوسيط إلى:

حفّاز (مسرّع للتفاعل)  $\Leftarrow$  يُقلّل طاقة التنشيط.مثبّط (مُبطئ للتفاعل)  $\Leftarrow$  يزيد طاقة التنشيط.

## أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي

- ① لا تدخل تراكيز المواد الصلبة  $S$  والسائلة  $l$  في عبارة سرعة التفاعل. لأن تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كميتها.
- ② بعض التصادمات ينتج عنها تفاعل كيميائي وليس جميعها. لأنه يوجد تصادمات فعّالة وأخرى غير فعّالة، ولا يحدث تفاعل كيميائي إلا إذا كان التصادم فعّالاً.
- ③ التفاعلات التي تحتاج طاقة تنشيط منخفضة تكون سريعة. لأن عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون كبيراً.
- ④ التفاعلات التي تحتاج طاقة تنشيط كبيرة تكون بطيئة. لأن عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون صغيراً.
- ⑤ يحترق البوتان  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  بسرعة أكبر من احتراق الأوكتان  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  في الشروط ذاتها. لأن عدد الروابط  $(\text{C}-\text{H})$  و  $(\text{C}-\text{C})$  في غاز البوتان أقل منها في غاز الأوكتان.
- ⑥ لديك التفاعلين الآتيين:



يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الفلور بسرعة أكبر من تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الكلور في الشروط ذاتها، علماً أن:

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

لأن الطاقة اللازمة لتحطيم الرابطة  $(\text{Cl}-\text{Cl})$  أكبر من الطاقة اللازمة لتحطيم الرابطة  $(\text{F}-\text{F})$ .

⑦ **تزداد سرعة التفاعل المتجانس بازدياد تراكيز المواد المتفاعلة.**

بسبب ازدياد عدد التصادمات الفعّالة بين جزيئات المواد المتفاعلة.

⑧ **يحترق الصوف المعدني عندما تكون نسبة الأكسجين 100 %**

بسرعة أكبر من احتراقه بأكسجين الهواء حيث نسبته 21 %.

لأن سرعة الاحتراق تزداد بازدياد تركيز غاز الأكسجين.

⑨ **يحترق مسحوق الفحم في الهواء بسرعة أكبر من احتراق قطعة**

الفحم المماثلة له بالكتلة وبالشروط ذاتها.

أ: تصدأ برادة الحديد بسرعة أكبر من قطعة الحديد.

أ: يتفاعل حمض كلور الماء مع مسحوق الزنك بسرعة أكبر من تفاعله مع قطعة الزنك المماثلة له بالكتلة وبالشروط ذاتها.

بسبب زيادة سطح التماس بين المواد المتفاعلة.

4 في التفاعل الآتي:  $2\text{SO}_{3(g)} \longrightarrow 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$

إذا تغير تركيز  $\text{SO}_3$  من  $0.6 \text{ mol.L}^{-1}$  إلى  $0.4 \text{ mol.L}^{-1}$  خلال 10 s ، فتكون قيمة السرعة الوسطية لتشكل  $\text{O}_2$  مساوية:

$0.02 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>b</b>	$0.01 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>a</b>
$0.04 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>d</b>	$0.03 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>c</b>

توضيح الإجابة:

$\Delta[\text{SO}_3]:$	$0.6 \longrightarrow 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$
$\Delta t:$	$0 \longrightarrow 10 \text{ s}$

نحسب أولاً  $v_{\text{avg}}(\text{SO}_3)$  ثم نحسب  $v_{\text{avg}}(\text{O}_2)$ :

$$v_{\text{avg}}(\text{SO}_3) = -\frac{\Delta[\text{SO}_3]}{\Delta t} = -\frac{(0.4 - 0.6)}{10 - 0}$$

$$\Rightarrow v_{\text{avg}}(\text{SO}_3) = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

نكتب العلاقة التي تربط بين السرعة الوسطية لاستهلاك  $\text{SO}_3$  والسرعة الوسطية لتشكل  $\text{O}_2$ :

$$-\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{SO}_3]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t}$$

$$\frac{1}{2} v_{\text{avg}}(\text{SO}_3) = v_{\text{avg}}(\text{O}_2)$$

$$\Rightarrow v_{\text{avg}}(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \times 0.02$$

$$\Rightarrow v_{\text{avg}}(\text{O}_2) = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

5 في التفاعل الأولي الآتي: نواتج  $3\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(g)} \longrightarrow$

إذا ازداد تركيز المادة A مثلياً ما كان عليه، فإن سرعة هذا التفاعل:

تزداد أربع مرّات.	<b>b</b>	تزداد ثماني مرّات.	<b>a</b>
تزداد مرتين.	<b>d</b>	لا تتأثر سرعة التفاعل.	<b>c</b>

توضيح الإجابة:

$$[\text{A}]^1 = 2[\text{A}]$$

من الفرض:

$$\frac{v^1}{v} = \frac{k[\text{A}]^3}{k[\text{A}]^3} = \frac{(2[\text{A}])^3}{[\text{A}]^3} = 8 \Rightarrow v^1 = 8v$$

تزداد السرعة ثماني مرّات.

مسائل تدريبية:

المسألة الأولى: وُضِعَ 8 mol من مادة A في وعاء مُغلق سعته

10 L ، وسُخِّنَ الوعاء إلى درجة حرارة معينة، فحدّث التفاعل الأولي الممثل

بالمعادلة الآتية:  $2\text{A}_{(g)} \longrightarrow 2\text{B}_{(g)} + \text{C}_{(g)}$  المطلوب:

1 احسب قيمة السرعة الابتدائية للتفاعل  $v_0$ ، علماً أنّ:  $k = 0.2$ .

2 احسب تركيز المادة C وسرعة التفاعل  $v$  بعد زمن يتفكك % 25 من المادة A.

3 احسب سرعة التفاعل  $v'$  بعد زمن يصبح فيه  $[\text{B}] = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$

4 كيف تتغير السرعة الابتدائية لهذا التفاعل إذا أصبح حجم الوعاء الذي يحدث فيه نصف ما كان عليه (بثبات درجة الحرارة).

10 تزداد سرعة التفاعل الكيميائي بازدياد درجة الحرارة.

بسبب ازدياد عدد الجزيئات التي تملك طاقة حركية أكبر أو تساوي طاقة التنشيط، فيزداد عدد التصادمات الفعّالة وبالتالي تزداد سرعة التفاعل.

11 تحفظ الأغذية المعلبة لفترة زمنية طويلة دون أن تفسد.

نتيجة إضافة مواد حافظة إليها تُبطئ سرعة تفاعل تحللها.

12 المواد الصلبة والسائلة الصرفة ذات تركيز ثابت.

لأنّ تغيّر عدد المولات يؤدي إلى تغيّر الحجم بنفس النسبة.

اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

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

التفاعل: نواتج  $\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(g)} \longrightarrow$  ولم تتغير سرعة التفاعل

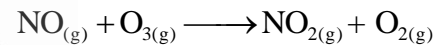
فتكون العلاقة الممثلة لسرعة هذا التفاعل هي:

$v = k[\text{A}][\text{B}]$	<b>b</b>	$v = k[\text{A}]$	<b>a</b>
$v = k[\text{B}]$	<b>d</b>	$v = k$	<b>c</b>

توضيح الإجابة:

بما أنه تم تغيير تركيز المواد المتفاعلة ولم تتغير سرعة التفاعل  $\Leftarrow$  سرعة التفاعل لا تتعلّق بتركيز كل من المادتين A , B في هذه الحالة  $\Leftarrow$  التفاعل من الرتبة صفر.

2 يحدث التفاعل الآتي في الغلاف الجوي:



على مرحلتين:

المرحلة الأولى: ذات تفاعل بطيء:  $\text{O}_{3(g)} \longrightarrow \text{O}_{2(g)} + \text{O}_{(g)}^{\bullet}$

المرحلة الثانية: ذات تفاعل سريع:  $\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{(g)}^{\bullet} \longrightarrow \text{NO}_{2(g)}$

فتكتب عبارة السرعة على الشكل:

$v = k[\text{O}_3]$	<b>b</b>	$v = k[\text{NO}][\text{O}^{\bullet}]$	<b>a</b>
$v = k[\text{NO}][\text{O}_3][\text{O}^{\bullet}]$	<b>d</b>	$v = k[\text{NO}][\text{O}_3]$	<b>c</b>

توضيح الإجابة:

المرحلة الأبطأ هي المحدّدة لسرعة التفاعل.

3 في التفاعل الآتي:  $2\text{A}_{(g)} + \text{B}_{(g)} \longrightarrow 3\text{C}_{(g)}$  إذا كانت قيمة

السرعة الوسطية لتشكل C تساوي  $0.15 \text{ mol.L}^{-1}$  فتكون قيمة

السرعة الوسطية لاستهلاك A مساوية:

$0.225 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>b</b>	$0.1 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>a</b>
$0.3 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>d</b>	$0.15 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$	<b>c</b>

توضيح الإجابة:

$$v_{\text{avg}}(\text{A}) = ? \quad , \quad v_{\text{avg}}(\text{C}) = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

نكتب العلاقة التي تربط بين السرعة الوسطية لاستهلاك A والسرعة الوسطية لتشكل C:

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

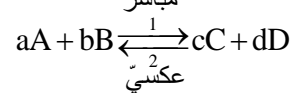
$$\frac{1}{2} v_{\text{avg}}(\text{A}) = \frac{1}{3} v_{\text{avg}}(\text{C})$$

$$\frac{1}{2} v_{\text{avg}}(\text{A}) = \frac{1}{3} \times 0.15$$

$$\Rightarrow v_{\text{avg}}(\text{A}) = \frac{2}{3} \times 0.15 = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

## تعريف التفاعل المتوازن:

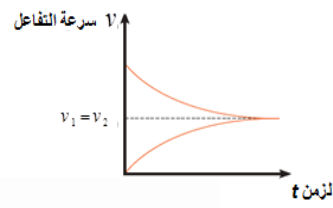
هو تفاعل عكوس وغير تام ويُمثَّل بمعادلة ذات اتجاهين متعاكسين:



## المفهوم الحركي للتوازن الكيميائي:

عند التوازن: } تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.  
تساوي سرعتي التفاعلين المباشر والعكسي.

تغير سرعتي التفاعلين المباشر والعكسي بدلالة الزمن:



تغير تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بدلالة الزمن:



## ثابت التوازن الكيميائي:

سؤال: دورة 2004

في التفاعل المتوازن الآتي:  $aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$ 

بفرض أن كل من التفاعلين المباشر والعكسي أوليان. المطلوب:  
(a) اكتب عبارة سرعة التفاعل المباشر وعبارة سرعة التفاعل العكسي.  
(b) استنتج علاقة ثابت التوازن.

الجواب:

(a) عبارة سرعة التفاعل المباشر (1):  $v_1 = k_1[A]^a \cdot [B]^b$ (a) عبارة سرعة التفاعل العكسي (2):  $v_2 = k_2[C]^c \cdot [D]^d$ 

(b) عند التوازن يكون:

$$v_1 = v_2$$

$$k_1[A]^a \cdot [B]^b = k_2[C]^c \cdot [D]^d$$

نعزل الثوابت لطرف والتراكيز لطرف آخر:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

حيث أن: النسبة  $\frac{k_1}{k_2}$  مقدار ثابت نرمز له بـ  $K_c$ .

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

وهي عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز  $K_c$ .

## ملاحظات:

① تُعطى عبارة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية بالعلاقة:

$$K_p = \frac{P_{(C)}^c \cdot P_{(D)}^d}{P_{(A)}^a \cdot P_{(B)}^b}$$

②  $K_p$  و  $K_c$  مقداران ثابتان ليس لهما واحدة.③ تتعلّق قيمة  $K_c$  و  $K_p$  بـ درجة الحرارة فقط.④ العلاقة التي تربط بين  $K_c$  و  $K_p$ :

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

حيث:

 $\Delta n$ : الفرق بين عدد المولات الغازية الناتجة وعدد المولات الغازية

$$\Delta n = n_2 - n_1$$

 $R$ : ثابت الغازات العام. $T$ : درجة الحرارة المطلقة (كلفن) حيث:  $T = C + 273$ ⑤ يكون  $K_p = K_c$  عندما: تتساوى عدد المولات الغازية في طرفي

المعادلة الموزونة، أي أنّ عدد المولات الغازية الناتجة تساوي عدد

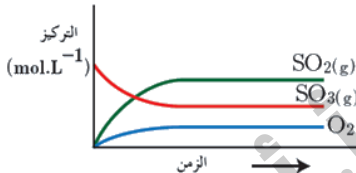
المولات الغازية المتفاعلة ( $n_2 = n_1$ ) وتكون عندها ( $\Delta n = 0$ ).سؤال (1): اكتب علاقة كل من ثابتي التوازن  $K_p$  و  $K_c$  لكل من

التفاعلات الآتية، ثم اكتب العلاقة التي تربط بينها لكل منها:

$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftharpoons H_2S_{(g)}$	$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)}$
$K_c = \frac{[H_2S]}{[H_2]}$	$K_c = \frac{[CH_4]}{[H_2]^2}$
$K_p = \frac{P_{(H_2S)}}{P_{(H_2)}}$	$K_p = \frac{P_{(CH_4)}}{P_{(H_2)}^2}$
$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ حيث: $\Delta n = n_2 - n_1$ $\Delta n = 1 - 1 = 0$ ومنه:	$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ حيث: $\Delta n = n_2 - n_1$ $\Delta n = 1 - 2 = -1$ ومنه:
$K_p = K_c (RT)^0$ $\Rightarrow K_p = K_c$	$K_p = K_c (RT)^{-1}$ $\Rightarrow K_p = \frac{K_c}{RT}$

سؤال (2): دورة 2020 الأولى

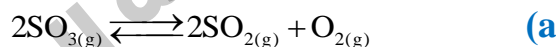
يمثل الشكل الآتي تفاعل متوازن. المطلوب كتابة:



(a) المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل، ووازنها.

(b) عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز.

الجواب:



$$K_c = \frac{[SO_2]^2 \cdot [O_2]}{[SO_3]^2} \quad (b)$$

## أهمية ثابت التوازن

تبيّن قيمة ثابت التوازن لتفاعل ما:

مدى تحوّل المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التوازن.

① إذا كانت قيمة  $K_c \gg 1$  (كبيرة):

← البسط &lt; المقام

← كمية المواد الناتجة &lt; كمية المواد المتفاعلة

← التفاعل يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.

② إذا كانت قيمة  $K_c \ll 1$  (صغيرة):

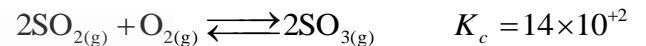
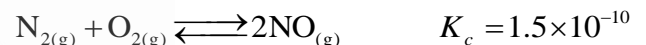
← البسط &gt; المقام

← كمية المواد الناتجة &gt; كمية المواد المتفاعلة

← التفاعل لا يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.

سؤال: قارن بين كمية المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند بلوغ

التوازن في كل من التفاعلين الآتيين:

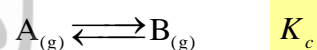
 $K_c \gg 1 \Rightarrow$  كمية المواد الناتجة أكبر من كمية المواد المتفاعلة. $K_c \ll 1 \Rightarrow$  كمية المواد الناتجة أقل من كمية المواد المتفاعلة.

## حساب ثابت التوازن من خلال المعادلات

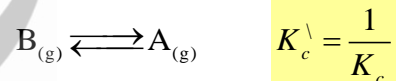
إذا عكس تفاعل ما، فإن ثابت التوازن الجديد يساوي مقلوب ثابت

التوازن الأصلي.

مثال: لديك التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية:



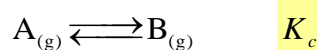
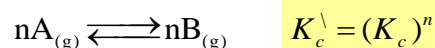
إذا عكس هذا التفاعل يُصبح:



إذا ضرب تفاعل برقم، فإن ثابت التوازن الجديد يرفع إلى أس

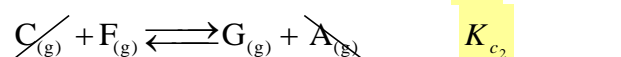
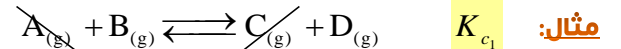
يساوي هذا العدد.

مثال: لديك التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية:

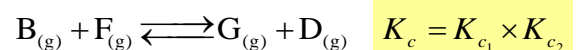
إذا ضرب هذا التفاعل بعدد ما ( $n$  مثلاً) يُصبح:

عند جمع تفاعلين، فإن ثابت التوازن للتفاعل الجديد يساوي جداء

قيم ثوابت التوازن لكل من هذين التفاعلين.



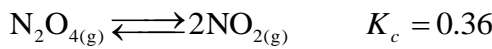
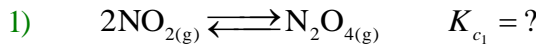
بجمع المعادلتين نحصل على:



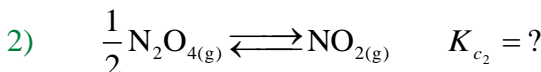
## الحالة الأولى: تُعطى معادلتين في نص الوسّالة:

إحداهما معلومة قيمة  $K_c$  والأخرى مجهولة قيمة  $K_c$ .طريقة الحل: نُغَيّر في المعادلة معلومة قيمة  $K_c$  للوصول إلىالمعادلة مجهولة قيمة  $K_c$ .

