

# الثالث الثانوي العلمي



الجامعة العربية السورية  
وزارة التربية

# الكيمياء



كتاب الطالب

م 2024 - 2023  
هـ 1445 - 1444

الجمهورية العربية السورية  
وزارة التربية  
المركز الوطني لتطوير المناهج التربوية

# الكيمياء

الصف الثالث الثانوي العلمي

م 2024 - 2023

## المؤلفون

تأليف لجنة من المختصين

حقوق الطباعة والتوزيع محفوظة للمؤسسة العامة للطباعة

حقوق التأليف والنشر محفوظة للمركز الوطني لتطوير المناهج التربوية

وزارة التربية - الجمهورية العربية السورية

طبع لأول مرة في العام الدراسي: 2019 - 2020م

## المقدمة

نقدم للمتعلّمين الأعزاء كتاب الكيمياء المبنيٍ وفق الإطار العام للمنهاج الوطني ووثيقة المعايير الوطنية المطورة، والتي تهدف إلى مواكبة التطورات الحالية، وتقديم منهاج قائم على البحث العلمي والتجريب يلبي آمال المتعلّمين من جهةٍ، ومتطلبات سوق العمل والمجتمع المحلي من جهةٍ أخرى.

يشهد العالم ثورةً معرفيةً يرافقها تسارعٌ في إنتاج المعرفة وانتشارها وتطور التقانات المستخدمة إضافةً إلى سرعة التغييرات في مجالات الحياة كلها.

لذلك وجب ربط المنهاج بالحياة اليومية للمتعلّم وب بيته، ومواكبة المستجدات العلمية والتكنولوجية التي سيكون لها الأثر الفعال في تنمية شخصية المتعلم من الناحيتين الفكرية والجسدية، وهذا ما يسمح له بالتكامل مع متطلبات الحياة المعاصرة، والمساهمة في التنمية الوطنية المستدامة.

يخاطب المحتوى العلمي المتعلّم بوصفه محور العملية التّربويّة، ويشجّعه على التعلم الذاتي، حيث صيغت موضوعات الكتاب بأسلوب علمي مبسط وواضح لتناسب التّنمو العقلي والعمري للمتعلّم وتشير دافعيته. كما يرتكز المحتوى على المعارف والمهارات بعيداً عن الحشو والتكرار، ويمكن المتعلّم من مواجهة المشكلات التي يتعرّض لها في حياته اليومية، وإيجاد الأساليب المناسبة لحلّها، وكذلك يحفز المتعلّم على اكتساب مهارات التواصل والتّفكير والبحث والاستنتاج بدلاً من تلقّي المعلومات وحفظها واستظهارها، كما يؤكّد المحتوى على دور المعلم بوصفه موجّهاً للمناقشة، وميسراً للعلم والعمل.

وكلنا أملٌ وثقة أن يحقق زملاؤنا المتعلّمون ما نصبو إليه.

فريق التّأليف

# الفهرس

## الوحدة الأولى: الكيمياء النووية

6 .....	الكيمياء النووية .....	1
---------	------------------------	---

## الوحدة الثانية: الغازات

24 .....	الغازات .....	1
----------	---------------	---

## الوحدة الثالثة: حركية التفاعلات الكيميائية

44 .....	سرعة التفاعل الكيميائي .....	1
----------	------------------------------	---

62 .....	التوازن الكيميائي .....	2
----------	-------------------------	---

## الوحدة الرابعة: الكيمياء التحليلية

84 .....	الحموض والأسنس .....	1
----------	----------------------	---

98 .....	المحاليل المائية للأملاح .....	2
----------	--------------------------------	---

118 .....	المعايرة الحجمية .....	3
-----------	------------------------	---

## الوحدة الخامسة: الكيمياء العضوية

134 .....	الأغوال .....	1
-----------	---------------	---

147 .....	الألدهيدات والكيتونات .....	2
-----------	-----------------------------	---

162 .....	الحموض العضوية (الكريبوكسيلية) .....	3
-----------	--------------------------------------	---

173 .....	مشتقات الحموض الكريبوكسيلية .....	4
-----------	-----------------------------------	---

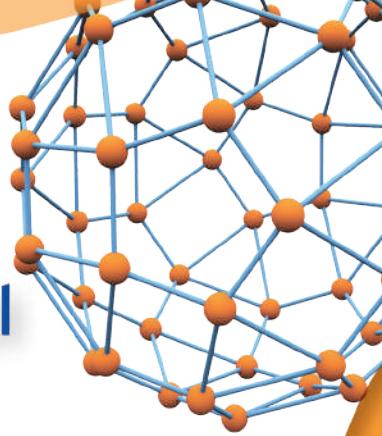
187 .....	الأمينات .....	5
-----------	----------------	---

# الوحدة الأولى

## الكيمياء النووية

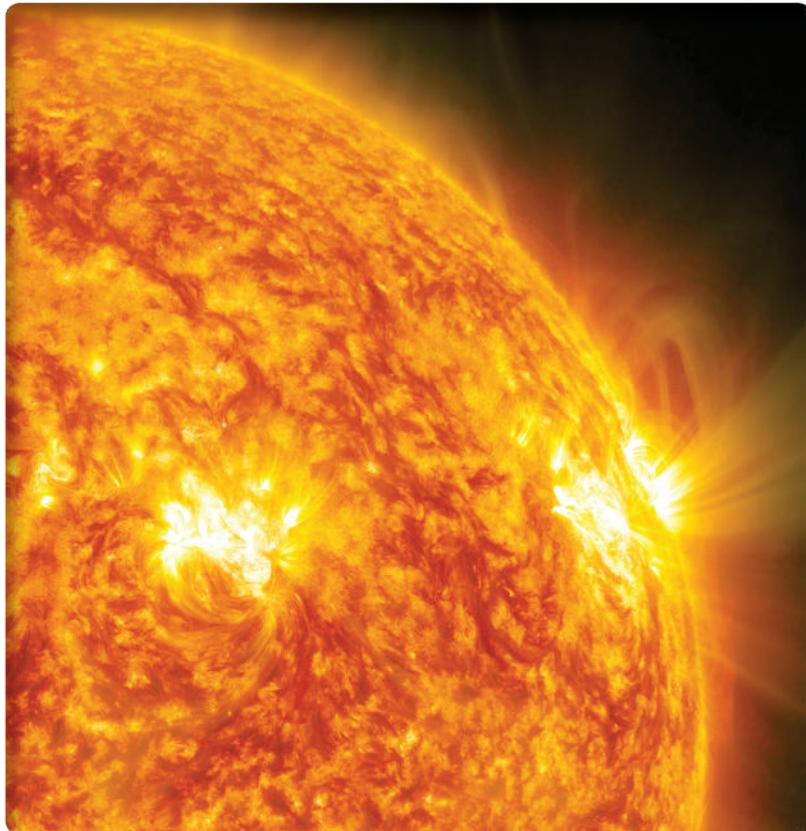


تُعد الطاقة النووية من أحد أهم مصادر الطاقة، حيث تُستعمل في عدة مجالات منها توليد الكهرباء، والزراعة، والطب، وتنقية مياه الشرب.



١-١

# الكيمياء النووية



يحدثُ داخلَ الشّمْسِ تفاعلاتٌ نوويَّةٌ يرافقها انطلاق طاقة هائلة، تشعُّ الشّمْسُ هذه الطّاقة على شكلِ أمواجٍ كهروطيسيةٍ تترافقُ بتدفقِ جسيماتٍ تُسمى الرياح الشّمسية.