## تطبيق (1): لديك التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية:

المطلوب: احسب قيمة ثابت التوازن  $K_c$  لكل من التفاعلين الآتيين:

$$K_{c_1} = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{0.36} = \frac{100}{36} = \frac{25}{9} = 2.8$$

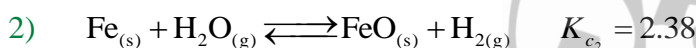


$$K_{c_2} = (K_c)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{K_c} = \sqrt{0.36} = \sqrt{36 \times 10^{-2}} = 0.6$$

## الحالة الثانية: تُعطى 3 معادلات في نص الوسّالة:

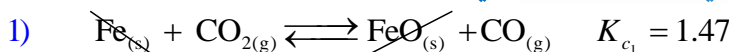
معادلتين منها معلومة قيمة  $K_c$  والثالثة مجهولة قيمة  $K_c$ .طريقة الحل: نجمع المعادلتين المعلومتين قيمة  $K_c$  بعد التغييرفيهما للوصول إلى المعادلة مجهولة قيمة  $K_c$ .

## تطبيق (2): استناداً إلى التفاعلين الآتيين:

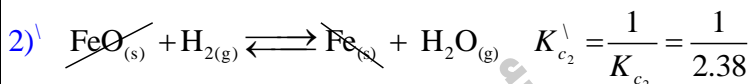
المطلوب: احسب قيمة ثابت التوازن  $K_c$  للتفاعل:

الحل:

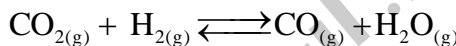
ن بقي المعادلة الأولى كما هي:



نعكس المعادلة الثانية:



بجمع المعادلتين السابقتين نحصل على:



$$K_c = K_{c_1} \times K_{c_2}^{-1}$$

$$K_c = 1.47 \times \frac{1}{2.38}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{147}{238}$$

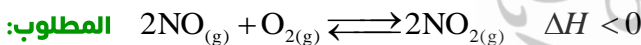
## الجواب:

التغيير/ التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة $K_c$
زيادة كمية A	يُرَجَّح التفاعل المباشر.	تنقص	تزداد	لا تتغير
نقصان كمية B	يُرَجَّح التفاعل العكسي.	تزداد	تنقص	لا تتغير
نقصان كمية C	يُرَجَّح التفاعل المباشر.	تنقص	تزداد	لا تتغير
زيادة كمية D	يُرَجَّح التفاعل العكسي.	تزداد	تنقص	لا تتغير
خفض الضغط	يُرَجَّح التفاعل المباشر.	تنقص	تزداد	لا تتغير
رفع درجة الحرارة	يُرَجَّح التفاعل العكسي.	تزداد	تنقص	تنقص

## ملاحظات:

- لا يؤثر تغيير الضغط في حالة التوازن إذا كان عدد المولات الغازية متساوياً في طرفي المعادلة. **مثال:**  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
- لا يؤثر تغيير الضغط في قيمة ثابت التوازن  $K_c$  (علل):  
لأن ثابت التوازن  $K_c$  يتعلق بدرجة الحرارة فقط.
- عندما يُرَجَّح التفاعل المباشر بتأثير تغيير درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التوازن  $K_c$ .
- عندما يُرَجَّح التفاعل العكسي بتأثير تغيير درجة الحرارة تنقص قيمة ثابت التوازن  $K_c$ .

## سؤال (1): في التفاعل المتوازن الآتي:



- اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز، ثم بدلالة الضغوط الجزئية.
- اكتب العلاقة التي تربط بين  $K_p$  و  $K_c$  لهذا التفاعل.
- بين تأثير رفع درجة الحرارة على حالة التوازن مع التفسير.
- اقترح طريقة تؤدي إلى زيادة قيمة ثابت التوازن  $K_c$  مع التفسير.

## الجواب:

1 و 2:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1$$

$$\Delta n = 2 - 3 = -1$$

$$K_p = K_c (RT)^{-1}$$

$$K_p = \frac{P_{(NO_2)}^2}{P_{(NO)}^2 \cdot P_{(O_2)}} \quad K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]}$$

- يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه العكسي لأنه الاتجاه الماص للحرارة.
- يخفض درجة الحرارة، حيث يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه المباشر مما يؤدي إلى زيادة تركيز المواد الناتجة ونقصان تركيز المواد المتفاعلة، وبالتالي زيادة قيمة ثابت التوازن.

## العوامل المؤثرة في حالة التوازن:

درس العالم لو شاتوليه التغيرات التي تؤثر في حالة التوازن الكيميائي، نص قاعدة لو شاتوليه: إذا حدث تغير في أحد العوامل المؤثرة في جملة كيميائية متوازنة مثل: التركيز أو الضغط أو درجة الحرارة  $\Leftarrow$  يختل التوازن  $\Leftarrow$  يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الذي يُعاكس فيه هذا التغير.

## 1 تأثير تغير التراكيز:

- عند زيادة تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التوازن، فيُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الذي ينقص فيه تركيز هذه المادة.
- عند نقصان تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التوازن، فيُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الذي يزداد فيه تركيز هذه المادة.

## 2 تأثير تغير الضغط:

- عند زيادة الضغط  $\Leftarrow$  يختل التوازن  $\Leftarrow$  يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الذي يحوي عدد مولات غازية أقل.
- عند نقصان الضغط  $\Leftarrow$  يختل التوازن  $\Leftarrow$  يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الذي يحوي عدد مولات غازية أكثر.

## 3 تأثير تغير درجة الحرارة:

- عند رفع درجة الحرارة  $\Leftarrow$  يختل التوازن  $\Leftarrow$  يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الماص للحرارة.
- عند خفض درجة الحرارة  $\Leftarrow$  يختل التوازن  $\Leftarrow$  يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الناشر للحرارة.

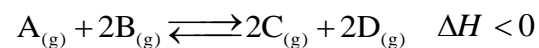
لمعرفة الاتجاه الناشر والماص للحرارة ننظر إلى قيمة  $\Delta H$  للتفاعل:

الشكل العام	نوع التفاعل	قيمة $\Delta H$
ماص $\rightleftharpoons$	ماص للحرارة.	$\Delta H > 0$ موجبة.
ناشر $\rightleftharpoons$	ناشر للحرارة.	$\Delta H < 0$ سالبة.

## 4 تأثير الحفاز:

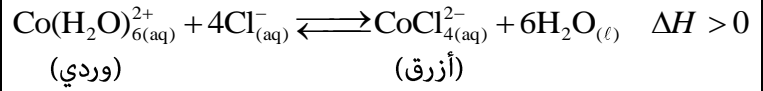
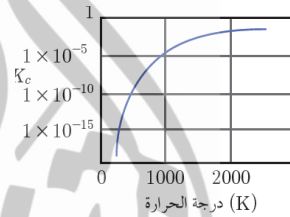
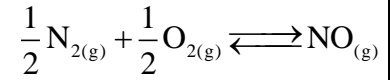
لا يؤثر الحفاز في حالة التوازن ولا في قيمة ثابت التوازن، وإنما يسرع الوصول إلى حالة التوازن.

## تطبيق (3): يحدث التفاعل المتوازن الآتي في شروط مناسبة:



- المطلوب: بين تأثير كل من: زيادة كمية A - نقصان كمية B - نقصان كمية C - زيادة كمية D - رفع درجة الحرارة - خفض الضغط. على كل من: حالة التوازن - كمية المواد المتفاعلة - كمية المواد الناتجة - قيمة  $K_c$ .



**سؤال (2): في التفاعل المتوازن الآتي:****المطلوب:****1** ما أثر رفع درجة الحرارة على حالة التوازن، وبماذا يتلون المحلول عندئذٍ.**2** ما أثر خفض درجة الحرارة على حالة التوازن، وبماذا يتلون المحلول عندئذٍ.**3** فسر ظهور اللون البنفسجي عند التوازن.**الجواب:****1** يُرجح التفاعل بالاتجاه المباشر، لأنه الاتجاه الماص للحرارة، ويتلون المحلول باللون الأزرق.**2** يُرجح التفاعل بالاتجاه العكسي، لأنه الاتجاه الناشر للحرارة، ويتلون المحلول باللون الوردي.**3** عند التوازن تتواجد الأيونات  $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_{6(\text{aq})}^{2+}$  ذي اللون الوردي، والأيونات  $\text{CoCl}_{4(\text{aq})}^{2-}$  ذي اللون الأزرق، فاللون البنفسجي مزيج من لونهما.**سؤال (3): يمثل المنحني البياني الآتي قيم مختلفة لثابت التوازن****Kc** بدلالة درجة الحرارة للتفاعل الآتي:**المطلوب:** بيّن فيما إذا كان التفاعل

ناشر للحرارة أم ماص للحرارة.

**الجواب:**نستنتج من الخط البياني: يرفع درجة الحرارة **تزداد** قيمة  $K_c$ .

← عندما يُرجح التفاعل المباشر.

→ يُرجح التفاعل الماص للحرارة.

وبالتالي: التفاعل ماص للحرارة  $\Delta H > 0$ .**سؤال (4): قيست قيم ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية في**درجات حرارة مختلفة:  $3\text{A}_{(\text{g})} + \text{B}_{(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{C}_{(\text{g})}$  **المطلوب:**

درجة الحرارة °C	قيم $K_p$
300	$4.34 \times 10^{-3}$
400	$1.64 \times 10^{-4}$

هل التفاعل ناشر للحرارة

أم ماص للحرارة؟ فسر إجابتك.

**الجواب:**نستنتج من الجدول: يرفع درجة الحرارة **تقل** قيمة  $K_p$ .

← عندما يُرجح التفاعل العكسي.

→ الماص للحرارة.

وبالتالي: التفاعل ناشر للحرارة  $\Delta H < 0$ .**اعط تفسيرا علميا لكل مما يأتي:****1** لا تُستهلك المواد المتفاعلة كلياً في التفاعلات المتوازنة.

لأنّ المواد الناتجة تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة في الشّروط ذاتها.

**2** يسمى التوازن في حال التفاعلات الكيميائية بالتوازن الحركي.لأنّ التوازن يحدث عندما تتساوى سرعة التفاعلين المباشر والعكسي ( $v_1 = v_2$ ). ولا تكون قيمة السرعة لأيّ منهما معدومة.**3** لا تظهر المواد الصلبة s والسائلة l في عبارة ثابت التوازن.

لأنّ تراكيزها تبقى ثابتة لا تتغير مهما اختلفت كمّيتها.

**4** تزداد قيمة ثابت التوازن عندما يُرجح التفاعل المباشر بتأثير تغيير درجة الحرارة.

بسبب ازدياد كمّية المواد الناتجة ونقصان كمّية المواد المتفاعلة.

$$\uparrow K_c = \frac{[\text{الناتج}]^\uparrow}{[\text{المتفاعلات}]^\downarrow} \quad \text{توضيح:}$$

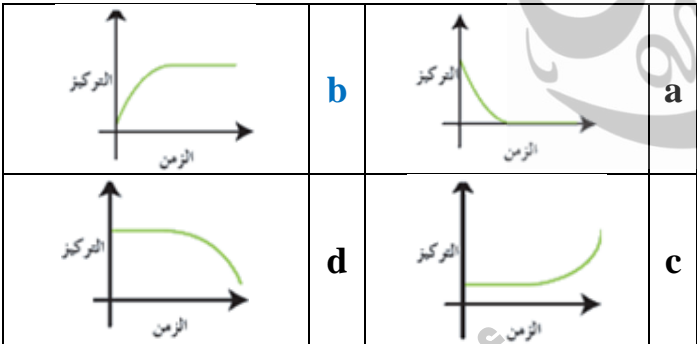
**5** تنقص قيمة ثابت التوازن عندما يُرجح التفاعل العكسي بتأثير تغيير درجة الحرارة.

بسبب نقصان كمّية المواد الناتجة وازدياد كمّية المواد المتفاعلة.

$$\downarrow K_c = \frac{[\text{الناتج}]^\downarrow}{[\text{المتفاعلات}]^\uparrow} \quad \text{توضيح:}$$

**6** إضافة حفاز تسرع الوصول إلى حالة التوازن.

لأنّ الحفاز يزيد من سرعة التفاعل المباشر وسرعة التفاعل العكسي بالمقدار ذاته.

**اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:****1** أحد الخطوط البيانية يمثل تغيير تركيز مادة ناتجة في تفاعل متوازن:**2** أحد العبارات صحيحة عند حدوث التوازن في التفاعل الكيميائي**المتوازن:**

a	يتوقّف التفاعل المباشر فقط.	b	يتوقّف التفاعل العكسي.
c	تتساوى سرعتا التفاعلين المباشر والعكسي.	d	تتساوى قيمة ثابت سرعة التفاعل المباشر وثابت سرعة التفاعل العكسي.

## 3 عند بلوغ حالة التوازن في التفاعلات المتوازنة:

تنخفض سرعة التفاعل المباشر.	b	ينخفض تركيز المواد الناتجة.	a
تتعدم سرعة التفاعل العكسي.	d	تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.	c

4 أي من التفاعلات الآتية تكون النسبة  $\frac{K_p}{K_c}$  أكبر عند درجة الحرارة

ذاتها:

$\Delta n = 0$	$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$	a
$\Delta n = 1$	$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	b
$\Delta n = 0$	$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftharpoons H_2S_{(g)}$	c
$\Delta n = 2$	$Ni(CO)_{2(s)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + 2CO_{(g)}$	d

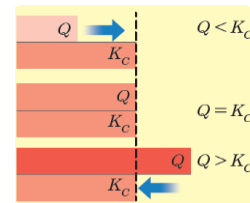
توضيح الإجابة:

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \Rightarrow \frac{K_p}{K_c} = (RT)^{\Delta n}$$

أي كلما كانت قيمة  $\Delta n$  أكبر كانت النسبة  $\frac{K_p}{K_c}$  أكبر.

## حاصل التفاعل Q

ثمائل عبارة حاصل التفاعل Q عبارة ثابت التوازن  $K_c$  حيث تؤخذ التراكيز في لحظة ما (دون شرط الوصول لحالة التوازن).



ونميز ثلاث حالات:

$Q > K_c$	$Q = K_c$	$Q < K_c$
تراكيز المواد الناتجة أكبر من تراكيزها في حالة التوازن.	التفاعل في حالة توازن.	تراكيز المواد الناتجة أقل من تراكيزها في حالة التوازن.
يرجح التفاعل العكسي على التفاعل المباشر للوصول إلى حالة التوازن.		يرجح التفاعل المباشر على التفاعل العكسي للوصول إلى حالة التوازن.

تطبيق: يحتوي وعاء حجمه 2 L على  $4 \times 10^{-2}$  mol من HI

و  $10^{-2}$  mol من  $H_2$  و  $2 \times 10^{-2}$  mol من  $I_2$  ويحدث فيه التفاعل وفق المعادلة:  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  إذا علمت أن قيمة ثابت

التوازن  $K_c = 50.5$  في الدرجة  $440^\circ C$ . المطلوب:

1 بين حسابياً إذا كان هذا التفاعل بحالة توازن أم لا.

أو: احسب قيمة حاصل التفاعل Q.

2 حدّد التفاعل الراجح (المباشر / العكسي) مع التعليل.

## الحل:

$$Q = ?$$

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \left\{ \begin{array}{l} [HI] = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \\ [I_2] = \frac{2 \times 10^{-2}}{2} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \\ [H_2] = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \end{array} \right.$$

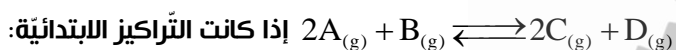
$$Q = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = \frac{(2 \times 10^{-2})^2}{(5 \times 10^{-3})(10^{-2})} \Rightarrow Q = 8$$

2 التفاعل ليس بحالة توازن، لأن:  $Q \neq K_c$

التفاعل الراجح هو التفاعل المباشر، لأن:  $Q < K_c$

## المسألة الأولى: دورة 2009

يحدث التفاعل المتوازن الآتي في درجة حرارة مناسبة:



$$[A]_0 = 2 \text{ mol.L}^{-1}, [B]_0 = 1.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

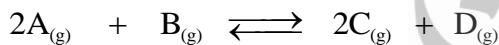
وعند التوازن كان  $[C]_{eq} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ . المطلوب حساب:

1 قيمة  $K_c$ ، ثم استنتج قيمة  $K_p$  للتفاعل السابق.

2 النسبة المئوية المتفاعلة من A للوصول إلى حالة التوازن.

## الحل:

1



بدء توازن	2	1.5	0	0
	$2 - 2x$	$1.5 - x$	$2x$	$x$

من الفرض:

$$[C]_{eq} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow 2x = 1$$

$$\Rightarrow x = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

نحسب التراكيز عند التوازن:

$$[A]_{eq} = 2 - 2x = 2 - 2(0.5) = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[B]_{eq} = 1.5 - x = 1.5 - 0.5 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[D]_{eq} = x = 0.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[C]^2 \cdot [D]}{[A]^2 \cdot [B]} = \frac{(1)^2 (0.5)}{(1)^2 (1)} \Rightarrow K_c = 0.5$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1$$

$$\Delta n = 3 - 3 = 0$$

$$\Rightarrow K_p = K_c = 0.5$$

③ طريقة ①: زيادة الضغط الكلي.

طريقة ②: زيادة كمية  $N_2$ .

طريقة ③: زيادة كمية  $H_2$ .

### المسألة الثانية: دورة 2015 الثانية

وُضِعَ 5 mol من  $NO_2$  في وعاء سعته 10 L، وسُخِّنَ إلى درجة

حرارة مناسبة فحدَثَ التفاعل:  $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$

وعند التوازن كان عدد مولات  $NO_2$  مساوياً لـ 2 mol. المطلوب:

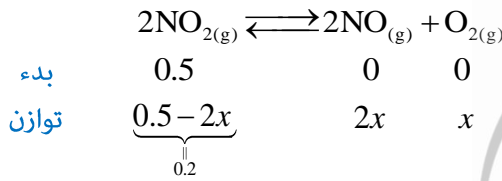
① احسب قيمة  $K_c$ .

② ما أثر زيادة حجم الوعاء الذي يحدث فيه هذا التفاعل على حالة التوازن (بثبات درجة الحرارة). علّل إجابتك.