## الأهداف:

- \* يميّز بين التّوى المستقرّة وغير المستقرّة.
- \* يتعرّفُ أنواع التحوّلات النّوويّة (النشاط الإشعاعي الطبيعي).
- \* يقارن بين خاصيّات جسيمات ألفا وبيتا وأشعة غاما.
- \* يستنتج طاقة الارتباط في النّواة.
- \* يتعرّفُ عمر النصف للمادة المشعّة.
- \* يتعرّفُ التفاعلات النووية.
- \* يتعرّفُ تفاعلات الالتقاط.
- \* يتعرّفُ تفاعلات التّطافر.
- \* يتعرّفُ تفاعلات الانشطار.
- \* يتعرّفُ تفاعلات الاندماج النووي.

## الكلمات المفتاحية:

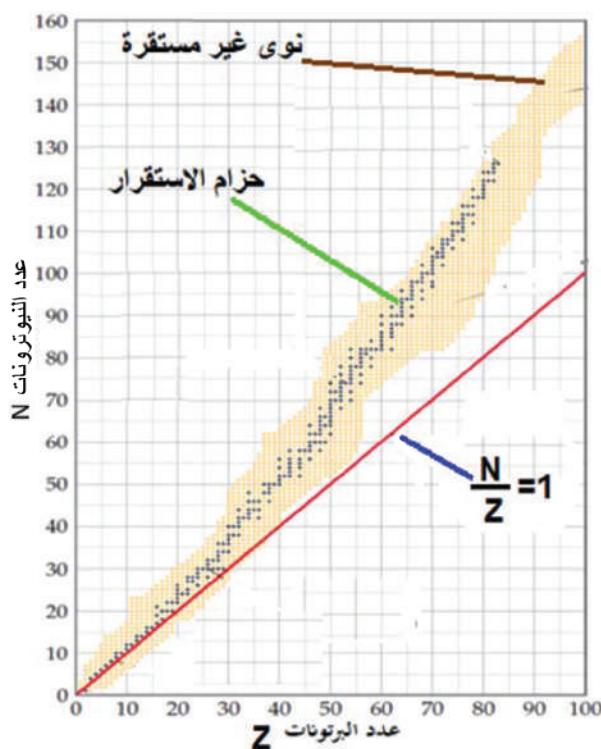
- \* الاستقرار النّووي.
- \* النّشاط الإشعاعي الطبيعي.
- \* طاقة ارتباط النّواة.
- \* عمر النصف لمادة مشعّة.
- \* تفاعل نووي.
- \* تفاعل تطافر.
- \* تفاعل التقاط.
- \* اندماج نووي.
- \* انشطار نووي.

## تركيب النواة :

- تحتوي النواة على بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات معتدلة الشحنة، موجودة في حيز صغير جداً.
- العدد الذري  $Z$  هو عدد البروتونات في النواة، ويساوي عدد الإلكترونات في الذرة.
- العدد الكتلي  $A$  هو مجموع عددي البروتونات والنيوترونات  $N$ .
- يُرمز لنواة العنصر:  ${}^A_Z X$ .

## الاستقرار النووي :

نشاط (1):



لاحظ الشكل المجاور الذي يمثل موقع نوى نظائر طبيعية، حيث تقع النوى المستقرة ضمن منطقة تسمى حزام الاستقرار، وغير المستقرة تقع خارجه.

- أقارن النسبة  $\frac{N}{Z}$  للنوى المستقرة بالخط البياني الذي يمثل النسبة  $\frac{N}{Z} = 1$ .
- ما العلاقة بين النسبة  $\frac{N}{Z}$  للنوى المستقرة وغير المستقرة، التي لها العدد الذري نفسه؟

أستنتج:

- النسبة  $\frac{N}{Z} \leq 1$  للعناصر المستقرة ذات الأعداد الذرية الصغيرة.
- النسبة  $\frac{N}{Z} > 1$  للعناصر المستقرة ذات الأعداد الذرية الكبيرة.
- النسبة  $\frac{N}{Z}$  لنظير غير مستقر لا تساوي النسبة  $\frac{N}{Z}$  لنظير مستقر، وتتحول النوى غير المستقرة تلقائياً إلى نوى أكثر استقراراً من خلال عملية تدعى النشاط الإشعاعي.

نوى غير مستقرة تلقائياً إلى نوى أكثر استقراراً من خلال عملية تدعى

## رموز بعض الجسيمات النووية

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

## أنواع التحولات النووية (النشاط الإشعاعي الطبيعي)

تَحدُث داخل النُّواة غير المستقرة تحولات نووية متحولة إلى نوأة أخرى أكثر استقراراً، يرافقها انطلاق جسيمات خارج النُّواة، وانطلاق طاقة على شكل أمواج كهرطيسية.

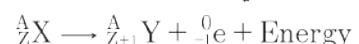
- يتحقق دوماً في أثناء التحولات النووية مصونية العدد الذري والعدد الكتلي.

### أ. تحول من النوع بيتا:

يَحدُث في النُّوى التي تقع فوق حزام الاستقرار نتيجة تحول نيوترون إلى بروتون وفق المعادلة الآتية:



يعُبَّر عن هذا النوع من التحول بالمعادلة النووية العامة الآتية:



تطبيق (1):

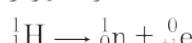
تحول نوأة الكربون  ${}_{6}^{14} C$  إلى نوأة النيتروجين  ${}_{7}^{14} N$  تلقائياً، أكتب المعادلة النووية المعبَّرة عن هذا التحول محدداً نوعه.



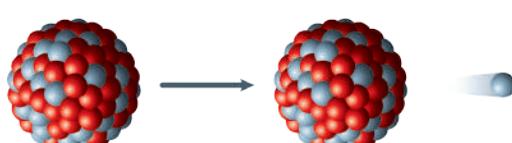
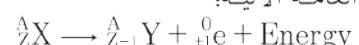
– التحول من نوع بيتا.

### بـ. تحول من النوع بوزيترون:

يَحدُث في النُّوى التي تقع تحت حزام الاستقرار نتيجة تحول بروتون إلى نيوترون وفق المعادلة الآتية:

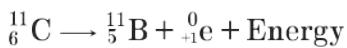


يعُبَّر عن هذا النوع من التحول بالمعادلة النووية العامة الآتية:



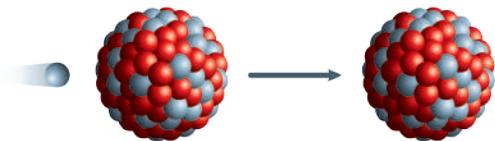
## تطبيقات (2):

تحوّل نواة الكربون المشع  $^{11}_6\text{C}$  إلى نواة البور المستقر بإطلاقها بوزيترون، أكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحوّل.

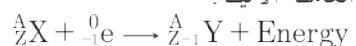


## ٣. الأسر الإلكتروني:

يحدث في النوى التي تقع تحت حزام الاستقرار، ولا تملك طاقة كافية لإطلاق بوزيترون، حيث تلتقط النواة الإلكترون من السحابة الإلكترونية المحيطة بها ليرتبط ببروتون فيشكّل نيوترون وفق المعادلة الآتية:

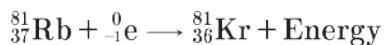


يعبر عن هذا النوع من التحوّل بالمعادلة النووية العامة الآتية:



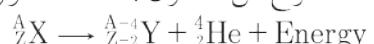
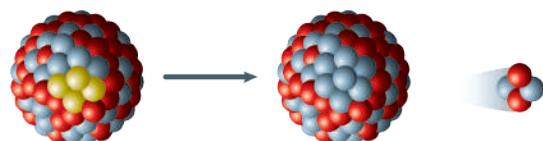
## تطبيقات (3):

تحوّل نواة الروبيديوم  $^{87}_{37}\text{Rb}$  إلى نواة الكربتون  $^{81}_{36}\text{Kr}$  عندما تأسّر أحد إلكترونات السحابة الإلكترونية المحيطة بها، أكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحوّل.