### الحل:

① نحسب التركيز الابتدائي والتركيز عند التوازن لـ  $NO_2$ :

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [NO_2]_0 = \frac{5}{10} = 0.5 \text{ mol.L}^{-1} \\ [NO_2]_{eq} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$



ولكن:

$$[NO_2]_{eq} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow 0.5 - 2x = 0.2$$

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

نحسب التراكيز عند التوازن:

$$[NO]_{eq} = 2x = 2(0.15) = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[O_2]_{eq} = x = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$$

حساب قيمة ثابت التوازن  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[NO]^2 \cdot [O_2]}{[NO_2]^2}$$

$$K_c = \frac{(0.3)^2 (0.15)}{(0.2)^2}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{135}{400}$$

② زيادة حجم الوعاء  $\Leftrightarrow$  نقصان الضغط الكلي.

وبالتالي يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه الذي يحوي عدد مولات غازية أكثر، أي بالاتجاه المباشر في هذه الحالة.

②

كل  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  من المادة A يتفاعل منها  $1 \text{ mol.L}^{-1}$

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

$$\Rightarrow Z = \frac{1 \times 100}{2} = 50 \text{ mol.L}^{-1}$$

وكنسبة مئوية: 50 %

### المسألة الثانية: دورة 2019 الثانية

يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة:  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

في درجة حرارة مناسبة، في وعاء مغلق حجمه 10 L

وعند بلوغ التوازن كان عدد مولات غاز النتروجين 2 mol،

وغاز الهيدروجين 6 mol، وغاز النشادر 4 mol. المطلوب:

① احسب قيمة  $K_c$ .

② احسب التراكيز الابتدائي لكل من  $N_2$  و  $H_2$ .

③ اقترح ثلاث طرائق تؤدي إلى زيادة كمية  $NH_3$  الناتج.

### الحل:

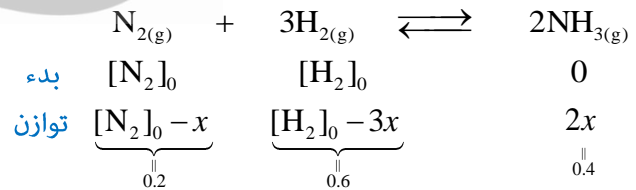
① لحساب  $K_c$  نحسب أولاً تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند التوازن:

$$C_{mol.L^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [N_2]_{eq} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \\ [H_2]_{eq} = \frac{6}{10} = 0.6 \text{ mol.L}^{-1} \\ [NH_3]_{eq} = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$

حساب قيمة ثابت التوازن  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} = \frac{(0.4)^2}{(0.2)(0.6)^3} = \frac{100}{27} \Rightarrow K_c = 3.7$$

②



$$[NH_3]_{eq} = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\Rightarrow 2x = 0.4$$

$$\Rightarrow x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

ولكن:

نحسب التراكيز الابتدائية:

$$[N_2]_0 - x = 0.2$$

$$[N_2]_0 - 0.2 = 0.2$$

$$\Rightarrow [N_2]_0 = 0.4 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H_2]_0 - 3x = 0.6$$

$$[H_2]_0 - 3(0.2) = 0.6$$

$$\Rightarrow [H_2]_0 = 1.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

**المسألة الخامسة: تطبيق 8 صفحة 73 كتاب**

وُضِعَ 4 mol من  $PCl_5$  في وعاء مغلق سعته 2 L وسُخِّنَ الوعاء إلى الدرجة 500 K فتفكَّك منه 10 % عند بلوغ التوازن وفق المعادلة الآتية:  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$  **المطلوب:**

① احسب قيمة  $K_c$ ، ثم  $K_p$ .

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

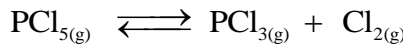
② ما تأثير زيادة تركيز  $PCl_5$  على حالة التوازن. علِّل إجابتك.

③ ما تأثير نقصان تركيز  $PCl_3$  على حالة التوازن. علِّل إجابتك.

**الحل:**

① نحسب التركيز الابتدائي لـ  $PCl_5$ :

$$C_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{n}{V} \Rightarrow [PCl_5]_0 = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol.L}^{-1}$$



بدء	2	0	0
توازن	2-x	x	x

كل  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  من  $PCl_5$  يتفكَّك منه  $x \text{ mol.L}^{-1}$

كل  $100 \text{ mol.L}^{-1}$  من  $PCl_5$  يتفكَّك منه  $10 \text{ mol.L}^{-1}$

$$\Rightarrow x = \frac{10 \times 2}{100} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

نحسب تراكيز المواد المتفاعلة والنتيجة عند التوازن:

$$[PCl_5]_{\text{eq}} = 2 - x = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[PCl_3]_{\text{eq}} = [Cl_2]_{\text{eq}} = x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

حساب قيمة ثابت التوازن  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[PCl_3].[Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{(0.2)(0.2)}{1.8} \Rightarrow K_c = \frac{1}{45}$$

حساب قيمة ثابت التوازن  $K_p$ :

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_2 - n_1 \Rightarrow \Delta n = 2 - 1 = 1$$

$$K_p = \frac{1}{45} \times (0.082 \times 500)^1 = \frac{8.2 \times 5}{45} = \frac{41}{45}$$

② يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه المباشر، لكي يُنقص من تركيز  $PCl_5$ .

③ يُرَجَّح التفاعل بالاتجاه المباشر، لكي يزيد من تركيز  $PCl_3$ .

**المسألة السادسة: المسألة الثالثة صفحة 82 كتاب**

عند بلوغ التوازن في التفاعل:  $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$

تكون التراكيز  $[NO]_{\text{eq}} = 0.24 \text{ mol.L}^{-1}$ ،  $[O_2]_{\text{eq}} = 0.12 \text{ mol.L}^{-1}$

$$[NO_2]_{\text{eq}} = 0.06 \text{ mol.L}^{-1}$$

**المطلوب حساب:**

① قيمة  $K_c$ .

② التركزب الابتدائي لـ  $NO_2$ .

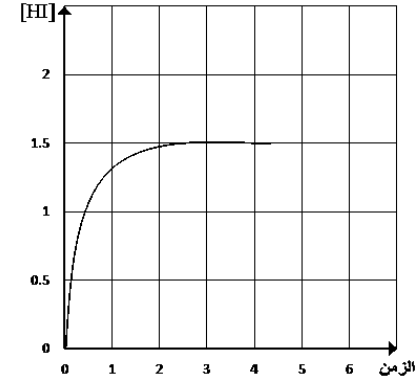
③ النسبة المئوية المتفكَّكة من غاز  $NO_2$  حتى بلوغ التوازن.

**المسألة الرابعة: المسألة السادسة صفحة 78 كتاب**

يتفاعل 1 mol من بخار اليود مع 1 mol من غاز الهيدروجين في وعاء

مغلق حجمه 1 L وفق:  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

حيث يبيِّن المخطَّط الآتي تغيُّر تركيز يود الهيدروجين بدلالة الزمن:



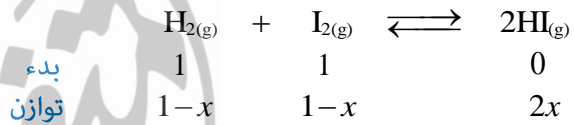
① احسب قيمة  $K_c$ .

② ارسم خطاً بيانياً يوضِّح تغيُّر تركيز  $H_2$  بدلالة الزمن.

**الحل:**

① نحسب التركيز الابتدائي لكل من المادتين  $H_2$  و  $I_2$ :

$$C_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{n}{V} \begin{cases} [I_2]_0 = \frac{1}{1} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \\ [H_2]_0 = \frac{1}{1} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \end{cases}$$



نعلم أنه عند التوازن تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والنتيجة، ومن الخط البياني نستنتج أن:

$$[HI]_{\text{eq}} = 1.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

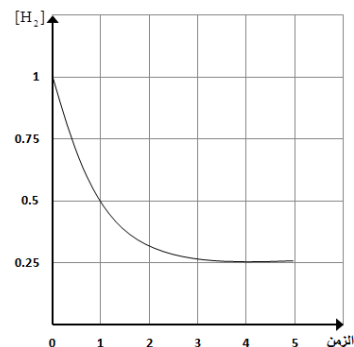
$$\Rightarrow 2x = 1.5$$

$$\Rightarrow x = 0.75 \text{ mol.L}^{-1}$$

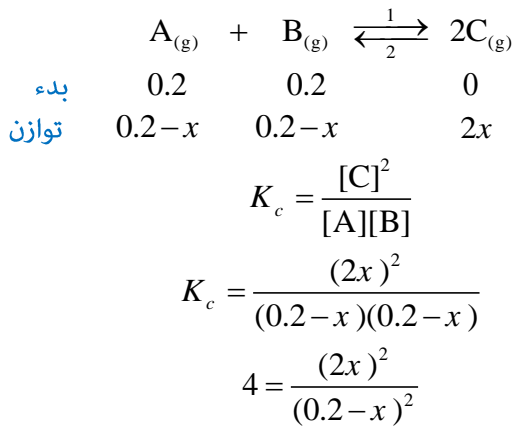
$$[H_2]_{\text{eq}} = [I_2]_{\text{eq}} = 1 - x = 1 - 0.75 = 0.25 \text{ mol.L}^{-1}$$

حساب قيمة ثابت التوازن  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]} = \frac{(1.5)^2}{(0.25)(0.25)} = 36$$



الحل:



نجذر الطرفين:

$$2 = \frac{2x}{(0.2-x)}$$

$$2x = 0.4 - 2x$$

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

وبالتالي تكون التراكيز عند التوازن:

$$[A]_{eq} = [B]_{eq} = 0.2 - x = 0.2 - 0.1 = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[C]_{eq} = 2x = 2(0.1) = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

## مسائل تدريبية:

**المسألة الأولى:** وُضِعَ 5 mol من غاز  $SO_3$  في وعاء مُغلق سعته 10 L وسُخِّنَ الوعاء إلى الدرجة 500 K فتفكَّك منه 40 % عند بلوغ التوازن وفق المعادلة:  $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$  **المطلوب حساب:**

- 1 تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند التوازن.
- 2 قيمة ثابت التوازن  $K_c$  للتفاعل السابق.
- 3 قيمة ثابت التوازن  $K_p$ .

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

**المسألة الثانية:** وُضِعَ 2 mol من غاز الهيدروجين  $H_2$  مع 3 mol من بخار اليود  $I_2$  في وعاء مُغلق سعته 10 L، فحدَّث التفاعل الاتي في شروط مناسبة:  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  وعند التوازن كان عدد مولات يود الهيدروجين HI مساوياً 3.6 mol **المطلوب:**

- 1 احسب ثابت التوازن  $K_c$  للتفاعل السابق.
- 2 ما قيمة  $K_p$  لهذا التفاعل، علِّل إجابتك.

**المسألة الثالثة:** عند بلوغ التوازن في التفاعل الاتي:



$$[B] = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}, [A] = 0.16 \text{ mol.L}^{-1}$$

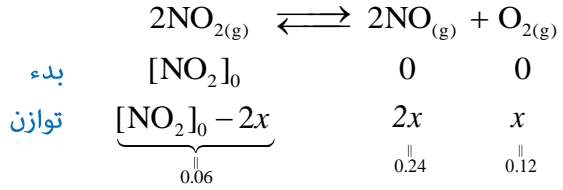
$$[C] = 0.04 \text{ mol.L}^{-1}$$

المطلوب:

- 1 احسب قيمة  $K_c$ .
- 2 احسب قيمة التركيز الابتدائي للمادة A.
- 3 ما أثر زيادة الضغط الكلي فقط على حالة التوازن، علِّل إجابتك.

1 حساب قيمة ثابت التوازن  $K_c$ :

$$K_c = \frac{[NO]^2[O_2]}{[NO_2]^2} = \frac{(0.24)^2(0.12)}{(0.06)^2} \Rightarrow K_c = 192 \times 10^{-2}$$



$$[O_2]_{eq} = 0.12 \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{ولكن:}$$

$$\Rightarrow x = 0.12 \text{ mol.L}^{-1}$$

حساب التركيز الابتدائي لـ  $NO_2$ :

$$[NO_2]_0 - 2x = 0.06$$

$$[NO_2]_0 = 0.06 + 2x$$

$$[NO_2]_0 = 0.06 + 2(0.12)$$

$$\Rightarrow [NO_2]_0 = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}$$

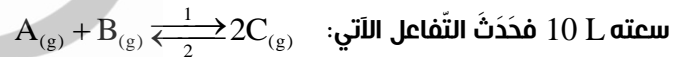
كل  $0.3 \text{ mol.L}^{-1}$  من  $NO_2$  يتفكك منه  $0.24 \text{ mol.L}^{-1}$ كل  $100 \text{ mol.L}^{-1}$  من  $NO_2$  يتفكك منه  $Z \text{ mol.L}^{-1}$ 

$$\Rightarrow Z = \frac{0.24 \times 100}{0.3} = 80 \text{ mol.L}^{-1}$$

وكنسبة مئوية: 80 %

## المسألة السابعة: المسألة الثانية صفحة 82 كتاب

وُضِعَ 2 mol من مادة A مع 2 mol من مادة B في وعاء مغلق سعته 10 L فحدَّث التفاعل الاتي:

إذا علمت أن قيمة ثابت سرعة التفاعل المباشر  $k_1 = 8.8 \times 10^{-2}$ ،وقيمة ثابت سرعة التفاعل العكسي  $k_2 = 2.2 \times 10^{-2}$  **المطلوب:**

- 1 احسب قيمة  $K_c$ .
- 2 احسب تراكيز كل من المواد الثلاث عند التوازن.

الحل:

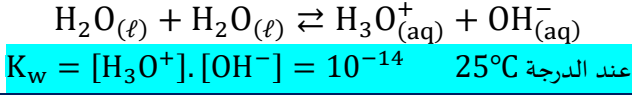
1 حساب قيمة ثابت التوازن  $K_c$ :

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{8.8 \times 10^{-2}}{2.2 \times 10^{-2}} \Rightarrow K_c = 4$$

2 نحسب أولاً التركيز الابتدائي لكل من المادتين A و B:

$$C_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{n}{V} \left\{ \begin{array}{l} [A]_0 = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \\ [B]_0 = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \end{array} \right.$$

## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غربا



### قوة الحمض وقوة الأساس:

- تقاس قوة الحمض بسهولة منحه لبروتون (تأينته).
  - تقاس قوة الأساس بسهولة استقباله لبروتون (تأينته).
- يُعبّر عن درجة تأين الحموض والأسس بالعلاقتين التاليتين:

$$\alpha_{\text{لحموض}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_a}, \quad \alpha_{\text{للأسس}} = \frac{[\text{OH}^-]}{C_b}$$

حيث:  $C_a, C_b$  التراكيز الابتدائية للأساس والحمض على الترتيب.

يمكن التعبير عن درجة التأين كنسبة مئوية:  $\alpha\% = \alpha \times 100$

- كلما كان الحمض قوياً كلما كان أساسه المرافق أكثر ضعفاً (علاقة عكسية).
- كلما كان الأساس قوياً كلما كان حمضه المرافق أكثر ضعفاً (علاقة عكسية)

### الأس الهيدروجيني:

يُعبّر الأس الهيدروجيني عن مقدار حموضة أو قلوية وسط ما.  
عندما يكون:

$$\text{pH} > 7 \Leftrightarrow \text{الوسط قلوياً ويكون } [\text{OH}^-] > [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = 7 \Leftrightarrow \text{الوسط معتدلاً ويكون } [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} < 7 \Leftrightarrow \text{الوسط حمضياً ويكون } [\text{OH}^-] < [\text{H}_3\text{O}^+]$$

ويتم حساب الأس الهيدروجيني pH من العلاقة:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

كما يوجد ما يسمى بالأس الهيدروكسيدي pOH:

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

وعندما يكون:

$$\text{pOH} > 7 \Leftrightarrow \text{الوسط حمضياً.}$$

$$\text{pOH} = 7 \Leftrightarrow \text{الوسط معتدلاً.}$$

$$\text{pOH} < 7 \Leftrightarrow \text{الوسط قلوياً.}$$

والعلاقة بين pH و pOH:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

### ثابت تأين الحموض الضعيفة أحادية الوظيفة:

بفرض لديك الحمض الضعيف HA، المطلوب:

1- اكتب معادلة تأينه.

2- اكتب عبارة ثابت تأين الحمض الضعيف.

3- أثبت أن:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{C_a \cdot K_a}$

ط1: معادلة التأين:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

ط2: عبارة ثابت التأين:  $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$

ومن معادلة التأين السابقة نلاحظ أن:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-]$  لذلك:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{HA}]}$$

ط3: نعزل  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = K_a \cdot [\text{HA}]$

بجذر الطرفين:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot [\text{HA}]}$

### الحموض والأسس:

#### • نظريات في الحموض والأسس:

لويس	برونشتد - لوري	أرينيوس	
قادر على استقبال زوج الكتروني أو أكثر من مادة تتفاعل معه	قادر على منح بروتون $\text{H}^+$ أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معه	يحرر بروتون $\text{H}^+$ أو أكثر عند انحلاله بالماء	الحمض
قادر على منح زوج الكتروني أو أكثر لمادة تتفاعل معه	قادر على استقبال بروتون $\text{H}^+$ أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معه	يحرر أيون هيدروكسيد $\text{OH}^-$ أو أكثر عند انحلاله بالماء	الأساس

ملاحظة: غالباً جميع المركبات الحاوية على N و O تلعب دور أسس وبينما والأيونات الموجبة و المركبات التي تحوي عنصر البور B تلعب دور حموض لويس.

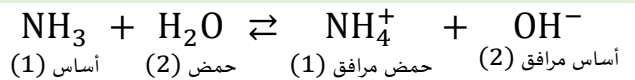
#### أمثلة على حموض لويس:

		$\text{NH}_3$ : أساس لويس.	$\text{BF}_3$ : حمض لويس.
$\text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$	$\text{H}_2\text{O}$ : أساس لويس	تنشأ بينهما رابطة تساندية.	تنشأ بينهما رابطة تساندية

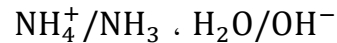
#### كتابة معادلات تأين الحموض والأسس:

- عند كتابة معادلة تأين الحموض نضع الحمض + ماء.
- عند كتابة معادلة تأين الأسس لا نضع ماء الامع الأسس التي لا تحوي OH مثل  $\text{NH}_3$ .
- الحموض والأسس القوية تأينها تام (السهم باتجاه واحد  $\rightarrow$ )
- الحموض والأسس الضعيفة تأينها جزئي (سهمين  $\rightleftharpoons$ ).

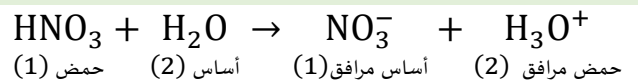
اكتب معادلة تأين غاز النشادر في الماء وحدد الأزواج المترافقة (أساس/حمض) وفق نظرية برونشتد - لوري.



أو نكتب الأزواج المترافقة على الشكل: (الأساس على اليمين والحمض على اليسار)



اكتب معادلة تأين حمض الأزوت، ثم حدد الأزواج المترافقة (أساس/حمض) وفق نظرية برونشتد لوري.



أو نعبر عنهم بالشكل:  $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-, \text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$

نلاحظ أن الماء يستطيع أن يلعب دور حمض ودور أساس لذلك نقول عنه أنه مركب مذبذب وتكتب عبارة التأين الذاتي للماء بالشكل:

مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غربا

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a} = \frac{10^{-5}}{0.2} = 5 \times 10^{-5}$$

ط5:  $pH' = 6 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-6} \text{ mol. L}^{-1}$

$$\frac{[H_3O^+]_{\text{الجديد}}}{[H_3O^+]_{\text{القديم}}} = \frac{10^{-6}}{10^{-5}} = 10^{-1}$$

$$[H_3O^+]_{\text{الجديد}}' = 10^{-1} \cdot [H_3O^+]_{\text{القديم}} = \frac{1}{10} [H_3O^+]_{\text{القديم}}$$

أي أنّ  $[H_3O^+]$  قد قلّ عشر مرات.

**مسألة(2):** يُذاب 8g من هيدروكسيد الصوديوم بالماء

المقطر، ويكمل الحجم إلى 2L والمطلوب حساب:

1. قيمة  $[OH^-]$  ،  $[H_3O^+]$ .

2. قيمة  $pOH$ ،  $pH$  للمحلول.

3. حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 50 mL من

المحلول السابق ليصبح قيمة  $pH = 11$ . علماً أنّ:

(Na: 23, O: 16, H: 1)

الحل: ط1: في البداية نحسب التركيز المولي لهيدروكسيد الصوديوم وذلك بحساب عدد المولات:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{8}{40} = 0.2 \text{ mol}$$

حساب التركيز المولي للأساس:

$$C_b = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ mol. L}^{-1}$$

بما أنّ هيدروكسيد الصوديوم أساس قوي وحيد الوظيفة فهو تام التأيّن وتركيزه يساوي تركيز أيونات الهيدروكسيد في الوسط:

$$C_b = [OH^-] = 0.1 \text{ mol. L}^{-1}$$

وبالتالي تركيز أيونات الهيدرونيوم تساوي:

$$[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{0.1} = 10^{-13} \text{ mol. L}^{-1}$$

ط2: والآن نقوم بحساب قيمة  $pH$  و  $pOH$  الوسط:

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(10^{-13}) = 13$$

$$pOH = -\log(OH^-) = -\log(0.1) = 1$$

ط3: طُلب منا معرفة حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 50 mL من

المحلول السابق ليصبح قيمة  $pH = 11$  أي وكأنهم قاموا بإعطائنا تركيز

الأساس بعد التمديد وذلك من خلال العلاقة:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-11} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1} = C_b'$$

$$n_{\text{بعد التمديد}} = n'_{\text{قبل التمديد}}$$

$$(C_b \cdot V)_{\text{بعد التمديد}} = (C_b' \cdot V')_{\text{قبل التمديد}}$$

$$V' = \frac{C_b \cdot V}{C_b'} = \frac{0.1 \times 50}{10^{-3}} = 5000 \text{ mL}$$

وبالتالي حجم الماء المقطر اللازم إضافته تساوي:

$$V_{\text{ماء مقطر}} = 5000 - 50 = 4950 \text{ mL}$$

وبإهمال القيمة الضعيفة المتأينة من الحمض سنعتبر أنّ تركيز الحمض التوازني

$(C_a - x)$  يساوي تركيزه الابتدائي  $C_a$ : "بإهمال  $x$ "

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$$

**ملاحظة:** كلما زاد  $K_a$  كلما كان الحمض أكثر قوة.

**ثابت تأين الأسس الضعيفة أحادية الوظيفة:**

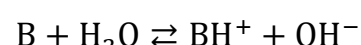
بفرض لديك الأساس الضعيف **B** والمطلوب:

1- اكتب معادلة تأينه.

2- اكتب عبارة ثابت تأين الأساس.

3- أثبت أنّ:  $[OH^-] = \sqrt{C_b \cdot K_b}$

ط1: معادلة التأيّن:



ط2: عبارة ثابت التأيّن:

$$K_b = \frac{[BH^+] \cdot [OH^-]}{[B]}$$

ومن معادلة التأيّن السابقة نلاحظ أنّ:  $[BH^+] = [OH^-]$  لذلك:

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[B]}$$

ط3: ويعزل  $[OH^-]$ :

$$[OH^-]^2 = K_b \cdot [B] \Rightarrow [OH^-] = \sqrt{K_b \cdot [B]}$$

وبإهمال القيمة الضعيفة المتأينة من الأساس سنعتبر أنّ تركيز الأساس التوازني

$(C_b - x)$  يساوي تركيزه الابتدائي  $C_b$ : "بإهمال  $x$ "

$$[OH^-] = \sqrt{K_b \cdot C_b}$$

**ملاحظة:** كلما زاد  $K_b$  كلما كان الأساس أكثر قوة.

**مسائل:**

**مسألة(1):** محلول حمض سيانيد الهيدروجين تركيزه الابتدائي

$(0.2 \text{ mol. L}^{-1})$ ، وثابت تأينه  $5 \times 10^{-10}$ ، والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين الحمض السابق، وحدد الأزواج المترافقة

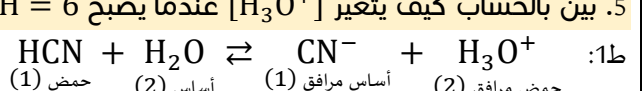
أساس/حمض وفق برونشتد - لوري.

2. احسب  $[H_3O^+]$  ،  $[OH^-]$ .

3. احسب قيمة  $pH$  المحلول.

4. احسب درجة تأين الحمض.

5. بيّن بالحساب كيف يتغير  $[H_3O^+]$  عندما يصبح  $pH = 6$



ط2:

$$[H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a} = \sqrt{5 \times 10^{-10} \times 0.2} = 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

وبالتالي  $[OH^-]$  تساوي:

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ mol. L}^{-1}$$

ط3: حساب  $pH$  المحلول:

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(10^{-5}) = 5$$

ط4: نحسب درجة التأيّن:

ط2: بما أن حمض الكبريت حمض قوي ثنائي الوظيفة:

$$[H_3O^+] = 2C_a$$

ومن قيمة الـ pH المُعطاة نحسب تركيز أيونات الهيدرونيوم:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-1} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{[H_3O^+]}{2} = \frac{10^{-1}}{2} = 0.05 \text{ mol. L}^{-1}$$

ط3: لحساب كتلة حمض الكبريت في 50 mL من محلوله السابق نطبق العلاقة:

$$m = C \cdot V \cdot M$$

$$m = 0.05 \times 50 \times 10^{-3} \times 98 = 0.245 \text{ g}$$

ط4: يضاف بالتدريج 10 mL من محلول الحمض السابق إلى 90 mL

من الماء المقطر والمطلوب حساب الـ pH المحلول الجديد:

$$V_{\text{قبل التمديد}} = 10 \text{ mL}, \quad V'_{\text{بعد التمديد}} = 10 + 90 = 100 \text{ mL}$$

$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$C \cdot V = C' \cdot V'$$

$$C' = \frac{0.05 \times 10}{100} = 0.005 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[H_3O^+] = 2C' = 2(0.005) = 0.01 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(0.01) = 2$$

**مسألة(5):** محلول مائي للنشادر له  $pOH = 3$ ، ودرجة تأين

النشادر 2% والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين النشادر ثم حدد الأزواج المترافقة

أساس/حمض حسب برونشتد - لوري.

2. احسب  $[OH^-]$  للمحلول.

3. احسب التركيز الابتدائي للمحلول

4. احسب ثابت تأين النشادر.

5. يُمدد المحلول السابق 10 مرات، احسب  $pOH$  المحلول الناتج عن التمديد.



أساس مرافق (2) حمض مرافق (1) حمض (2) أساس (1)

ط2: حساب  $[OH^-]$  للمحلول:

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

ط3: حساب التركيز الابتدائي للمحلول  $C_b$ : من علاقة درجة التأين:

$$\alpha\% = \frac{[OH^-]}{C_b} \times 100$$

$$C_b = \frac{[OH^-]}{\alpha\%} \times 100 = \frac{10^{-3}}{2} \times 100 = \frac{10^{-1}}{2} = 0.05 \text{ mol. L}^{-1}$$

ط4: حساب ثابت تأين النشادر: وذلك بإهمال القيمة الضعيفة المتأينة من الأساس:

$$[OH^-] = \sqrt{C_b \cdot K_b} \Rightarrow [OH^-]^2 = C_b \cdot K_b$$

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{C_b} = \frac{(10^{-3})^2}{0.05} = 2 \times 10^{-5}$$

ط5: بما أن المحلول قد مدد 10 مرات هذا يعني أن  $V' = 10V$  وبالتالي:

$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$(C_b \cdot V)_{\text{قبل التمديد}} = (C'_b \cdot V')_{\text{بعد التمديد}}$$

**مسألة(3):** محلول مائي لحمض النمل له  $pH = 2$  وثابت تأين

حمض النمل  $2 \times 10^{-4}$  والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين هذا الحمض ثم حدد الأزواج المترافقة

أساس/حمض حسب برونشتد - لوري.

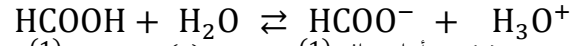
2. احسب قيمة  $pOH$  المحلول.

3. احسب التركيز الابتدائي لحمض النمل.

4. احسب حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 10 mL منه لتصبح

قيمة  $pH' = 3$ .

الـ حل: ط1: كتابة معادلة تأين حمض الخل وتحديد الأزواج المترافقة:



حمض مرافق (2) أساس مرافق (1) أساس (2) حمض (1)

ط2: حساب قيمة  $pOH$  المحلول: نحن نعلم أن:

$$pH + pOH = 14 \Rightarrow pOH = 14 - pH = 14 - 2 = 12$$

ط3: التركيز الابتدائي لحمض النمل:

$$[H_3O^+]_{\text{قبل التمديد}} = \sqrt{C_a \cdot K_a} \Rightarrow$$

$$[H_3O^+]_{\text{قبل التمديد}}^2 = C_a \cdot K_a$$

$$C_a = \frac{(10^{-2})^2}{2 \times 10^{-4}} = 0.5 \text{ mol. L}^{-1}$$

ط4 حساب حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 10 mL من الحمض لتصبح

قيمة  $pH' = 3$ :

بعد التمديد:

$$pH' = 3 \Rightarrow [H_3O^+]_{\text{بعد التمديد}} = 10^{-pH'} = 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[H_3O^+]_{\text{بعد التمديد}} = \sqrt{C'_a \cdot K_a} \Rightarrow [H_3O^+]_{\text{بعد التمديد}}^2 = C'_a \cdot K_a$$

$$C'_a = \frac{[H_3O^+]_{\text{بعد التمديد}}^2}{K_a} = \frac{(10^{-3})^2}{2 \times 10^{-4}} = \frac{10^{-2}}{2} = 0.5 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

والآن نحسب حجم الماء الواجب إضافته من قانون التمديد:

$$n_{\text{قبل التمديد}} = n'_{\text{بعد التمديد}}$$

$$(C_a \cdot V)_{\text{قبل التمديد}} = (C'_a \cdot V')_{\text{بعد التمديد}}$$

$$V' = \frac{C_a \cdot V}{C'_a} = \frac{0.5 \times 10}{0.5 \times 10^{-2}} = 1000 \text{ mL}$$

وبالتالي حجم الماء المضاف إلى 10 mL هو:

$$V_{\text{حجم الماء المضاف}} = 1000 - 10 = 990 \text{ mL}$$

**مسألة(4):** محلول مائي لحمض الكبريت بفرض أنه تام التأين له

قيمة  $pH = 1$ ، والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين هذا الحمض.

2. احسب تركيز هذا الحمض بـ  $\text{mol. L}^{-1}$ .

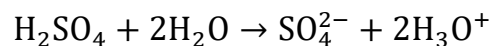
3. احسب كتلة حمض الكبريت في 50 mL من محلول الحمض السابق.

4. يُضاف بالتدريج 10 mL من محلول الحمض السابق إلى 90 mL

من الماء المقطر، احسب قيمة  $pH$  للمحلول الجديد. علماً أن:

(H: 1, O: 16, S: 32)

الـ حل: ط1:





## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غربا

يبين الجدول الآتي قيم ثوابت التأيّن لبعض محاليل الحموض الضعيفة المتساوية التراكيز عند الدرجة 25°C:

ثابت التأيّن $K_a$	الصيغة	الحمض
$5 \times 10^{-10}$	HCN	سيان الهيدروجين
$4.3 \times 10^{-7}$	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	حمض الكربون
$1.8 \times 10^{-4}$	HCOOH	حمض النمل
$7.2 \times 10^{-4}$	HF	حمض فلوريد الهيدروجين

اعتماداً على الجدول السابق، أجب عن الأسئلة الآتية:

- حدد الحمض الأقوى وما هو أساسه المرافق؟
- حدد الحمض الأكبر قيمة pH والحمض الأصغر قيمة pH.
- في أي محلول يكون [OH<sup>-</sup>] أكبر؟
- حدد الأساس المرافق الأقوى للمحاليل السابقة.

ط1: الحمض الأقوى هو الذي له ثابت تأيّن أعلى وهو حمض فلوريد الهيدروجين HF وأساسه المرافق F<sup>-</sup>.

ط2: الحمض الذي له أكبر قيمة pH هو الحمض الأضعف أي الذي له ثابت تأيّن أصغر وهو حمض سيان الهيدروجين HCN والحمض الذي له أصغر قيمة pH هو الحمض الأقوى وهو HF.

ط3: المحلول الذي له [OH<sup>-</sup>] أكبر هو الحمض الأضعف وهو محلول حمض سيان الهيدروجين.

ط4: الأساس المرافق الأقوى يكون للحمض الأضعف وهو CN<sup>-</sup> المرافق للحمض HCN.

رتب المحاليل الآتية المتساوية التراكيز تصاعدياً حسب تزايد قيمة الـ pH.

HCN	KOH	NH <sub>4</sub> OH	HNO <sub>3</sub>
-----	-----	--------------------	------------------

الحل: يتم الترتيب من الحمض الأقوى (أقل قيمة pH) إلى الأساس الأقوى (أعلى قيمة pH) .. تصاعدياً:

(الأعلى) KOH → NH<sub>4</sub>OH → HCN → HNO<sub>3</sub> (الأقل)

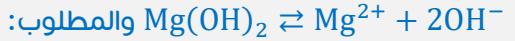
إذا علمت أن أيون السيانيد CN<sup>-</sup> أساس أقوى من أيون الخلات CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>، ما هو الحمض المرافق لكل منهما وأي الحمضين أقوى؟ فسّر ذلك.

الحل: الحمض المرافق لأيون السيانيد HCN والحمض المرافق لأيون

الخلات هو CH<sub>3</sub>COOH

الأقوى هو حمض الخل CH<sub>3</sub>COOH لأنه يرافق الأساس الضعيف.

يتأين هيدروكسيد المغنيزيوم وفق المعادلة الآتية:



اشرح كيف تؤثر إضافة كمية من محلول حمض قوي على تأيّن المحلول.

تتحد أيونات الهيدرونيوم المضافة مع أيونات الهيدروكسيد (فتقل كميتها) مما يُرجح التفاعل المباشر وتذوب كمية إضافية من هيدروكسيد المغنيزيوم Mg(OH)<sub>2</sub>.

انتهى درس الحموض والأساس

$$C'_b = \frac{(C_b \cdot V)}{V'} = \frac{C_b \cdot V}{10V} = \frac{C_b}{10} = \frac{0.05}{10} = 0.005 \text{ mol. L}^{-1}$$

وبالتالي تركيز أيونات الهيدروكسيد:

$$[OH^{-}] = \sqrt{C'_b \cdot K_b} = \sqrt{5 \times 2 \times 10^{-3} \times 10^{-5}}$$

$$[OH^{-}] = \sqrt{10^{-7}} = 10^{-3.5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$pOH = -\log[OH^{-}] = -\log(10^{-3.5}) = 3.5$$

مسألة (6):

a. محلول لحمض الخل تركيزه 0.02 mol. L<sup>-1</sup>، وثابت تأيّن حمض الخل  $1.8 \times 10^{-5}$  اكتب معادلة تأيّن، ثم احسب قيمة تركيز أيونات الخلات في المحلول [CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>].