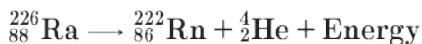
## ٤. التحوّل من النوع ألفا:

يمكن أن يحدث في النوى التي يزيد عددها الذري عن 83، حيث تُطلق النواة جسيم ألفا  ${}_{2}^4\text{He}$ ، ويعبّر عن هذا النوع من التحوّل بالمعادلة النووية العامة الآتية:



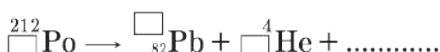
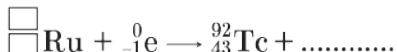
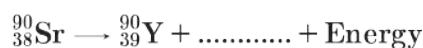
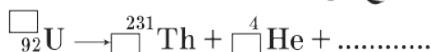
## تطبيقات (4):

تحوّل نواة الراديوم  $^{226}_{88}\text{Ra}$  إلى نواة الزراديون  $^{222}_{86}\text{Rn}$  بإطلاقها جسيم ألفا، أكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحوّل.



## نشاط (2):

أكمل التحولات النووية الآتية، ثم حدد نوع كل منها:



إثراء:

أثبتت الدراسات الحديثة التي قام بها العالم موري جيلمان أن البروتونات والنيوترونات يتكون كل منها من جسيمات متناهية في الصغر تسمى كواركات، ولها ستة أنواع أهمها ( up , down ) حيث أن:



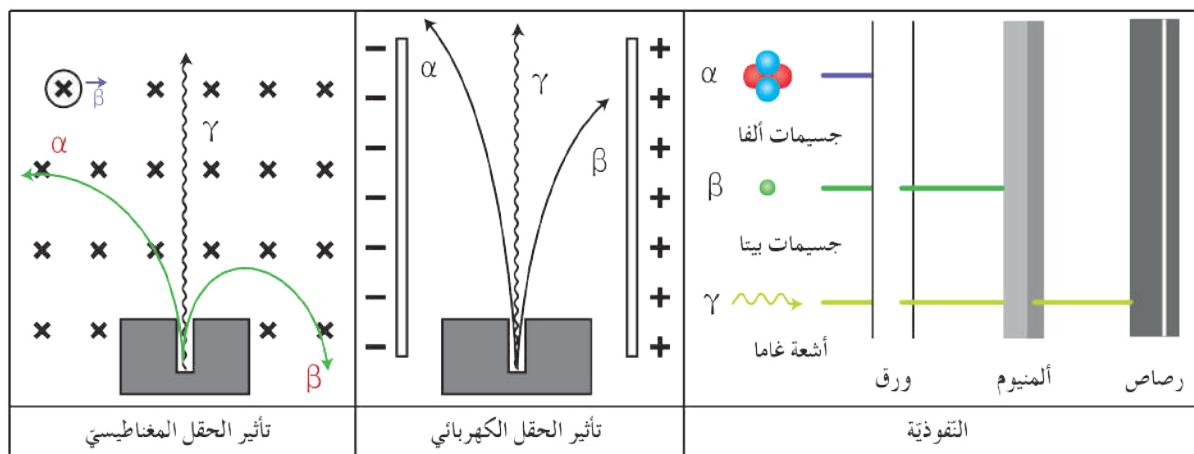
$$\text{down} = -\frac{1}{3}, \text{ up} = +\frac{2}{3}$$

يتكون البروتون من ثلاثة كواركات  $2\text{up} + 1\text{down}$

والنيوترون من ثلات كواركات 1up + 2down

**خاصيات جسمان ألفا وجسمان بيتا وأشعة غاما:**

الاحظ الصور الآتية، وأستنتج منها بعض خاصيات جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما.



أشعة غاما ( $\gamma$ )	جسيمات بيتا ( $\beta$ )	جسيمات ألفا ( $\alpha$ )	
أمواج كهرطيسية طاقتها عالية جداً.	إلكترونات عالية السرعة.	تطابق نواة الهليوم ${}^4_2\text{He}$	الطبيعة
لا تحمل شحنة كهربائية.	تحمل شحنة سالبة.	تحمل شحتين موجبين.	الشحنة
ليس لها كتلة سكونية.	كتلتها تساوي كتلة الإلكترون.	كتلتها تساوي أربعة أضعاف كتلة الهدروجين العادي.	الكتلة

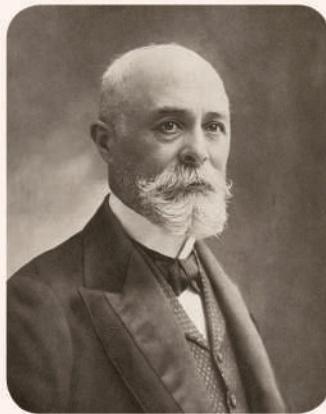
أقل قدرة على تأين الغازات من جسيمات بيتا.	أقل قدرة على تأين الغازات من جسيمات ألفا.	تؤين الغازات التي تمر من خلالها.	<b>تأين الغازات</b>
نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات بيتا	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات ألفا.	نفوذيتها ضعيفة.	<b>النفوذية</b>
تساوي سرعة الضوء $c$	$0.9 c$	$0.05 c$	<b>السرعة بالنسبة لسرعة الضوء</b>
لا تتأثر.	تحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة.	تحرف نحو اللبوس السالب لمكثفة مشحونة.	<b>التأثير بالحقل الكهربائي</b>
لا تتأثر.	تحرف بتأثير القوة المغناطيسية بجهة معاكسة لجهة انحراف جسيمات ألفا.	تحرف بتأثير القوة المغناطيسية	<b>التأثير بالحقل المغناطيسي</b>

### نشاط (3):

قارن بين جسيم بيتا والبوزيترون من حيث (موقع التوازن الذي تطلق كلّ منهما بالنسبة لحزام الاستقرار، التأثير بالحقل الكهربائي)

#### إثراء:

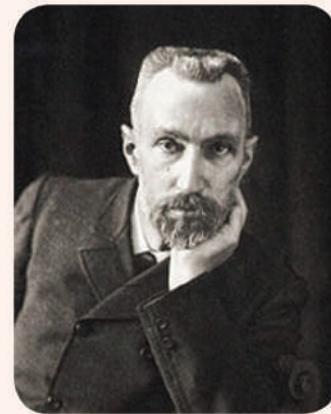
لاحظ العالم الفرنسي بيكريل ابعاد أشعة غير مرئية من خام اليورانيوم أثرت على فيلم فوتوغرافي، أدت دراسة هذه الخاصية من قبل بيكريل والزوجين بيير وماري كوري لاكتشاف النشاط الإشعاعي.



هنري بيكريل



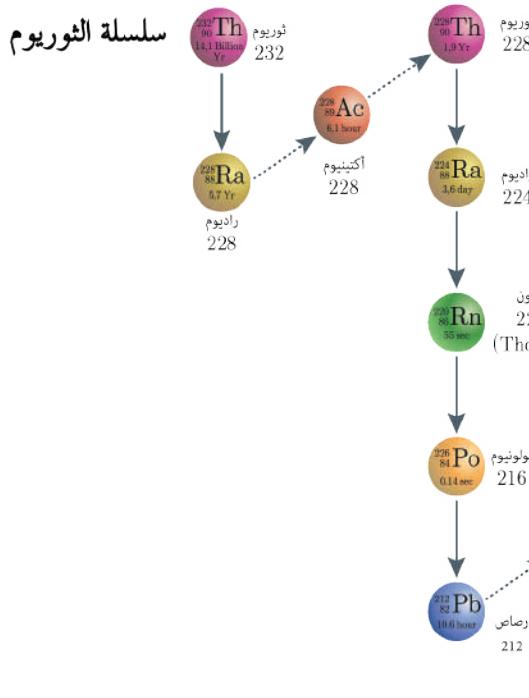
ماري كوري



بيير كوري

## سلسلة النشاط الإشعاعي:

### نشاط (4):



الاحظ الشكل الآتي الذي يبيّن مراحل تحول نواة الثوريوم  $^{232}_{90}\text{Th}$  غير المستقرة إلى نواة الرصاص  $^{208}_{82}\text{Pb}$  المستقرة.

أستنتج:

تحوّل النواة المشعة وفق عدّة تحولات نووية متسلسلة لتصل إلى نواة مستقرة تُدعى سلسلة نشاط إشعاعي.

### إثراء:

يوجّد ثالث سلسلة للنشاط الإشعاعي الطبيعي:

1. السلسلة الأولى: تبدأ باليورانيوم  $^{238}_{92}\text{U}$  وتنتهي بالرصاص  $^{206}_{82}\text{Pb}$
2. السلسلة الثانية: تبدأ بالثوريوم  $^{232}_{90}\text{Th}$  وتنتهي بالرصاص  $^{208}_{82}\text{Pb}$
3. السلسلة الثالثة: تبدأ باليورانيوم  $^{207}_{92}\text{U}$  وتنتهي بالرصاص  $^{206}_{82}\text{Pb}$ .

### تطبيق (5):

تحوّل نواة اليورانيوم المشع  $^{238}_{92}\text{U}$  إلى نواة الرصاص المستقر  $^{206}_{82}\text{Pb}$  وفق سلسلة نشاط إشعاعي الممثّل بالمعادلة الآتية: تبدأ باليورانيوم  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow x^4\text{He} + y^0\text{e} + ^{206}_{82}\text{Pb} + \text{Energy}$  والمطلوب حساب:

1. عدد التحوّلات من النوع ألفا  $x$ .
2. عدد التحوّلات من النوع بيتا  $y$ .
3. أكتب المعادلة النووية الكلية.

الحل:

$$238 = 4x + y(0) + 206 \Rightarrow x = 8 .1$$

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



## نشاط (5):

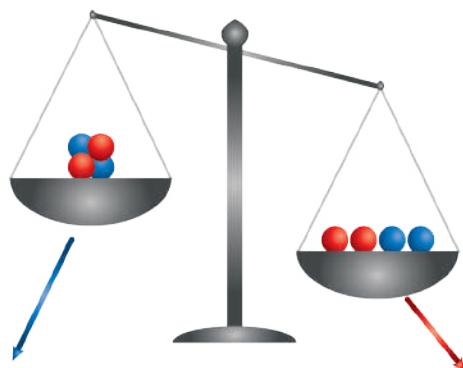
يتحول اليورانيوم المشع  $^{235}_{92}\text{U}$  إلى الرصاص المستقر  $^{207}_{82}\text{Pb}$ ، المطلوب:

1. احسب عدد التحولات من التمط ألفا، والتحولات من التمط بيتا التي يقوم بها اليورانيوم حتى يستقر.
2. أكتب المعادلة النووية الكلية.

## طاقة الارتباط:

## نشاط (6):

أقارن بين كتلة نواة الهليوم ومجموع كتل مكوناتها وهي حرة، وأفسر ذلك.



كتلة نواة الهليوم	كتلة مكونات (نوكليونات) نواة الهليوم وهي حرة
$m_2 = 6.4024 \times 10^{-27} \text{ kg}$	كتلة البروتونات $= 2 \times 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$ كتلة البيترونات $= 2 \times 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$
	الكتلة الكلية للنوكليونات $m_1 = 6.695 \times 10^{-27} \text{ kg}$

كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرة بسبب تحويل التفاص في الكتلة إلى طاقة منتشرة تُعطى بعلاقةEinsteiniان:  $\Delta E = \Delta m c^2$ .

## تطبيق (6):

اعتماداً على النشاط (6):

1. أحسب الطاقة المنتشرة في أثناء تشكّل نواة الهليوم  $^{4}_{2}\text{He}$ .
2. أستخرج قيمة طاقة الارتباط لنواة الهليوم.

الحل:

$$1. \text{ مجموع كتل مكونات النواة } m_1 = (2 \times 1.6726 \times 10^{-27}) + (2 \times 1.6749 \times 10^{-27}) = 6.695 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

أحسب قيمة نقصان الكتلة  $\Delta m$

$$\Delta m = m_2 - m_1$$

$$\Delta m = 6.4024 \times 10^{-27} - 6.695 \times 10^{-27} = -0.2926 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

$$\Delta E = -0.2926 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 = -2.6334 \times 10^{-11} \text{ J}$$

2. طاقة ارتباط النواة تساوي بالقيمة وتعاكس بإشاره الطاقة المنتشرة:

$$\Delta E = +2.6334 \times 10^{-11} \text{ J}$$

**نتيجة:**

- عند فصل النواة إلى مكوناتها الأساسية من بروتونات ونيوترونات يجب تقديم طاقة متساوية للطاقة المنتشرة في أثناء تشكلها، تسمى طاقة ارتباط النواة وهي مقدار موجب.

- يتحول النقص في الكتلة إلى طاقة منتشرة تُعطى بعلاقة إينشتاين:  $\Delta E = \Delta m c^2$  حيث  $\Delta E$  الطاقة ووحدتها  $\text{J}$

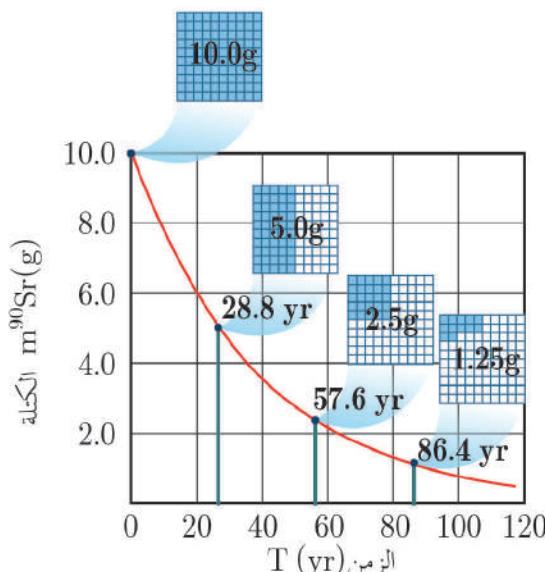
$\Delta m$  النقص في الكتلة ووحدتها  $\text{kg}$   
 $c$  سرعة انتشار الضوء في الخلاء وتقدير  $\text{m.s}^{-1}$

**نشاط (7):**

تشعّ الشّمس طاقة مقدارها  $J = 3.8 \times 10^{27}$  في كلّ ثانية، احسب مقدار النقص في كتلة الشّمس خلال ثلاثة دقائق علمًا أنّ  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

**عمر النصف للمادة المشعة:**

**نشاط (8):**



بيان المخطط الآتي تحول 10g من نظير السترونسيوم  ${}^{90}\text{Sr}$  بدلالة الزمن وفق نشاط إشعاعي، المطلوب:

1. حدد الكتلة المتبقية بعد 28.8 سنة.

2. حدد الكتلة المتبقية بعد 57.6 سنة.

3. حدد الكتلة المتبقية بعد 86.4 سنة.

**الحل:**

1. يبقى 5g من العينة أي نصف كتلتها خلال 28.8 سنة.

2. يبقى 2.5g من العينة خلال 57.6 سنة.

3. يبقى 1.25g من العينة خلال 86.4 سنة.

أستنتج:

- تحول نصف عدد نوى النظير المشع وفق نشاط إشعاعي محدد إلى نوى عنصر آخر خلال أزمنة متساوية تُدعى عمر النصف للمادة المشعة.



حيث ( $N$ ) يمثل العدد الكلي للنوى.

يُحسب عمر النصف للمادة المشعة من العلاقة:  $t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n}$  حيث  $t$  الزمن الكلي،  $n$  عدد مرات التكرار

- يتعلّق عمر النصف ب نوع المادة المشعة.