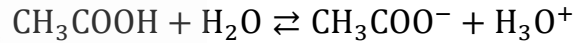
b. يضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول حمض كلور الماء تركيزه 0.01 mol. L<sup>-1</sup> والمطلوب:

1. احسب [CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>] في المحلول في هذه الحالة.

2. قارن بين قيمتي تركيز [CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>] بين الحالتين a و b.

3. فسّر ذلك، ماذا استنتج؟

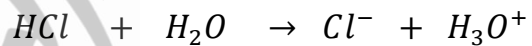
a. حمض الخل عبارة عن حمض ضعيف يتأين جزئياً وفق المعادلة:



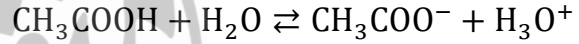
$$[H_3O^{+}] = [CH_3COO^{-}] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$$

$$= \sqrt{0.02 \times 1.8 \times 10^{-5}} = 6 \times 10^{-4} \text{ mol. L}^{-1}$$

b. ط1: في هذه الحالة يكون لدينا تركيز ابتدائي من أيونات الهيدرونيوم يساوي تركيز حمض كلور الماء المضاف (لأنه حمض قوي وتأيّن تام):



$$0.01 \quad \quad \quad 0.01 \quad \quad \quad 0.01$$



$$0.02 \quad \quad \quad 0 \quad \quad \quad 0.01$$

$$-x \quad \quad \quad +x \quad \quad \quad +x$$

$$0.02 - x \quad \quad \quad +x \quad \quad \quad 0.01 + x$$

التراكيز الابتدائية:

التغير في التركيز:

التراكيز التوازنية:

والآن نعوض في عبارة ثابت التوازن:

$$K_a = \frac{x(0.01 + x)}{(0.02 - x)}$$

نهمل X من داخل الأقواس في البسط والمقام لصغرهما أمام 0.01 في البسط و 0.02 في المقام:

$$K_a = \frac{0.01x}{0.02} \Rightarrow x = 3.6 \times 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

ونلاحظ أنّ X هي التركيز التوازني لـ [CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>] المطلوب حسابها:

$$[CH_3COO^{-}] = 3.6 \times 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

ط2: بالمقارنة نجد أنّ تركيز أيون الخلات في الحالة a (في حال عدم وجود حمض مضاف) أعلى منها في الحالة b (في حال إضافة حمض كلور الماء).

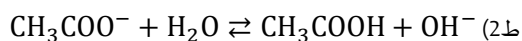
ط3: إنّ إضافة HCl يؤدي إلى زيادة في تركيز [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] فهو يمثل أيوناً مشتركاً ما بين محلول حمض كلور الماء وحمض الخل فيرجح التفاعل العكسي وينقص تركيز [CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>] حسب قاعدة لوشاتولييه.

## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غبرا

ثالثاً - ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس قوي:

**تطبيق (3):** محلول مائي لملح خلات الصوديوم، المطلوب:

- 1- اكتب معادلة إمهاء الملح.
- 2- اكتب معادلة الحلمة وحدد طبيعة الوسط.
- 3- اكتب عبارة ثابت الحلمة بدلالة التراكيز.
- 4- اكتب عبارة ثابت الحلمة بدلالة ثابت تأين الماء  $K_w$  (أو  $K_a$ )



نلاحظ أنّ طبيعة الوسط هنا أساسية، لأنّ أيون الخلات يسلك سلوك أساس ضعيف "وننتج لدينا  $\text{OH}^-$  في معادلة الحلمة"

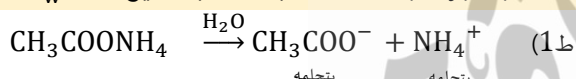
$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad (3\text{ط})$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} \quad (4\text{ط})$$

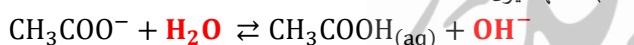
رابعاً - ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس ضعيف:

**تطبيق (4):** محلول مائي لملح خلات الأمونيوم، المطلوب:

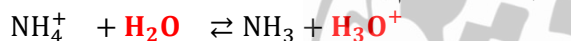
- 1- اكتب معادلة إمهاء الملح.
- 2- اكتب معادلة الحلمة.
- 3- اكتب عبارة ثابت الحلمة بدلالة التراكيز.
- 4- اكتب عبارة ثابت الحلمة بدلالة ثابت تأين الماء  $K_w$



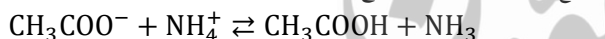
(2ط) حلمة أيون الخلات:



حلمة أيون الأمونيوم:



بجمع التفاعلين السابقين تنتج المعادلة:



ملاحظة:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- = 2\text{H}_2\text{O}$  لذلك اختصرنا الـ  $\text{H}_2\text{O}$  من الطرفين ولم تظهر في التفاعل النهائي.

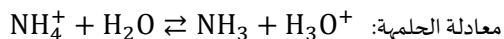
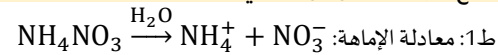
$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad (3\text{ط})$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_b} \quad (4\text{ط})$$

**المسألة (1):** محلول مائي لملح نترات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  تركيزه  $2 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$

فإذا علمت أنّ ثابت تأين النشادر عند درجة الحرارة  $25^\circ\text{C}$  هو  $K_b = 2 \times 10^{-5}$ ، والمطلوب:

1. اكتب معادلتني إمهاء وحلمة هذا الملح.
2. احسب قيمة ثابت الحلمة للمحلول الملحي.
3. احسب قيمة  $[\text{OH}^-]$ .
4. احسب قيمة pH المحلول ماذا تنتج؟
5. إذا أضيف إلى المحلول السابق قطرات من محلول حمض كلور الماء بحيث يصبح تركيزه  $0.01 \text{ mol. L}^{-1}$  فاحسب النسبة المئوية المتحلّمة من ملح نترات الأمونيوم في هذه الحالة.



2ط: نحسب ثابت الحلمة:

$$K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$$

درس الأملاح:

## أولاً - الأملاح الذوابة:

وتقسم إلى أربعة أنواع:

أملاح ناتجة عن تفاعل حمض قوي وأساس قوي	أملاح ناتجة عن تفاعل حمض ضعيف وأساس قوي	أملاح ناتجة عن تفاعل حمض قوي وأساس ضعيف	أملاح ناتجة عن تفاعل حمض قوي وأساس قوي
تتميه ولا تتحلّمه pH = 7	تتميه ويتحلّمه الجزء الضعيف منها. pH > 7	تتميه ويتحلّمه الجزء الضعيف منها. pH < 7	تتميه ويتحلّمه كلا الجزئين فيها

في حالة تفاعل الحمض الضعيف مع الأساس الضعيف يُحدد pH الوسط من معرفة  $K_a$  للحمض و  $K_b$  للأساس، حيث:

$$K_a > K_b \Rightarrow \text{الوسط حمضي}$$

$$K_b > K_a \Rightarrow \text{الوسط أساسي}$$

$$K_b = K_a \Rightarrow \text{الوسط معتدل}$$

**أهم ما يُطلب من نظري هذه الأملاح:**

- (1) كتابة معادلة الإمهاء (سهم واحد →).
- (2) كتابة معادلة الحلمة (سهمين ⇌).
- (3) كتابة ثابت الحلمة.
- (4) معرفة طبيعة الوسط الناتج (حمضي - معتدل - أساسي).

**أما في المسائل فيُطلب حساب:**

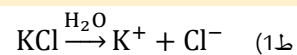
- (1) ثابت الحلمة. (2) تركيز  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  أو  $[\text{OH}^-]$  وتحديد pH أو pOH.
- (3) حساب النسبة المئوية المتحلّمة من الملح وتُحسب من الشكل:  
كل C (التركيز الابتدائي للملح) يتحلّمه منها X (تُحسب من ثابت الحلمة)  
كل 100 من الملح يتحلّمه منها Y (عندها الـ Y هي النسبة المئوية المتحلّمة).

**استنتاج عبارة ثابت الحلمة:**

أولاً - ملح ناتج عن حمض قوي وأساس قوي:

**تطبيق (1):** محلول مائي لملح كلوريد البوتاسيوم، المطلوب:

- 1- اكتب معادلة الإمهاء. 2- حدد طبيعة الوسط مع التعليل.

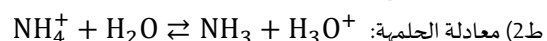
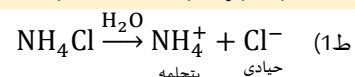


(2ط) الوسط معتدل، لأنّ أيونات ملح كلوريد البوتاسيوم حيادية لا تتحلّمه.

ثانياً - ملح ناتج عن حمض قوي وأساس ضعيف:

**تطبيق (2):** محلول مائي لملح كلوريد الأمونيوم، المطلوب:

- 1- اكتب معادلة إمهاء الملح.
- 2- اكتب معادلة الحلمة وحدد طبيعة الوسط.
- 3- اكتب عبارة ثابت الحلمة بدلالة التراكيز.
- 4- اكتب عبارة ثابت الحلمة بدلالة ثابت تأين الماء  $K_w$  (أو  $K_b$ )



نلاحظ أنّ طبيعة الوسط هنا حمضية، لأنّ أيون الأمونيوم يسلك سلوك حمض ضعيف "نتج لدينا  $\text{H}_3\text{O}^+$  في معادلة الحلمة"

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

(4ط)

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غبرا

والآن نحسب تركيز أيونات الهيدروكسيد والتي تساوي تركيز أيون الخلات:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$K_h = \frac{x^2}{(0.2 - x)}$$

نهمل الـ X في المقام لصغرهما:

$$K_h = \frac{(10^{-5})^2}{0.2} = 5 \times 10^{-10}$$

ط4: حساب ثابت تأين حمض الخل:

$$K_h \cdot K_a = K_w \Rightarrow K_a = \frac{K_w}{K_h} = \frac{10^{-14}}{5 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5}$$

ط5: حساب النسبة المئوية المتحلمة من الملح:

كل  $0.2 \text{ mol. L}^{-1}$  من الملح يتحلمه منه  $10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$

كل  $100 \text{ mol. L}^{-1}$  من الملح يتحلمه منه  $y \text{ mol. L}^{-1}$

$$y = \frac{10^{-5} \times 100}{0.2} = 5 \times 10^{-3} \%$$

ط6: طبيعة المحلول أساسي لأن:  $\text{pH} > 7$

**مسألة (3):** محلول مائي لملاح خللات الصوديوم تركيزه  $0.2 \text{ mol. L}^{-1}$

وقيمة ثابت تأين حمض الخل في شروط التجربة يساوي  $2 \times 10^{-5}$  والمطلوب:

1. احسب قيمة  $\text{pOH}$  هذا المحلول.

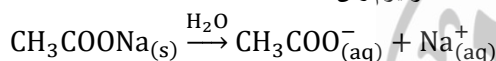
2. استنتج طبيعة المحلول الناتج.

3. يضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول  $\text{NaOH}$  بحيث تركيزه

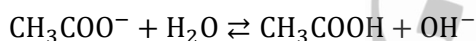
$0.01 \text{ mol. L}^{-1}$ . احسب النسبة المئوية المتحلمة من خللات الصوديوم

في هذه الحالة.

الحل: يتميه ملح خللات الصوديوم وفق المعادلة:



ويتحلمه وفق المعادلة:



بدء:  $0.2 \quad 0 \quad 0$

تفاعل:  $-x \quad +x \quad +x$

توازن:  $0.2 - x \quad +x \quad +x$

علاقة ثابت الحملة بدلالة التراكيز:

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

حساب ثابت الحملة:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$$

وبالتعويض:

$$5 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2 - x}$$

نهمل X أمام 0.2 من المقام لصغر قيمة  $K_h$ :

$$x^2 = 10^{-10}$$

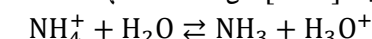
$$x = [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log[10^{-5}] = 5$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5 = 9$$

ط2: طبيعة المحلول الناتج عن الحملة: أساسية لأن  $\text{pH} > 7$  (أو يمكن القول أن  $\text{pOH} < 7$ ).

ط3: حساب قيمة  $[\text{OH}^-]$ ، من معادلة الحملة:



التراكيز الابتدائية:  $2 \times 10^{-3} \quad 0 \quad 0$

التغير في التركيز:  $-x \quad +x \quad +x$

التراكيز التوازنية:  $2 \times 10^{-3} - x \quad x \quad x$

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-3} - x}$$

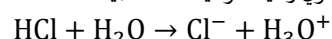
$$5 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{2 \times 10^{-3}} \Rightarrow x^2 = 2 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-10}$$

$$x^2 = 10^{-12} \Rightarrow x = 10^{-6} \text{ mol. L}^{-1} = [\text{H}_3\text{O}^+]$$

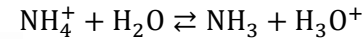
$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} = 10^{-8} \text{ mol. L}^{-1}$$

ط4:  $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(10^{-6}) = 6$  (حمضي لأن  $\text{pH} < 7$ )

ط5: حمض كلور الماء قوي وحيد الوظيفة الحمضية:



التراكيز الابتدائية:  $0.01 \quad 0.01 \quad 0.01$



التراكيز الابتدائية:  $2 \times 10^{-3} \quad 0 \quad 0.01$

التغير في التركيز:  $-x \quad +x \quad +x$

التراكيز التوازنية:  $2 \times 10^{-3} - x \quad x \quad 0.01 + x$

$$K_h = \frac{x(0.01 + x)}{2 \times 10^{-3} - x}$$

نهمل X المضافة والمطرحة لصغرهما:

$$K_h = \frac{x \cdot 0.01}{2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-10}$$

$$x = \frac{2 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-10}}{0.01} = 10^{-10} \text{ mol. L}^{-1}$$

كل  $2 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$  يتحلمه منه  $10^{-10} \text{ mol. L}^{-1}$

كل  $100 \text{ mol. L}^{-1}$  يتحلمه منه  $y$

$$y = \frac{10^{-10} \times 100}{2 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{-6} \%$$

**مسألة (2):** محلول مائي لملاح خللات البوتاسيوم تركيزه

$0.2 \text{ mol. L}^{-1}$ . فإذا علمت أن  $\text{pH} = 9$  له عند درجة الحرارة

$25^\circ\text{C}$ . المطلوب:

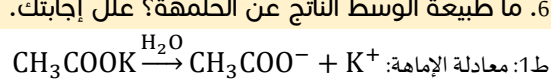
1. اكتب معادلة حملة هذا الملح. 2. احسب قيمة  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ .

3. احسب قيمة ثابت الحملة للمحلول الملحي.

4. احسب ثابت تأين حمض الخل.

5. احسب النسبة المئوية المتحلمة.

6. ما طبيعة الوسط الناتج عن الحملة؟ علل إجابتك.



معادلة الحملة:  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

ط2:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-9} \text{ mol. L}^{-1}$

ط3:  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

التراكيز الابتدائية:  $0.2 \quad 0 \quad 0$

التغير في التركيز:  $-x \quad +x \quad +x$

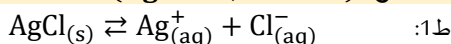
التراكيز التوازنية:  $0.2 - x \quad +x \quad +x$

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غبرا

4. يُضاف إلى محلول الملح السابق مسحوق ملح نترات الفضة بحيث يصبح تركيزه  $1.5 \times 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$  ، اكتب معادلة إمامة ملح نترات الفضة، ثم أبين بالحساب إن كان يترسب ملح كلوريد الفضة أو لا.  
5. اقترح طريقة ثانية لترسيب هذا الملح في محلوله المشبع.

علماً أن: (Ag: 108 , Cl: 35.5)



$$K_{sp(\text{AgCl})} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 6.25 \times 10^{-10} = s^2 \Rightarrow \quad \text{ط2:}$$

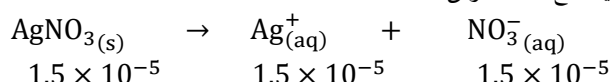
$$s = \sqrt{6.25 \times 10^{-10}} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$s = [\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

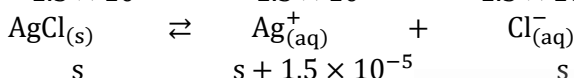
$$S_{(g.L^{-1})} = S_{(mol.L^{-1})} \cdot M_{(\text{AgCl})} \quad \text{ط3:}$$

$$S_{(g.L^{-1})} = 2.5 \times 10^{-5} \times 143.5 = 3.5875 \times 10^{-7} \text{ g. L}^{-1}$$

ط4: يتميّح الملح المضاد وفق المعادلة:



$$1.5 \times 10^{-5} \quad 1.5 \times 10^{-5} \quad 1.5 \times 10^{-5}$$



$$s \quad s + 1.5 \times 10^{-5} \quad s$$

$$[\text{Ag}^+] = 1.5 \times 10^{-5} + 2.5 \times 10^{-5} = 4 \times 10^{-5} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$Q_{(\text{AgCl})} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = [4 \times 10^{-5}] \cdot [2.5 \times 10^{-5}] = 10 \times 10^{-10}$$

$$Q_{(\text{AgCl})} > K_{sp}$$

يترسب قسم من ملح كلوريد الفضة.

ط5: إضافة مادة تأينها تام أو ذوابة تحتوي على أحد أيونات هذا الملح، مثل KCl.