- لا يتعلّق عمر النصف بالحالة الفيزيائية أو الكيميائية أو الضغط أو الحرارة.

### إثراء:

يبين الجدول الآتي عمر النصف لبعض نوى النظائر المشعة.

نوع التحول	عمر النصف (سنة)	النظير
ألفا	$4.5 \times 10^9$	اليورانيوم 238
ألفا	$7.0 \times 10^8$	اليورانيوم 235
ألفا	$1.4 \times 10^{10}$	الثوريوم 232
بيتا	$1.3 \times 10^9$	البوتاسيوم 40
بيتا	5700	الكربون 14

### تطبيق (7):

إذا علّمت أنَّ عمر النصف لعنصر مشع 3years أحسب الزمن اللازم كي يصبح النشاط الإشعاعي  $\frac{1}{8}$  ما كان عليه.

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

$$N \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{2} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{4} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{8} \implies n = 3 \implies t = 3 \times 3 = 9 \text{ years}$$

### تطبيق (8):

يبلغ عدد التلوى في عنصر مشع  $10^5 \times 16$  وبعد زمن  $150 \text{ s}$  يصبح العدد 200000 نواة. المطلوب: أحسب  $t_{\frac{1}{2}}$ .

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

$$16 \times 10^5 \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 8 \times 10^5 \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 4 \times 10^5 \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 2 \times 10^5 \implies n = 3 \implies t_{\frac{1}{2}} = \frac{150}{3} = 50 \text{ s}$$

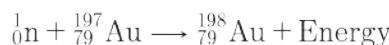
## التفاعلات النووية:

### أ. تفاعلات الالتقاط:

تحدث عندما تلتقط التواة القذيفة التي قذفت بها دون أن تنقسم.

تطبيق (9):

عند قذف نواة الذهب النظير غير المشع  $Au^{197}_{79}$  بنيوترون تتحول إلى نواة الذهب النظير المشع أكتب المعادلة النووية المعتبرة:

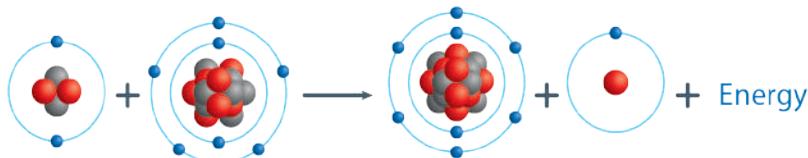


### بـ. تفاعلات التطافر:

تحدث عندما تتحول التواة المقدوفة بجسيم إلى عنصر جديد مطلقة جسيم آخر.

تطبيق (10):

عند قذف نواة التروجين  $N^{14}_7$  بجسيم ألفا تتحول إلى نواة الأكسجين مطلقة بروتون، أكتب المعادلة النووية المعتبرة:



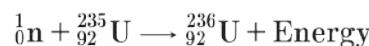
نشاط (9):

عند قذف نواة الزئبق  $Hg^{200}_{80}$  ببروتون تتحول إلى نواة الذهب مطلقة جسيم ألفا، اكتب المعادلة النووية المعتبرة عن التفاعل النووي الحاصل، ثم حدد نوعه.

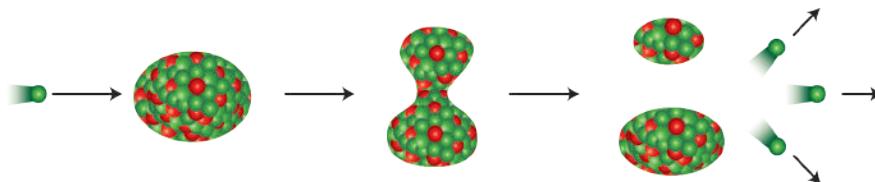
### ثـ. تفاعلات الانشطار النووي:

نشاط (10):

عند قذف نواة اليورانيوم النظير  $U^{235}_{92}$  بنيوترون بطيء تلتقط التواة اليوترون وفق المعادلة:



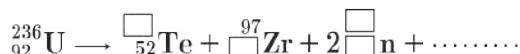
تنشطر نواة اليورانيوم  $U^{236}_{92}$  إلى نواتين متوسطتي الكتلة، وينطلق نيوترونات سريعة وفق المعادلة النووية.



يرافق تفاعل الانشطار انطلاق نيوترونات سريعة، إذا أمكن إبطاؤها يمكن لكلّ نيوترون أن يشطر نواة جديدة من  $^{235}_{92}\text{U}$  بعد التقاطه مما يؤدي إلى حدوث تفاعل متسلسل.

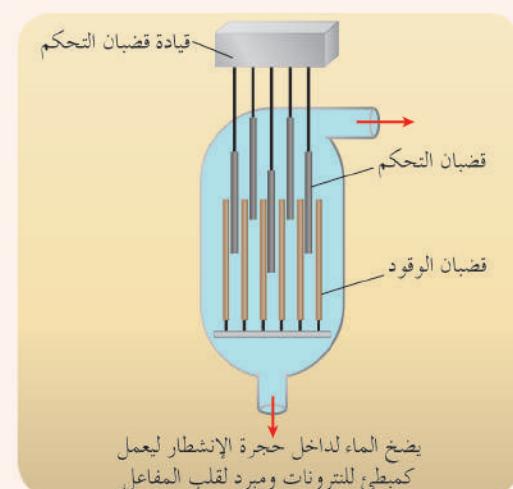
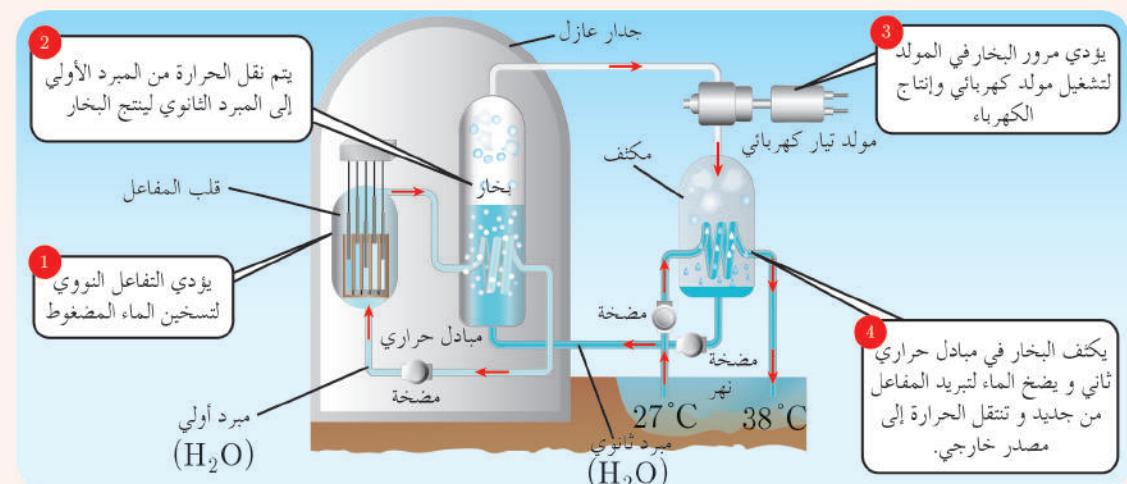
### نشاط (11):

أكمل التفاعل النووي الآتي ثم حدد نوعه:



### إثراء:

يُستفاد من المفاعل النووي في الحصول على الطاقة النووية التي تستثمر في مجالات مختلفة. يمثل الشكل مخططاً لمفاعل نووي.



تُستخدم قضبان تحتوي على أكسيد اليورانيوم  $^{235}$  كوقود في المفاعل النووي، وبما أنّ نسبة طبيعياً لا تتجاوز 0.7% في عينة اليورانيوم الخام لذلك يتم زيادة نسبته عبر عملية تدعى (تخصيب اليورانيوم) ليصبح نسبته 3% - 5% وهي نسبة كافية لعمل المفاعلات النووية التي تعتمد على الماء المضغوط لتوليد الكهرباء، ويتم زيادة النسبة إلى أكثر من 20% في مفاعلات الأبحاث العلمية وأكثر من 90% في اليورانيوم المستخدم للأسلحة النووية والقنابل الانشطارية.