**مسألة (2):** يضاف 100 mL من محلول نترات الرصاص  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ذي التركيز

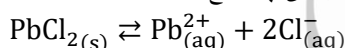
التركيز  $0.05 \text{ mol. L}^{-1}$  إلى 400 mL من محلول NaCl ذي التركيز

$$K_{sp(\text{PbCl}_2)} = 1.6 \times 10^{-6} \text{ mol. L}^{-1} \text{ ، فإذا كان}$$

في شروط التجربة، المطلوب: يبين حسابياً إن كان جزء من ملح كلوريد

الرصاص  $\text{PbCl}_2$  يترسب أم لا؟

نكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح:



نحسب التراكيز بعد المزج: (التراكيز بعد المزج = عدد المولات مقسومة على الحجم الكلي الجديد)

$$C' = \frac{n}{V'} = \frac{CV}{V_t}$$

$$[\text{Pb}^{2+}]' = [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = \frac{0.05 \times 100}{500} = 0.01 \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}^-]' = [\text{NaCl}] = \frac{0.1 \times 400}{500} = 0.08 \text{ mol. L}^{-1}$$

نحسب قيمة الجداء الأيوني للملح:

$$Q_{(\text{PbCl}_2)} = [\text{Pb}^{2+}]' \cdot [\text{Cl}^-]^2 = (0.01) \times (0.08)^2 = 6.4 \times 10^{-5}$$

والآن نقارن:  $Q_{(\text{PbCl}_2)} > K_{sp(\text{PbCl}_2)}$  فالمحلول فوق مشبع ويتشكل راسب من  $(\text{PbCl}_2)$ .

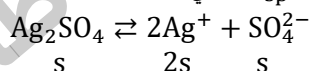
**مسألة (3):** محلول مائي مشبع لملاح كبريتات الفضة  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  تركيزه

$0.015 \text{ mol. L}^{-1}$  ، إذا أضيف إليه ملح كبريتات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  بحيث

يصبح تركيزه في المحلول  $0.01 \text{ mol. L}^{-1}$  ، يبين حسابياً إن كان ملح كبريتات

الفضة يترسب أم لا؟

من تركيز المحلول المشبع نحسب  $K_{sp}$  كما في الشكل:



$$s \quad 2s \quad s$$

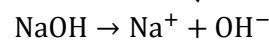
$$[\text{Ag}^+] = 2x = 2 \times 0.015 = 3 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = x = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$$

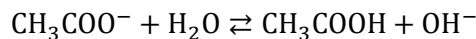
$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = (3 \times 10^{-2})^2 \times 1.5 \times 10^{-2}$$

$$K_{sp} = 1.35 \times 10^{-5}$$

ط3: حساب النسبة المئوية المتحلّمة:



$$0.01 \quad 0.01 \quad 0.01$$



$$0.2 \quad 0 \quad 0.01$$

$$-x \quad +x \quad +x$$

$$0.2 - x \quad x \quad 0.01 + x$$

علاقة ثابت الحمضية بدلالة التراكيز:

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

بالتعويض:

$$5 \times 10^{-10} = \frac{x(0.01 + x)}{(0.2 - x)}$$

تُهمّل X من الجمع والطرح في البسط والمقام لصغرهما:

$$5 \times 10^{-10} = \frac{x(0.01)}{(0.2)} \Rightarrow x = 10^{-8} \text{ mol. L}^{-1}$$

حساب النسبة المئوية المتحلّمة من خلات الصوديوم في هذه الحالة:

كل  $0.2 \text{ mol. L}^{-1}$  من ملح خلات الصوديوم يتحلّم منه  $x = 10^{-8} \text{ mol. L}^{-1}$

كل  $100 \text{ mol. L}^{-1}$  من ملح خلات الصوديوم يتحلّم منه  $y \text{ mol. L}^{-1}$

$$y = \frac{10^{-8} \times 100}{0.2} = 5 \times 10^{-6} \text{ mol. L}^{-1}$$

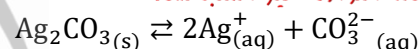
وتُكتب كنسبة مئوية:  $y = 5 \times 10^{-6} \%$

## ثانياً - الأملاح قليلة الذوبان:

سنأخذ مثال عليها كربونات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$ :

**أهم ما يُطلب من هذه الأملاح:**

(1) كتابة معادلة التوازن غير المتجانس:



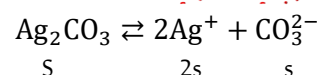
(2) كتابة عبارة الجداء الأيوني Q:

$$Q = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}]$$

(3) كتابة عبارة ثابت جداء الانحلال (أو جداء الذوبان):

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \text{ (نطبقها في حالة المحلول المشبع)}$$

(4) علاقة  $K_{sp}$  بالذوبانية المولية:



$$s \quad 2s \quad s$$

بما أن المحلول مشبع (لأننا نعوض بعلاقة  $K_{sp}$ ) لذلك وبالتالي:

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = (2s)^2(s) = 4s^3$$

(5) تأثير إضافة مادة على انحلال أو ترسيب الملح وهنا نواجه حالتين:

أ. في حال أضفنا مادة تحوي أحد أيوني الملح، سيزداد الملح ترسباً (تصبح  $Q > K_{sp}$ )

ب. في حال أضفنا مادة تتفاعل مع أحد أيوني الملح وتشكل معه كبريتاً ضعيف التآين

فإنها تزيد من انحلال الملح. (تصبح  $Q < K_{sp}$ )

(6) معرفة فيما إذا كان سيتشكل راسب أم لا؟

وهنا نقوم بحساب Q ومقارنته مع  $K_{sp}$  وهنا نواجه ثلاث حالات:

$$Q > K_{sp} \Rightarrow \text{يتشكل راسب (محلول فوق مشبع)}$$

$$Q = K_{sp} \Rightarrow \text{عندها يبدأ الراسب بالتشكل (محلول مشبع)}$$

$$Q < K_{sp} \Rightarrow \text{لا يتشكل راسب (محلول تحت مشبع)}$$

**مسألة (1):** محلول مائي مشبع لملاح كلوريد الفضة قليل الذوبان،

إذا علمت أن له  $K_{sp(\text{AgCl})} = 6.25 \times 10^{-10}$  في شروط

التجربة، المطلوب:

1. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.

2. احسب تركيز أيونات الكلوريد في محلوله المشبع.

3. احسب ذوبانية هذا الملح مقدرة بـ  $\text{g. L}^{-1}$ .

## مكثفة الكيمياء (بكلوريا 2023) - إعداد المدرس طارق غبرا

$$Q = 5 \times 10^{-3} \times (7 \times 10^{-3}) = 35 \times 10^{-6}$$

بما أن:

$$Q > K_{sp}$$

سيترسب قسم من محلول كبريتات الكالسيوم.

### المحاليل المنظمة للحموضة (المحاليل الموقية)

هي عبارة عن محاليل تتألف من: حمض ضعيف وأحد أملاحه الذوابة.

أو أساس ضعيف وأحد أملاحه الذوابة.

أمثلة: HCOOH/HCOONa, HCN/KCN, NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>Cl

وظيفة: تحدد المحاليل الموقية من تغير pH المحلول عندما نضيف له كمية قليلة من حمض قوي أو أساس قوي.

### تعاليل درس الأملاح:

#### • جميع الأملاح بخاصية قطبية؟

لأنها عبارة عن مركبات أيونية (تتألف من جزء أساسي موجب وجزء حمضي سالب).

#### • ذوبان ملح نترات البوتاسيوم بالماء لا يُعد حلمة؟

لأن الأيونات الناتجة عن تأين هذا الملح حيادية لا تتفاعل مع الماء.

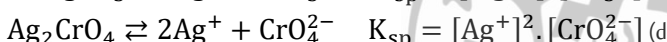
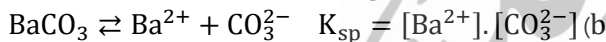
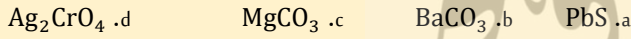
#### • أملاح الصوديوم جيدة الذوبان بالماء.

لأن قوى التجاذب بين أيونات الملح في بلوراته أصغر من قوى التجاذب بين أيونات الملح وجزئيات الماء أثناء عملية الذوبان.

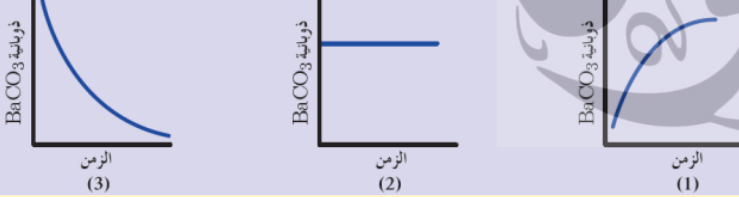
#### • ملح كرومات الفضة قليل الذوبان في الماء.

لأن قوى التجاذب بين أيونات الملح في بلوراته أكبر من قوى التجاذب بين أيونات الملح وجزئيات الماء أثناء عملية الذوبان.

اكتب معادلة التوازن غير المتجانس، وعلاقة جداء الذوبان لكل من محاليل الأملاح المشبعة الآتية:



سؤال: تشير المنحنيات الآتية إلى تغير ذوبانية كربونات الباريوم BaCO<sub>3</sub> بدلالة تركيزه في شروط مختلفة:



a. أي من المنحنيات يشير لإضافة HNO<sub>3</sub>؟

b. أي من المنحنيات يشير لإضافة Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>؟

c. أي من المنحنيات يشير لإضافة NaNO<sub>3</sub>؟

a. المنحني 1 يشير لإضافة حمض الأزوت لأن حمض الأزوت يزيد من ذوبانية ملح كبريتات الباريوم

b. المنحني 3 يشير لإضافة كربونات الباريوم بسبب وجود الأيون المشترك (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

c. المنحني 2 يشير لإضافة نترات الصوديوم والتي لا تؤثر على الذوبانية.

سؤال: محلول مائي فوق مشبع لملح فوسفات الكالسيوم Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.

بيّن مع الشرح ما سيحدث لدى إضافة كمية من محلول حمض الأزوت إليه. الحل:

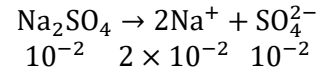
لدى إضافة كمية من حمض الأزوت تتحدد أيونات H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> الناتجة من الحمض مع أيون

الفوسفات PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> الناتج عن الملح، ويتشكل حمض الفوسفور ضعيف التأين، فيقل تركيز أيون

الفوسفات في المحلول، فتصبح Q < K<sub>sp</sub> وبالتالي تذوب كمية من الملح.

انتهى درس الأملاح

الآن نحسب تركيز أيون الكبريتات بعد إضافة ملح كبريتات الصوديوم للمحلول:



$$10^{-2} \quad 2 \times 10^{-2} \quad 10^{-2}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_{\text{الكلي}} = 1 \times 10^{-2} + 1.5 \times 10^{-2} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

الآن نحسب جداء الذوبان:

$$Q = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = (3 \times 10^{-2})^2 \times 2.5 \times 10^{-2}$$

$$Q = 2.25 \times 10^{-5}$$

نقارن جداء الذوبان مع ثابت جداء الانحلال:

$$Q > K_{sp} \Rightarrow \text{المحلول فوق مشبع يتشكل راسب}$$

**مسألة (4):** يُضاف 200 mL من محلول يحتوي على 10<sup>-5</sup> mol

من كلوريد الباريوم إلى 800 mL من محلول يحتوي على 10<sup>-5</sup> mol من كبريتات الباريوم والمطلوب:

1. احسب قيمة ثابت جداء الذوبان K<sub>sp</sub> لملح كبريتات الباريوم.

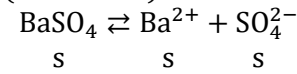
2. يضاف قطرات من محلول حمض الكبريت المركز إلى المحلول المشبع السابق، ماذا تتوقع أن يحدث؟ علل إجابتك، وبين إن كان ذلك يتفق مع قاعدة لوشاتوليه أم لا؟

$$\text{الحل: التراكيز الابتدائية الجديدة: } C = \frac{n}{V}$$

$$\text{حيث: } V_1: \text{ الحجم الكلي ويساوي } 1 \text{ L} = 1000 \times 10^{-3} \text{ L} = 1000 \text{ mL} = 800 + 200$$

$$[\text{BaCl}_2] = \frac{1 \times 10^{-5}}{(200 + 800)10^{-3}} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{Na}_2\text{SO}_4] = \frac{1 \times 10^{-5}}{(200 + 800)10^{-3}} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$



$$[\text{Ba}^{2+}] = [\text{BaCl}_2] = 1 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{ولكن:}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{Na}_2\text{SO}_4] = 1 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = s^2$$

$$K_{sp} = (1 \times 10^{-5})^2 = 10^{-10}$$

ط2: عند إضافة حمض الكبريت يزداد تركيز أيونات الكبريتات SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> فيصبح

Q > K<sub>sp</sub> وترسب كمية من الملح ووفق قاعدة لوشاتوليه يرجح التفاعل العكسي وترسب كمية من الملح.

**مسألة (5):** محلول مائي مشبع لملح كبريتات الكالسيوم ذوبانيته

الكتلية 0.68 g.L<sup>-1</sup> المطلوب: 1- احسب ذوبانيته المولية.

2- احسب قيمة ثابت جداء الذوبان K<sub>sp</sub> لملح كبريتات الكالسيوم.

3- يضاف إلى المحلول السابق كمية من محلول كبريتات

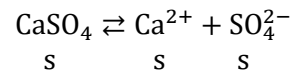
الصوديوم بحيث يصبح تركيزه 2 × 10<sup>-3</sup> mol.L<sup>-1</sup> بين بالحساب

هل يتشكل راسب من كبريتات الكالسيوم أم لا، علل إجابتك.

علماً أن: Ca: 40, S: 32, O: 16

$$1) \quad s_{\text{mol.L}^{-1}} = \frac{S_{\text{g.L}^{-1}}}{M} = \frac{0.68}{136} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

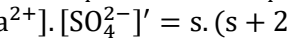
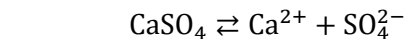
$$2) \quad K_{sp}(\text{CaSO}_4) = ?$$



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = s \cdot s = s^2$$

$$K_{sp} = (5 \times 10^{-3})^2 = 25 \times 10^{-6}$$

$$3) \quad \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$$



$$Q = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = s \cdot (s + 2 \times 10^{-3})$$

$$Q = 5 \times 10^{-3} \cdot (5 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3})$$

**التعليق:** نقطة نهاية المعايرة هنا تكون في الوسط الحمضي  $pH < 7$  لذلك استخدمنا مشعر أحمر الميتيل الذي تكون فيه نقطة نهاية المعايرة واقعة ضمن مجال تغيره اللوني.

### ثالثاً - معايرة حمض ضعيف بأساس قوي:

مثال: معايرة حمض الخل بهيدروكسيد الصوديوم.



شكل منحنى المعايرة:

العانون المطبق عند نهاية المعايرة:

$$n(\text{للحمض}) = n(\text{للأساس})$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

المشعر المستخدم: الفينول فتالين.

**التعليق:** قيمة  $pH$  نقطة نهاية المعايرة تقع في الوسط الأساسي  $pH > 7$  لذلك

استخدمنا مشعر الفينول فتالين الذي نقطة نهاية المعايرة واقعة ضمن مجال تغيره اللوني.

### ملاحظات لحل المسائل:

1- عند معايرة حمض بأكثر من أساس:

$$n_{\text{للحمض}} = n_{\text{للأساس الأول}} + n_{\text{للأساس الثاني}} + \dots$$

2- عند معايرة أساس بأكثر من حمض:

$$n_{\text{أساس}} = n_{\text{للحمض الأول}} + n_{\text{للحمض الثاني}} + \dots$$

3- عند معايرة ملح يكون لدينا ثلاث حالات:

ملح حمض	ملح معتدل	ملح أساسي
"الشق الضعيف فيه حمض"	"كلا الشقين فيه قوي"	"الشق الضعيف فيه أساسي"
يتفاعل فقط مع الأسس	لا يتفاعل مع الحموض والأسس	يتفاعل فقط مع الحموض

### مسائل:

**مسألة (1):** عند معايرة 20 mL من محلول حمض النمل لزم 15 mL من

محلول هيدروكسيد البوتاسيوم تركيزه  $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  واطلوب:

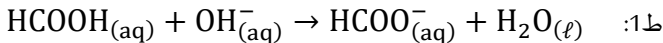
1. اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.

2. احسب تركيز محلول حمض النمل المعاير.

3. احسب كتلة حمض النمل اللازم لتحضير 400 mL من محلوله السابق.

4. ما هو أفضل المشعرات الواجب استعماله.

علماً أنّ: (C: 12, H: 1, O: 16)



ط2: عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة يكون:

$$n_{HCOOH} = n_{KOH}$$

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$C_1 \times 20 = 0.02 \times 15 \Rightarrow C_1 = \frac{0.02 \times 15}{20} = 0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

ط3: كتلة الحمض:

$$m = C \cdot V \cdot M = 0.015 \times 400 \times 10^{-3} \times 46 = 0.276 \text{ g}$$

ط4: المشعر المستعمل هو الفينول فتالين لأنّ مجاله (8.2 ← 10) يحوي

قيمة  $pH$  نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

### المعايرة الحجمية (حمض - أساس)

تفيد المعايرة الحجمية في تحديد تركيز أحد المواد المتفاعلة المجولة التركيز بتفاعلها مع مادة أخرى تدعى المحلول القياسي (تركيزه معلوم ومحدد بدقة).

### مشعرات معايرة (حمض - أساس):

هي عبارة عن حموض أو أسس عضوية ضعيفة معقدة التركيب، يتغير لونها بتغير  $pH$  الوسط الذي توضع فيه.

وتستخدم في المعايرات (علل) للدلالة على نقطة انتهاء تفاعل المعايرة.

### وفيما يلي أسماء أهم المشعرات المستخدمة:

المشعر	مجال $pH$ المشعر	الاستخدام
أحمر الميتيل	(أصفر) 4.2 - 6.2 (أحمر)	لمعايرة أساس ضعيف وحمض قوي.
فينول فتالين	(بنفسجي) 8.2 - 10 (عديم اللون)	لمعايرة حمض ضعيف وأساس قوي
أزرق بروم التيمول	(أزرق) 6 - 7.6 (أصفر)	لمعايرة حمض قوي وأساس قوي

**ملاحظة هامة:** دائماً عندما تُطلب المعادلة الأيونية بدلاً من الحمض القوي نكتب

$H_3O^+$  وبدلاً من الأساس القوي نكتب  $OH^-$ .

أما الحموض والأسس الضعيفة فتبقى كما هي بالمعادلة الأيونية.

### أولاً - معايرة حمض قوي بأساس قوي:

مثال: معايرة حمض كلور الماء مع

هيدروكسيد الصوديوم:

**التفاعل الحاصل:**



**المعادلة الأيونية:**



شكل منحنى المعايرة:

العانون المطبق عند نقطة نهاية المعايرة:

$$n(\text{الحمض}) = n(\text{الأساس})$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

ملاحظة: في حالة حمض الكبريت نضرب تركيز الحمض بـ 2 (لأنه ثنائي الوظيفة)

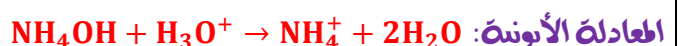
المشعر المستخدم: أزرق بروم التيمول.

**التعليق:** نقطة نهاية المعايرة هنا تكون عند  $pH = 7$  (في الوسط المعتدل) لذلك

استخدمنا مشعر أزرق بروم التيمول الذي مجال تغيره اللوني (6 - 7.6) يتضمن نقطة نهاية المعايرة.

### ثانياً - معايرة أساس ضعيف بحمض قوي:

مثال: معايرة محلول هيدروكسيد الأمونيوم بحمض كلور الماء.



شكل منحنى المعايرة:

العانون المطبق عند نقطة نهاية المعايرة:

$$n(\text{الحمض}) = n(\text{للأساس})$$

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

المشعر المستخدم: أحمر الميتيل.

**مسألة (4):** محلول مائي لحمض كلور الماء تركيزه  $10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$ .

- المطلوب:
1. احسب قيمة pH لمحلول هذا الحمض.
  2. طعابرة 20 mL من محلول الحمض السابق يلزم 5 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز  $0.02 \text{ mol. L}^{-1}$  وحجم  $V_2$  من هيدروكسيد البوتاسيوم ذي التركيز  $0.05 \text{ mol. L}^{-1}$  والمطلوب:
- a. اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل الطعابرة الحاصل.
  - b. احسب حجم هيدروكسيد البوتاسيوم اللازم لإتمام الطعابرة.
  - c. احسب حجم الماء الطعطر اللازم لإضافته إلى 10 mL من المحض السابق لتصبح  $\text{pH} = 3$ .

ط1: حساب pH هذا المحلول: بما أن حمض كلور الماء عبارة عن حمض قوي أحادي الوظيفة:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = C_a = 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1} \Rightarrow$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(10^{-2}) = 2$$

ط2: المعادلة الأيونية لتفاعل المعابرة:

$$n_{(\text{HCl})} = n_{1(\text{NaOH})} + n_{2(\text{KOH})}$$

$$C \cdot V = C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2$$

$$0.01 \times 20 = 0.02 \times 5 + 0.05 \times V_2 \Rightarrow V_2 = 2 \text{ mL}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$$

$$n_{\text{بعد التمديد}} = n'_{\text{قبل التمديد}}$$

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$10^{-2} \times 10 = 10^{-3} \times V_2$$

$$V_2 = 100 \text{ mL}$$

$$V_{\text{ماء}} = 100 - 10 = 90 \text{ mL}$$

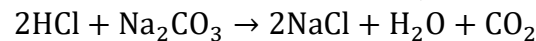
**مسألة (5):** أذبت عينة مقدارها 4.24 g من كربونات الصوديوم وكلوريد

الصوديوم في الماء، وأكمل الحجم إلى 100 mL؛ فإذا علمت أنه يلزم طعابرة المحلول السابق 50 mL من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.4 \text{ mol. L}^{-1}$ ، والمطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبرة عن تفاعل الطعابرة الحاصل.
2. احسب تركيز كربونات الصوديوم في المحلول السابق.
3. احسب النسبة المئوية لكل من المكونين في العينة.

(Na: 23, C: 13, O: 16, Cl: 35.5, H: 1)

الحل: كلوريد الصوديوم لا يتفاعل مع حمض كلور الماء لأنه ملح معتدل.



$$2 \text{ mol} \quad 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} \quad n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

$$2n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = n_{\text{HCl}}$$

$$2C \cdot V = C' \cdot V'$$

$$C = \frac{C' \cdot V'}{2V} = \frac{50 \times 0.4}{2 \times 100} = 0.1 \text{ mol. L}^{-1}$$

ط3: كتلة كربونات الصوديوم في العينة:

$$m = C \cdot V \cdot M = 0.1 \times 100 \times 10^{-3} \times 106 = 1.06 \text{ g}$$

النسبة المئوية لملح كربونات الصوديوم:

$$y = \frac{1.06}{4.24} \times 100 = 25 \%$$

وبالتالي النسبة المئوية لملح كلوريد الصوديوم:  $y' = 100 - 25 = 75 \%$

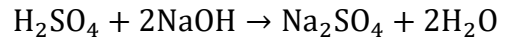
**مسألة (2):** يؤخذ 20 mL من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol. L}^{-1}$ ،

ويضاف إلى 10 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى تمام التعديل، والمطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل.
2. احسب تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم المستعمل.
3. ما قيمة pH المحلول الناتج عن الطعابرة.
4. اكتب اسم أفضل مشعر واجب استعماله في هذه الطعابرة.
5. احسب التركيز المولي لمحلول ملح كبريتات الصوديوم الناتج.

(Na: 23, S: 32, O: 16, H: 1)

ط1: المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل:



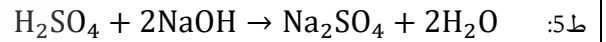
$$2n_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} = n_{(\text{NaOH})} \quad \text{ط2:}$$

$$2C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$2 \times 0.05 \times 20 = C_2 \times 10 \Rightarrow C_2 = 0.2 \text{ mol. L}^{-1}$$

ط3:  $\text{pH} = 7$  لأن الأيونات الناتجة عن المعابرة حيادية (لا تتحلله).

ط4: أفضل مشعر أزرق بروم التيمول لأن نقطة نهاية تفاعل المعابرة تقع ضمن مجال تغيره اللوني (6 ← 7.6)



$$1 \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} \text{ mol}$$

وبالتالي:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{Na}_2\text{SO}_4}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = C \cdot V = 0.05 \times 20 \times 10^{-3} = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$C = \frac{n_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{V'} = \frac{n_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{V_1 + V_2} = \frac{10^{-3}}{30 \times 10^{-3}} = \frac{1}{30} \text{ mol. L}^{-1}$$

**مسألة (3):** نذاب عينة غير نقية كتلتها 2.8 gr من هيدروكسيد البوتاسيوم في

الماء، ويكمل الحجم إلى 200 mL، فإذا علمت أنه يلزم لتعديل 25 mL منه 30 mL من حمض كلور الماء تركيزه  $0.1 \text{ mol. L}^{-1}$  و 20 mL من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol. L}^{-1}$ ، والمطلوب:

1. احسب تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم.
2. احسب كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم النقية في هذه العينة.
3. احسب النسبة المئوية للشوائب في هذه العينة.

(K: 39, S: 32, O: 16, Cl: 35.5, H: 1)

الحل: ط1: تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم:

$$n_{(\text{KOH})} = n_{1(\text{HCl})} + n_{2(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

$$C \cdot V = C_1 \cdot V_1 + 2C_2 \cdot V_2$$

$$C \times 25 = 0.1 \times 30 + 2 \times 0.05 \times 20$$

$$C = 0.2 \text{ mol. L}^{-1}$$

ط2: كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم النقية في هذه العينة:

$$m = C \cdot V \cdot M = 0.2 \times 200 \times 10^{-3} \times 56 = 2.24 \text{ g}$$

ط3: لحساب النسبة المئوية للشوائب يجب حساب كتلة الشوائب:

$$\text{كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم النقي} - \text{كتلة العينة} = \text{كتلة الشوائب}$$

$$m_{\text{الشوائب}} = 2.8 - 2.24 = 0.56 \text{ g}$$

وبالتالي النسبة المئوية للشوائب:

$$y = \frac{\text{كتلة الشوائب}}{\text{كتلة العينة}} \times 100 = \frac{0.56}{2.28} \times 100 = 25 \%$$

**ملاحظة عن منحنيات المعايرة:**

لفهم منحنيات المعايرة نحتاج معرفة أمرين هاميين:

**(1) اتجاه المنحني:**

نحو الأسفل (↓) (معايرة أساس بحمض)	نحو الأعلى (↑) (معايرة حمض بأساس)

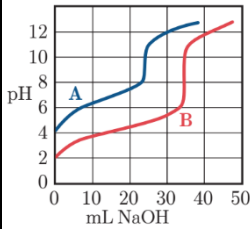
**(2) منتصف القفزة (تمثل نقطة نهاية المعايرة):**

هنا نميز ثلاث حالات:

الحالة	الشكل
عندما تكون منتصف القفزة (نقطة نهاية المعايرة) واقعة عند $pH = 7$ هذا يعني أن كل من الحمض والأساس قوي.	
عندما تكون منتصف القفزة (نقطة نهاية المعايرة) واقعة عند $pH < 7$ هذا يعني أن الحمض قوي والأساس ضعيف.	
عندما تكون منتصف القفزة (نقطة نهاية المعايرة) واقعة عند $pH > 7$ هذا يعني أن الحمض ضعيف والأساس قوي.	

سؤال: عند معايرة حجمين متساويين من حمضين A, B كل منهم على حدى، بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.1 \text{ mol. L}^{-1}$  فحللنا على المنحنيين الآتيين:

- 1- أي من المحلولين A, B أكثر تركيزاً؟ علل إجابتك.
- 2- حدد نقطة نهاية المعايرة لكل منهما.

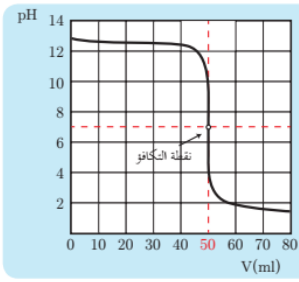


الحل:

- 1- محلول المادة B أكثر تركيزاً لأنه يستهلك حجماً أكبر من NaOH لإتمام المعايرة.
- 2- على الشكل.

انتهى درس المعايرة

**مسألة (6):** عند معايرة 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.1 \text{ mol. L}^{-1}$  بمحلول قياسي لحمض الآزوت تركيزه  $0.1 \text{ mol. L}^{-1}$  حيث



يمثل الشكل الجاور منحنى بياني لتغيرات قيم pH المحلول بدلالة حجم الحمض المضاف، والمطلوب:

- 1) ما قيمة pH محلول هيدروكسيد الصوديوم لحظة بدء المعايرة.
- 2) بين كيف يتغير كل من  $[OH^-]$  ، pH المحلول خلال عملية المعايرة.
- 3) ما قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة، فسّر ذلك.
- 4) ما المشعر المناسب لهذه المعايرة.

ط1: عند بدء المعايرة يكون  $pH = 13$  (يتم حسابه كما تعلمنا سابقاً في درس الحموض والأسس).

ط2: تنقص قيمة pH المحلول تدريجياً نتيجة تناقص تركيز أيونات الهيدروكسيد  $OH^-$  لتفاعلها مع أيونات الهيدرونيوم  $H_3O^+$  المضافة وفق المعادلة الأيونية الآتية:

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

ط3: عند اتحاد جميع أيونات  $OH^-$  مع جميع أيونات  $H_3O^+$  المضافة تصبح  $pH = 7$  وتدعى نقطة نهاية المعايرة (نقطة التكافؤ).

ط4: المشعر المستعمل هو أزرق بروم التيمول لأنّ مداه بين (6 - 7.6) فهو يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

**ملاحظة تتعلق بالمشعر المستخدم أثناء المعايرة:**

عند معايرة حمض قوي مع أساس قوي نستخدم مشعر أزرق بروم التيمول (علل).

لأنّ مجاله (6 ← 7.6) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

عند معايرة حمض قوي مع أساس قوي يكون الوسط عند نهاية المعايرة معتدلاً.

لأن أيونات الملح الناتج حيادية، لا تتحلّمه.

عند معايرة حمض قوي مع أساس ضعيف يكون الوسط عند نهاية المعايرة أساسياً.

لأنّ الأيونات الناتجة عن الأساس الضعيف تتحلّمه وتتسلك سلوك أساس ضعيف.

عند معايرة حمض ضعيف مع أساس قوي يكون الوسط عند نهاية المعايرة حمضياً.

لأنّ الأيونات الناتجة عن الحمض الضعيف تتحلّمه وتتسلك سلوك حمض ضعيف.

سؤال: عند إضافة 10 mL من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol. L}^{-1}$  إلى 15 mL من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم تركيزه  $0.1 \text{ mol. L}^{-1}$  فإن:

- (a)  $[H_3O^+] < [OH^-]$
  - (b)  $[H_3O^+] > [OH^-]$
  - (c)  $[H_3O^+] = [OH^-]$
  - (d)  $[H_3O^+] \leq [OH^-]$
- طريقة الحل:

$$n_{H_3O^+} = (2C \cdot V)_{H_2SO_4} = 2 \times 10 \times 0.05 = 1$$

$$n_{OH^-} = (C \cdot V)_{NaOH} = 15 \times 0.1 = 1.5$$

$$n_{H_3O^+} > n_{OH^-} \Rightarrow [H_3O^+] < [OH^-]$$



الهالوجينات				الجذور الألكيلية			الألكانات					
I	Br	Cl	F	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> -	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -	CH <sub>3</sub> -	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>4</sub>
يودو	برومو	كلورو	فلورو	بروبيل	إثيل	متيل	هكسان	بنتان	بوتان	بروبان	إيثان	ميثان
تصنيف المركبات العضوية												
الأمينات	الأميدات	الأسترات	الحموض الكربوكسيلية	الكيبتونات	الألدهيدات	الأغوال						
R-NH <sub>2</sub>	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}'$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	R-OH						
أمين	أميد	وات	وئيك	ون	ال	ول						

### أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1 الأكسدة التامة للأغوال الأولية تُعطي:

a	ألدهيد.	b	كيتون.	c	حمض كربوكسيلي.	d	غول ثانوي.
---	---------	---	--------	---	----------------	---	------------

2 أكسدة الأغوال الثانوية تُعطي:

a	ألدهيد.	b	كيتون.	c	حمض كربوكسيلي.	d	غول ثانوي.
---	---------	---	--------	---	----------------	---	------------

3 المركب الذي يتفاعل مع كاشف فهلنغ (أو كاشف تولن) من بين المركبات الآتية هو: **ملاحظة:** (تتفاعل مع الألدهيدات فقط).

a	إيتانول.	b	إيتانال.	c	حمض الإيتانويك.	d	أسيت أميد.
---	----------	---	----------	---	-----------------	---	------------

4 عند إرجاع الحمض الكربوكسيلي بالهيدروجين وبوجود البلاديوم كحفاز ينتج:

a	غول أولي.	b	ألدهيد.	c	كيتون.	d	إستر.
---	-----------	---	---------	---	--------	---	-------

### ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1- **تستطيع** الأغوال تشكيل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها.

**الجواب:** بسبب وجود ذرة هيدروجين مرتبطة بذرة شديدة الكهرسلبية.

2- **درجة غليان** الأغوال أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة لها بعدد ذرات الكربون.

**الجواب:** لأن قطبية الرابطة (O-H) في الأغوال أقوى من قطبية الروابط في الألكانات، إضافة إلى ذلك تستطيع الأغوال تشكيل روابط

هيدروجينية بين جزيئاتها، بينما لا تستطيع الألكانات تشكيل هذه الروابط بين جزيئاتها.

3- **درجة غليان** الحموض الكربوكسيلية أعلى من درجة غليان الأسترات الموافقة لها.

**الجواب:** لأن الحموض الكربوكسيلية تستطيع تشكيل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها، بينما لا تستطيع الأسترات تشكيل هذه الروابط.

4- **الحدود الأولى** من الأغوال سوائل مزوجية بالماء وتتحل في الماء بكافة النسب.

**الجواب:** لأن الأغوال تستطيع تشكيل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها وجزيئات الماء.

5- **يتمازج** (ينحل) الإيتانول في الماء بالنسب كافة.

**الجواب:** لأن الإيتانول يستطيع تشكيل روابط هيدروجينية بين جزيئاته وجزيئات الماء.

6- **تتناقص مزوجية الأغوال** تدريجياً مع ازدياد كتلتها المولية (الجزيئية).

**الجواب:** بسبب ازدياد تأثير الجزء غير القطبي (R) ونقصان تأثير الجزء القطبي (OH-).

7- **تتناقص مزوجية الألدهيدات والكيبتونات** تدريجياً مع ازدياد كتلتها المولية (الجزيئية).

**الجواب:** بسبب ازدياد تأثير الجزء غير القطبي (R) ونقصان تأثير الجزء القطبي ( $\text{C}=\text{O}$ ).

8- **تتفاعل** الأغوال مع المعادن النشيطة كيميائياً.

**الجواب:** لأن المعادن النشيطة كيميائياً تستطيع إزاحة الهيدروجين في الرابطة (O-H) في الأغوال.

9- **سهولة** أكسدة الألدهيدات إلى حموض كربوكسيلية.

**الجواب:** بسبب وجود ذرة هيدروجين مرتبطة بذرة كربون الزمرة الكربونيل في الألدهيدات، وعدم وجودها في الكيبتونات.

10- **تستجيب** الألدهيدات والكيبتونات لتفاعلات الضم (الإضافة).

**الجواب:** لأن زمرة الكربونيل (C=O) تحوي رابطتين ( $\pi, \sigma$ ) حيث يحدث تفاعل الضم (الإضافة) على الرابطة الأضعف ( $\pi$ ).