## ٤. تفاعلات الاندماج النووية:

تندمج نوافر خفيفات أو أكثر لتشكل نواة أثقل.

### تطبيق (11):

تندمج نوافر نظيري الهدروجين الديتريوم  $H^2$  والتربيتوم  $H^3$  لينتج نواة الهليوم ونيوترون، أكتب المعادلة النووية المعبّرة عن هذا التفاعل:



أستنتج:

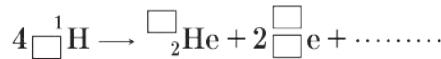
- تعتمد هذه التفاعلات على اندماج النوى الخفيفة لتكوين نواة أثقل، تكون كتلتها أصغر من مجموع كتل النوى المندمجة، وهذا النقص في الكتلة يتحول إلى طاقة.

### إضاءة

تحدث تفاعلات اندماج نووي في النجوم، وتُنتِج مقداراً هائلاً من الطاقة، وينتشر ضوءها إلى مليارات الكيلومترات.

### نشاط (12):

أكمل التفاعل النووي الآتي، ثم حدد نوعه:



### تعلمت

#### • أنواع التحولات النووية (النشاط الإشعاعي الطبيعي):

- تحوّل من النوع بيتا.
- تحوّل من النوع بوزيترون.
- الأسر الإلكتروني.
- التحوّل من النوع ألفا.

• تحول نصف عدد نوى النظير المشع وفق نشاط إشعاعي محدد إلى نوى عنصر آخر خلال أزمنة متساوية تُدعى عمر النصف للمادة المشعة.

#### • التفاعلات النووية:

- تفاعلات الالتقاط.
- تفاعلات التطافر.
- تفاعلات الانشطار النووي.
- تفاعلات الاندماج النووية.

## أختبر نفسك



أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. يتوقف عمر النصف للعنصر المشع على:

a. كتلة العنصر المشع.

c. درجة حرارة العنصر المشع.

2. تحدث في الشمس تفاعلات نووية من نوع:

a. اندماج. b. انشطار.

c. من خاصيات أشعة غاما.

d. تتأثر بالحقل المغناطيسي.

b. الروابط الكيميائية للعنصر المشع.

d. نوع العنصر المشع.

c. التفاظ. d. تطاير.

b. تتأثر بالحقل المغناطيسي.

d. نفوذيتها أقل من جسيمات بيتا.

4. تفكّك نواة الثوريوم  $^{228}_{90}\text{Th}$  بإطلاقها لجسيمات ألفا متحولة إلى نواة البولونيوم  $^{216}_{84}\text{Po}$ ، فإن عدد التحولات من النوع ألفا يساوي:

5. d

4. c

3. b

2. a

5. تحول نواة الكربون  $^{14}_6\text{C}$  إلى نواة التروجين  $^{14}_7\text{N}$ ، وتطلق عندئذٍ:

a. نيوترون d. جسيم ألفا

b. بوزيترون c. جسيم بيتا

6. عند تحول نواة التروجين  $^{14}_7\text{N}$  إلى نواة الكربون المشع  $^{14}_6\text{C}$ ، فإنها:

a. تلتقط بروتون وتطلق ألفا

b. تلتقط بروتون وتطلق نيوترون

c. تلتقط بوزيترون وتطلق نيوترون

d. تلتقط بوزيترون وتطلق بروتون.

7. يبلغ عمر النصف لمادة مشعة  $t_{\frac{1}{2}} = 24 \text{ days}$ ، تكون نسبة ما تبقى منها بعد  $72 \text{ days}$  متساوية:

$\frac{7}{8}$ . d

$\frac{1}{18}$ . c

$\frac{1}{4}$ . b

$\frac{1}{8}$ . a

8. يبلغ عدد النوى في عينة مشعة  $^{20} \times 8$ ، وبعد زمن قدره  $120\text{s}$  يصبح عدد النوى  $^{20}10$ ، فيكون عمر النصف لهذه المادة متساوياً.

60 s. d

40 s. c

30 s. b

20 s. a

9. تطلق نواة عنصر مشع  ${}^A_Z\text{X}$  جسيم ألفا ثم تطلق النواة الناتجة جسيم بيتا، فتنتج نواة:

${}^{A-4}_{Z-1}\text{Y}$ . d

${}^{A-4}_{Z+3}\text{Y}$ . c

${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ . b

${}^{A-4}_{Z-3}\text{Y}$ . a

10. نواة عنصر غير مستقرة تقع فوق حزام الاستقرار، للعودة إلى حزام الاستقرار، فإنها تطلق جسيم:

${}^1_1\text{H}$ . d

${}^1_0\text{n}$ . c

${}^0_{+1}\text{e}$ . b

${}^0_{-1}\text{e}$ . a

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. يُعد النيوترون أفضل قذيفة نووية.

2. كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرّة.

3. إطلاق النواة للبوزيترون.

4. يرافق تفاعل الاندماج النووي انطلاق طاقة هائلة.

5. إطلاق النواة للإلكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا.

6. عدم تأثير أشعة غاما بالحقل الكهربائي.

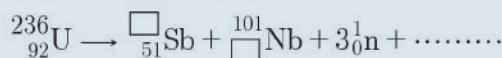
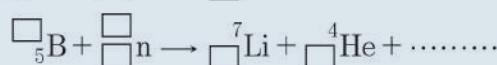
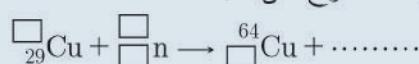
7. تأثير كلّ من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا بالحقل الكهربائي.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

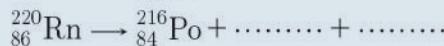
1. احسب عدد التحوّلات من التمط ألفا، وعدد التحوّلات من التمط بيتا عند تحول نظير التوريوم  $^{232}_{90}\text{Th}$  المشع إلى نظير الرصاص غير المشع  $^{208}_{82}\text{Pb}$ ، ثم اكتب المعادلة النووية الكلية.

2. قارن بين جسيمات ألفا وبيتا من حيث (التفوذية، الشحنة، السرعة)

3. أكمل كلّ من التفاعلات النووية الآتية، ثم حدد نوع كلّ منها.



4. أكمل كلّ من التحوّلات النووية الآتية:



5. تلقط نواة عنصر الأرغون  $^{37}_{18}\text{Ar}$  إلكتروناً من مدار داخلي لها متحوّلة إلى نواة عنصر الكلور Cl. اكتب المعادلة المعتبرة عن هذا التحول النووي.

رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

تحوّل نواة اليود المشع  $^{131}_{53}\text{I}$  إلى نواة الكرينيون Xe مطلقةً جسيم بيتا، عند معالجة مرضى سرطان الغدة الدرقية بجرعة منه، فإذا كان عمر النصف لليodium المشع المستخدم 8 days. المطلوب:

1. اكتب المعادلة النووية المعتبرة عن التحول.

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

المسألة الثانية:

تقضي كتلة نواة الأكسجين  $^{16}_8\text{O}$  عن مكوناتها وهي حرّة بمقدار kg ، المطلوب: احسب طاقة الارتباط لهذه النواة. (سرعة انتشار الضوء في الخلاء  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ )

المسألة الثالثة:

احسب عمر النصف لعنصر مشع في عينة منه، إذا علمت أنَّ الزَّمن اللازم ليصبح عدد التوى المشعة في تلك

العينة  $\frac{1}{16}$  مما كان عليه يساوي 480 سنة.

#### المسألة الرابعة:

احسب مقدار التفاص في كتلة الشمس خلال  $72 \text{ min}$  إذا كانت تُشع طاقة مقدارها:  $J^{+27} = 10 \times 38$  في كل ثانية مع العلم أن سرعة انتشار الضوء في الخلاء ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ )

#### تفكير ناقد

تُستخدم بعض النظائر المشعّة في علاج الأورام السرطانية، ما تفسيرك لذلك؟

#### أبحث أكثر

اليورانيوم الطبيعي يحتوي على نسبة 99.284% من  $^{238}_{92}\text{U}$ ، ونسبة 0.711% من النظير  $^{235}_{92}\text{U}$  الذي يستخدم كوقود في المفاعلات النووية حيث تتم زيادة نسبته بعملية تسمى تخصيب اليورانيوم، ابحث عن ذلك في مكتبة مدرستك أو في الشابكة.

## مشروع الكيمياء النووية

تزايد اهتمام العالم بالطاقة النووية نظرًا لضخامة كمية الطاقة الناتجة عن التحولات النووية من جهة، ولأهميةها في إنتاج النظائر المشعة المستخدمة في مجالات عديدة منها الطبي والزراعي وفي تحديد عمر الأرض والمستحاثات من جهة ثانية.

### هدف المشروع:

التعرف إلى دور النظائر المشعة في المجالات الطبية، الزراعية وفي التاريخ.

### مراحل المشروع:

#### أولاً: التخطيط:

1. التعرف إلى التحولات النووية والجسيمات والإشعاعات المرافقة لها.
2. التعرف إلى أقسام المفاعل النووي وأآلية عمله.
3. التعرف إلى مخاطر الإشعاع النووي.
4. التعرف إلى إجراءات السلامة للعاملين في المفاعل النووي.
5. التعرف إلى دور النظائر المشعة في المجالات الطبية، الزراعية وفي التاريخ.
6. التعرف إلى إجراءات السلامة للعاملين والمرضى في مجال الطب النووي.
7. اقتراح طرائق لتحسين العمل بالمواد المشعة في المجال الطبي.

#### ثانياً: التنفيذ:

1. توزيع الطلاب إلى ست مجموعات.
2. تحديد مهمة كل مجموعة:
  - المجموعة الأولى: تبحث في أنواع التحولات النووية والجسيمات والإشعاعات المرافقة لها.
  - المجموعة الثانية: تبحث في أقسام المفاعل النووي وأآلية عمله.
  - المجموعة الثالثة: تبحث في دور النظائر المشعة في تحديد عمر الأرض والمستحاثات.
  - المجموعة الرابعة: تبحث في دور النظائر المشعة في المجال الزراعي.
  - المجموعة الخامسة: تبحث في دور النظائر المشعة في المجال الطبي.
  - المجموعة السادسة تبحث عن مخاطر الإشعاع النووي وطرائق الوقاية منه.
3. يتم جمع المعلومات من خلال مكتبة المدرسة أو من خلال رحلة إلكترونية عبر الشبكة.
4. تبادل المعلومات بين المجموعات، وتسليم نسخة ورقية أو إلكترونية حول البحث.

#### ثالثاً: التقويم:

مناقشة النتائج التي تم التوصل إليها، وإعداد تقرير كامل حول النظائر المشعة ودورها في المجالات الطبية، الزراعية وفي التاريخ خلال مدة عشرين يوماً.

## الوحدة الثانية

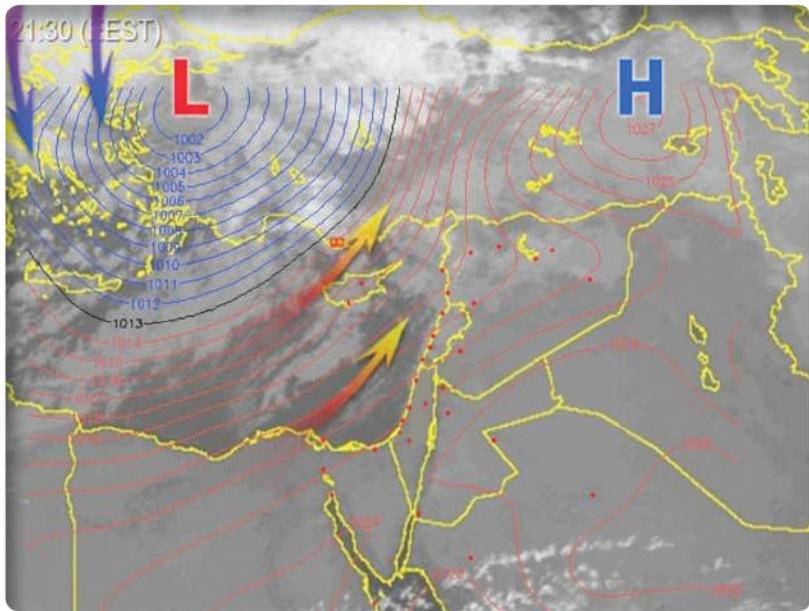
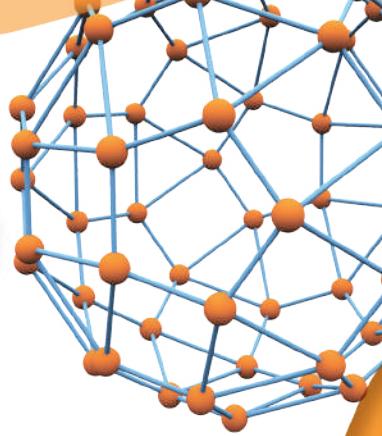
# الغازات



يُحيط بالكرة الأرضية خليطٌ من غازات تشكّل الغلاف الجوي، ويحتوي على 78.09% من غاز النيتروجين، و 20.95% أكسجين، و 0.93% أرغون، و 0.04% ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، هيدروجين، وهليوم، ونيون وكريتون.

## 2-1

# الغازات



تُظهر الخريطة الجوية اختلاف قيم الضغط الجوي تبعاً للمكان، من حيث ارتفاعه ودرجة الحرارة والشروط المناخية.

### الأهداف:

- \* يعرّف ضغط الغاز.
- \* يستنتج قانون بويل.
- \* يستنتج قانون شارل.
- \* يستنتج قانون غاي لوساك
- \* يستنتاج قانون أفوغادرو
- \* يعرّف رسم الخطوط البيانية لكلّ قانون من قوانين الغازات.
- \* يعرّف الغاز الحقيقي والغاز المثالي.
- \* يستنتج قانون كثافة الغاز.
- \* يستنتج عبارة الضغط الكلّي لمزيج غازي بدلاة الكسر المولّي
- \* يتعرّف قانون دالتون للضغوط الجزئية.
- \* يتعرّف قانون غراهام في الانبعاث والتسرّب.
- \* يتعرّف بالنظرية الحركيّة للغازات.

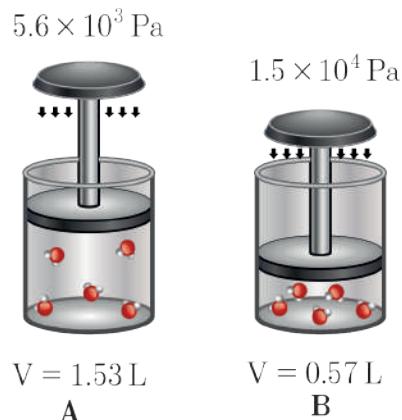
### الكلمات المفتاحية:

- \* ضغط الغاز
- \* الضغط الجوي
- \* قانون بويل
- \* قانون شارل
- \* قانون غاي لوساك
- \* قانون أفوغادرو
- \* قانون دالتون
- \* الغاز الحقيقي
- \* الغاز المثالي

## قوانين الغاز:

### أ. العلاقة بين حجم الغاز وضغطه (قانون بويل)

#### نشاط (1):



الاحظ الشكل الآتي الذي يمثل مكبساً يحوي غاز  $\text{SO}_2$  في حالتين A و B ، عند درجة حرارة ثابتة.