11- **تفوق** الصفة القطبية للحموض الكربوكسيلية مقارنة مع باقي المواد العضوية.

**الجواب:** لأن زمرة الكربوكسيل (COOH-) تحوي زميرتين قطبيتين هما: الهيدروكسيل (OH-) والكربونيل (C=O).

## ثالثاً: سمّ المركبات الآتية:

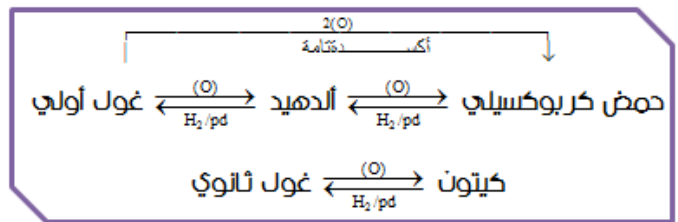
$\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{3-متيل بوتان-2-ول} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{بروبان-2-ول} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ إيتانول	$\text{CH}_3-\text{OH}$ ميثانول
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{2-متيل بنتان-3-ون} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{CH}_3 \\    \quad   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{3-متيل بوتان-2-ون} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Br} \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \\ \text{3-برومو بوتانال} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{H} \\ \text{2-متيل بروبانال} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{OH} \\ \text{حمض-3-كلورو بوتانويك} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \text{حمض-2-متيل بروبانويك} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \\ \text{حمض إيتانويك (حمض الخل)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \text{حمض ميثانويك (حمض النمل)} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{ميثان أميد (فورم أميد)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \text{2-متيل بروبانوات المثيل} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{إيتانوات الإثيل} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \text{ميثانوات المثيل} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{N} \begin{array}{l} / \text{CH}_3 \\ \backslash \text{CH}_3 \end{array} \\ \text{N,N-ثنائي متيل إيتان أميد} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{N-إثيل ميثان أميد} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_3 \\ \text{N-متيل إيتان أميد} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{إيتان أميد (أسيت أميد)} \end{array}$
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CH}_3$ N-متيل إيتان أمين	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{بروبان-2-أمين} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ إيتان أمين	$\text{CH}_3-\text{NH}_2$ ميثان أمين

## رابعاً: اكتب الصيغة نصف المنشورة لكل من المركبات الآتية:

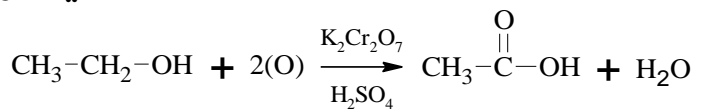
ميثانوات الإثيل	3-كلورو بوتانال	إيتانال (أسيت ألدهيد)	ميثانال (فورم ألدهيد)
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$
N-إثيل إيتان أميد	إيتان أميد (أسيت أميد)	حمض-2-متيل البوتانويك	3-متيل بوتان-2-ون
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\   \quad    \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$
ميثان أمين	بروبان-2-أمين	N-إثيل إيتان أمين	N-متيل إيتان أمين
$\text{CH}_3-\text{NH}_2$	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{NH}-\text{C}_2\text{H}_5$	$\text{CH}_3-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

## خامساً: سمّ المركبات الممثلة بالصيغ الهيكلية الآتية:

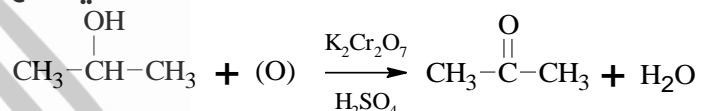
$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{OH} \\ \text{حمض الإيتانويك} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{بروبان-2-ون (بروبانون)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \\ \text{إيتانال (أسيت ألدهيد)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{بروبان-2-ول} \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 \\ \text{إيتان أمين} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{إيتان أميد (أسيت أميد)} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \text{2-متيل بروبان أميد} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \text{إيتانوات المثيل} \end{array}$

**سادساً: معادلات العضوية:****1 تفاعلات الأكسدة:****المخطط العام للأكسدة والإرجاع للأغوال الأولية والثانوية:****(a) الأكسدة التامة للأغوال الأولية والثانوية:**

للغول الأولي تُعطي الحمض الكربوكسيلي.  
للغول الثانوي تُعطي كيتون.

**تفاعل الأكسدة التامة للإيتانول، ثم سَم المركب العضوي الناتج.**

حمض الإيتانويك

**تفاعل أكسدة البروبان -2- ول، ثم سَم المركب العضوي الناتج.**

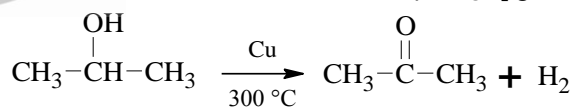
بروبان -2- ون

**(b) الأكسدة الواسطة (نزع الهيدروجين) للأغوال الأولية****والثانوية:**

للغول الأولي تُعطي ألدهيد.  
للغول الثانوي تُعطي كيتون.

**تفاعل أكسدة البروبان -2- ول بوجود مسحوق من النحاس**

المسخن إلى الدرجة  $300^\circ\text{C}$ .



البروبانون (الأسيتون)

**ينتج الإيتانال من نزع هيدروجين من غول أولي. المطلوب:**

(a) اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل.

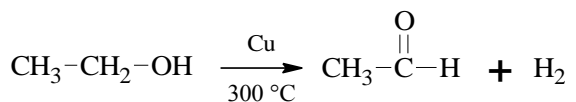
(b) سَم هذا الغول. (c) اكتب اسم الوسيط المستعمل.

**توضيح السؤال:**



**الجواب:**

(a)



(b) الغول الأولي هو: الإيتانول.

(c) اسم الوسيط: مسحوق النحاس.

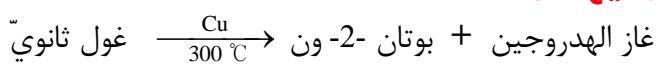
**• ينتج البوتان -2- ون من نزع هيدروجين من غول ثانوي. المطلوب:**

(a) اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل.

(b) سَم هذا الغول.

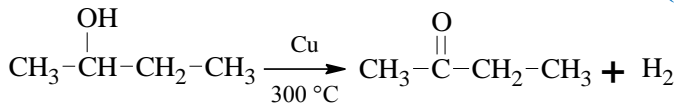
(c) اكتب اسم الوسيط المستعمل.

**توضيح السؤال:**



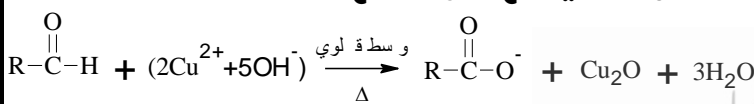
**الجواب:**

(a)

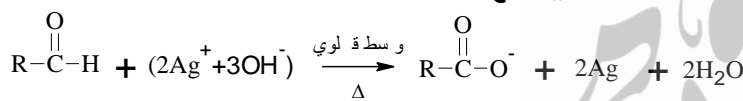


(b) الغول الثانوي هو: البوتان -2- ول.

(c) اسم الوسيط: مسحوق النحاس.

**(c) أكسدة الألدهيدات بكاشف فهلنغ وكاشف تولن:****• تفاعل الألدهيد مع محلول فهلنغ.**

ألدهيد محلول فهلنغ أكسيد النحاس (I) أيون الكربوكسيلات

**• تفاعل الألدهيد مع محلول تولن.**

ألدهيد محلول تولن فضة أيون الكربوكسيلات

**ملاحظة:**

يمكن أن تأتي المعادلتين السابقتين على الميثانال (نضع H بدلاً من R).

ويمكن أن تأتي على الإيتانال (نضع CH<sub>3</sub> بدلاً من R).

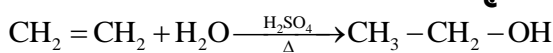
مع الانتباه أن الموازنة تبقى نفسها.

**2 تفاعلات الضم (الإضافة):**

يحدث التفاعل على الرابطة الثنائية.

**• ضم الماء إلى الإيتن بوجود حمض الكبريت كوسيط، ثم سَم**

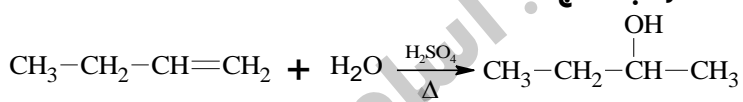
المركب الناتج.



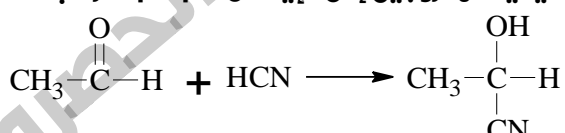
إيتانول

**• ضم الماء إلى البوتن -1- بوجود حمض الكبريت كوسيط، ثم سَم**

المركب الناتج.



بوتان -2- ول

**• ضم سيانيد الهيدروجين إلى الإيتانال، ثم سَم المركب الناتج.**

-2 هيدروكسي بروبان نتريل

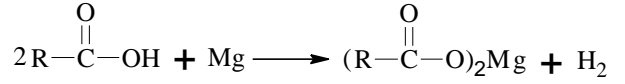
**ملاحظة:** يمكن أن تأتي المعادلة السابقة على البروبان -2- ون.

**③ التفاعل مع المعادن:**

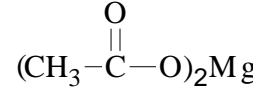
- تفاعل الإيتانول مع البوتاسيوم، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.  

$$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH} + \text{K} \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OK} + \frac{1}{2} \text{H}_2$$
 إيتوكسيد البوتاسيوم

- تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع المغنزيوم، ثم سمّ المركب العضوي الناتج في حال كانت R : CH<sub>3</sub> -



الناتج في حال كانت R : CH<sub>3</sub> - هو:



خلات المغنزيوم أو: إيتانوات المغنزيوم

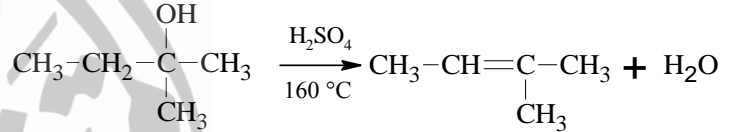
**④ تفاعلات البلمهة:**

تعني نزع جزيئة ماء H<sub>2</sub>O.

**(a) البلمهة داخل الجزيء للأغوال:**

تُعطى ألكنات.

- البلمهة داخل الجزيء للمركب 2- متيل بوتان 2- ول في شروط مناسبة، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.

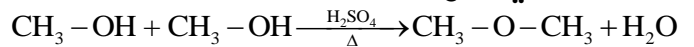


2- متيل بوتن 2-

**(b) البلمهة ما بين الجزيئية للأغوال:**

تُعطى إيترات.

- البلمهة ما بين الجزيئية للميتانول في شروط مناسبة، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.



ميتوكسي الميتان

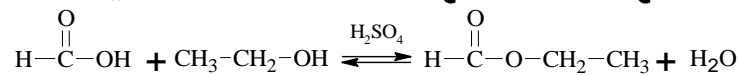
**(c) البلمهة ما بين الجزيئية للحموض الكربوكسيلية:**

تُعطى بلا ماء الحمض الكربوكسيلي.

**⑤ تفاعل الأسترة:**

هو تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الغول.

- تفاعل حمض الميتانويك مع الإيتانول، ثم سمّ المركب العضوي الناتج، ما اسم هذا النوع من التفاعلات، اذكر اسم الوسيط.



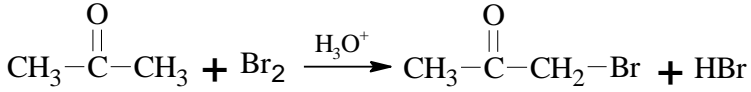
ميتانوات الإيتيل

اسم التفاعل: أسترة.

اسم الوسيط: حمض الكبريت.

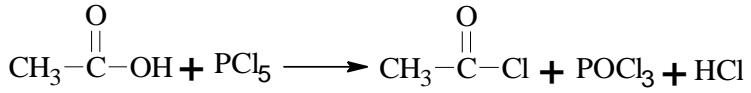
**⑥ التفاعل مع الهالوجينات:**

- تفاعل البروم مع البروبانول (الأسيتون)، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.



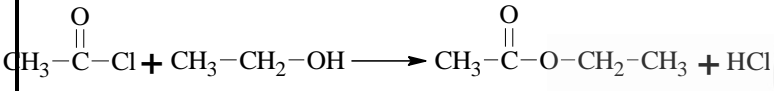
1- برومو بروبان 2- ون

- تفاعل حمض الإيتانويك مع خماسي كلور الفوسفور، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.



كلور الأستيل

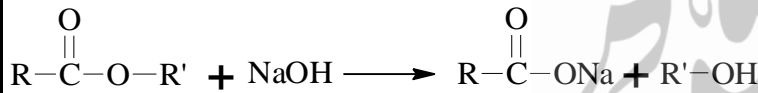
- تفاعل كلور الأستيل مع الإيتانول، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.



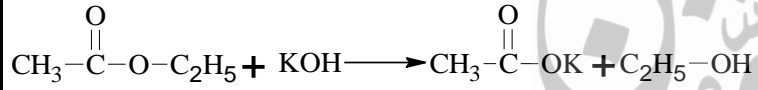
إيتانوات الإيتيل      إيتانول      كلور الأستيل

**⑦ التفاعل مع الأسترات:**

- تفاعل الأستر مع هيدروكسيد الصوديوم.

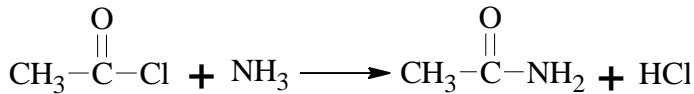


- تفاعل إيتانوات الإيتيل مع هيدروكسيد البوتاسيوم.



إيتانول      إيتانوات البوتاسيوم  
(خلات البوتاسيوم)

- تفاعل كلور الأستيل مع النشادر، ثم سمّ المركب العضوي الناتج.



إيتان أميد (أستيت أميد)

**⑧ تفاعلات الإرجاع:**

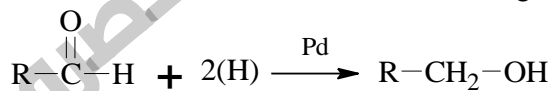
للألدهيد تُعطى غول أولي.

للكيتون تُعطى غول ثانوي.

للحمض الكربوكسيلي تُعطى ألدهيد (إذا كان المُرجع هو H<sub>2</sub>).

للحمض الكربوكسيلي تُعطى غول أولي (إذا كان المُرجع هو LiAlH<sub>4</sub>).

- تفاعل إرجاع الألدهيد بالهدروجين وبوجود البلاديوم كحفّاز.



ألدهيد

غول أولي

**المسألة الثانية:** غول أولي نظامي وحيد الوظيفة، النسبة الكتلية

للاكسجين فيه  $\frac{8}{37}$  المطلوب:

1 احسب الكتلة المولية لهذا الغول.

2 استنتج الصيغة نصف المنشورة لهذا الغول، وسمه حسب قواعد الـ IUPAC.

C:12 , H:1 , O:16

**الحل:**

1 كل 1 g من الغول الأولي يحوي  $\frac{8}{37}$  أكسجين.

كل g M من الغول الأولي يحوي 16 أكسجين.

$$\Rightarrow M = \frac{16 \times 1}{\frac{8}{37}} = 74 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$R - CH_2 - OH = 74$$

$$R + 12 + 2 + 16 + 1 = 74$$

$$R = 43$$

$$12n + 2n + 1 = 43$$

$$\Rightarrow n = 3$$

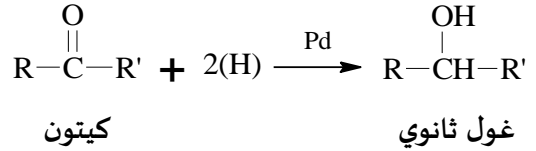
$$\Rightarrow R : C_3H_7 -$$

الصيغة نصف المنشورة للغول:



بوتان-1-ول

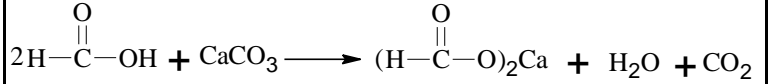
• تفاعل إرجاع الكيتون بالهدروجين وبوجود البلاتين كحفاز.



9 **التفاعل مع الأملاح:**

• تفاعل حمض الميتانويك مع كربونات الكالسيوم، ثم سم

المركب العضوي الناتج. ووزنها.



ميتانوات الكالسيوم

(نملات الكالسيوم)

**سابعاً: مسائل العضوية:**

**المسألة الأولى:** يتفاعل غول وحيد الوظيفة مع الصوديوم، فينتج ملح

كتلته  $\frac{34}{23}$  من كتلة الغول. المطلوب:

1 اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل.

2 احسب الكتلة المولية (الجزئية) للغول.

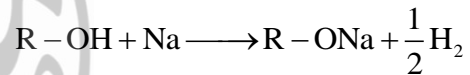
3 استنتج الصيغة نصف المنشورة وللصيغة المجملة للغول، وسمه

حسب قواعد الـ IUPAC.

C:12 , O:16 , H:1 , Na:23

**الحل:**

1 و 2:



$$M \text{ g} \quad (M + 22) \text{ g}$$

$$x \text{ g} \quad \left(\frac{34}{23} x\right) \text{ g}$$

$$\left(\frac{34}{23} x\right) \cdot M = x (M + 22)$$

$$\frac{34}{23} M = M + 22$$

$$\Rightarrow M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$R - OH = 46$$

$$R + 16 + 1 = 46$$

$$R = 29$$

$$C_n H_{2n+1} = 29$$

$$12n + 2n + 1 = 29$$

$$\Rightarrow n = 2$$

$$\Rightarrow R : C_2H_5 -$$

الصيغة نصف المنشورة للغول:



إيتانول

والصيغة المجملة للغول:  $C_2H_6O$