1. أقارن بين الضغط المطبق في كل من الحالتين، ماذا ألاحظ؟

2. أقارن بين حجم الغاز في كل من الحالتين، ماذا ألاحظ؟

3. أقارن بين عدد جزيئات غاز  $\text{SO}_2$  في كل من الحالتين، ماذا ألاحظ؟

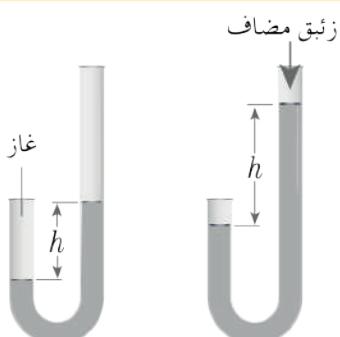
أستنتج:

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

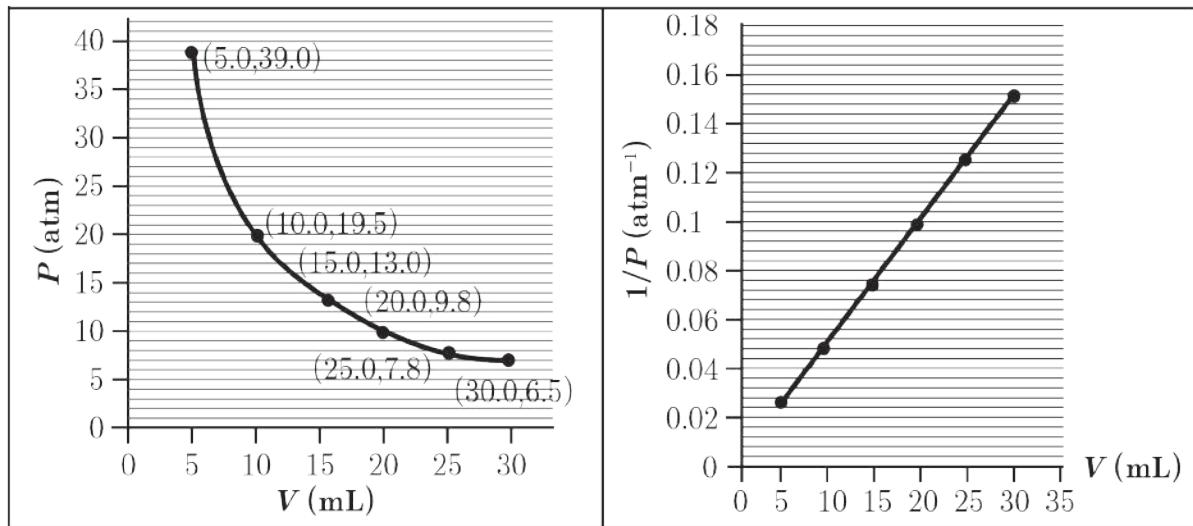
#### نشاط (2):

أجريت تجارب مخبرية على عينة غازية، لإيجاد العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه عند درجة حرارة ثابتة، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

$P \times V (\text{Pa} \times \text{mL})$	الضغط (Pa)	الحجم (mL)
195	39.00	5
195	19.50	10
195	13.00	15
195	9.75	20
195	7.80	25
195	6.50	30



مُثلّت النتائج السابقة بالمنحنين البيانيين الآتيين:



### نتيجة:

- جداء حجم عينة من غاز في ضغطه مقدار ثابت عند درجة حرارة ثابتة:  
 $PV = \text{const.}$
- يتناصف حجم عينة من غاز عند درجة حرارة ثابتة عكساً مع ضغط ذلك الغاز.  
 $PV = P_1 V_1 = P_2 V_2 = \dots = \text{const.}$

### تطبيق(1):

ينطلق غاز  $\text{NO}_2$  من عوادم السيارات ومصانع الأسمدة، ويساهم في تشكيل الأمطار الحامضية، لدينا عينة من غاز  $\text{NO}_2$  حجمها  $1.5 \text{ L}$  عند الضغط  $5.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ . أحسب حجم الغاز عندما يصبح ضغطه  $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  بثبات درجة الحرارة.

الحل:

من خلال قانون بويل:

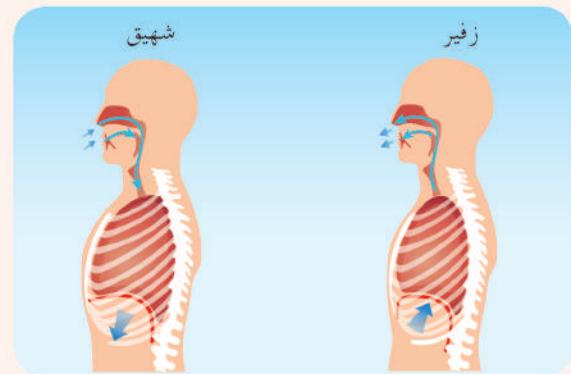
$$PV = P_1 V_1 = P_2 V_2 = \dots = \text{const.}$$

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

### نشاط (3):

يحتوي مكبس غاز حجمه  $1 \text{ L}$  عند الضغط النظامي، أحسب قيمة الضغط المطبق عليه ليصبح حجمه  $300 \text{ mL}$  مع بقاء درجة الحرارة ثابتة  $175^\circ \text{C}$ .

## إثراء:



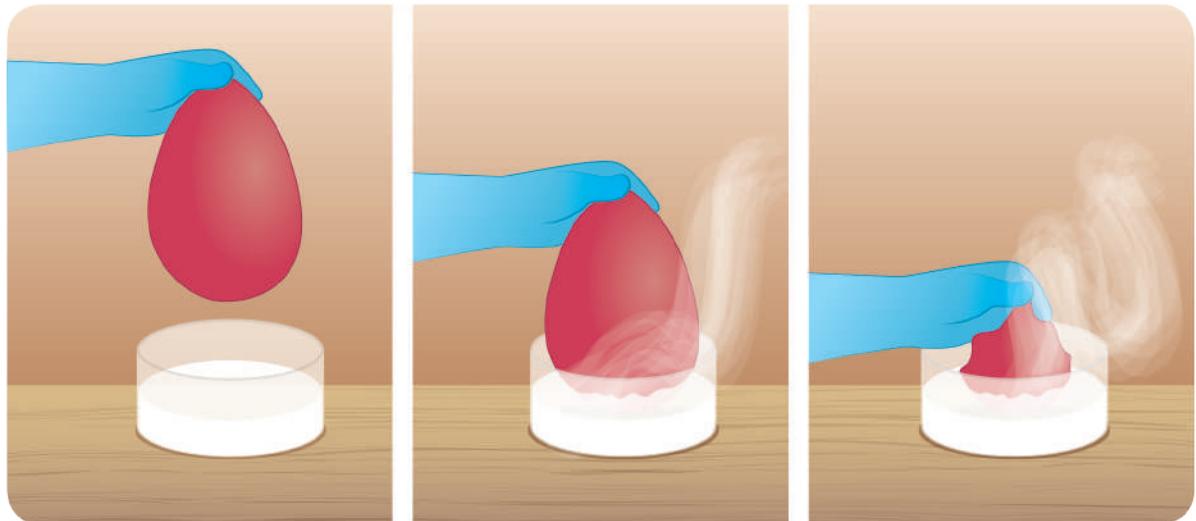
عندما ينقبض الحاجب الحاجز، يتسع جوف الصدر، مما يجعل حجم الرئة أكبر فينخفض الضغط داخلها في أثناء الشهيق، وتعكس العملية عند الزفير.

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

### نشاط (4):

الاحظ الصور الآتية:

تم وضع البالون في الأزوت السائل (درجة حرارته أقل من  $196^{\circ}\text{C}$ ):



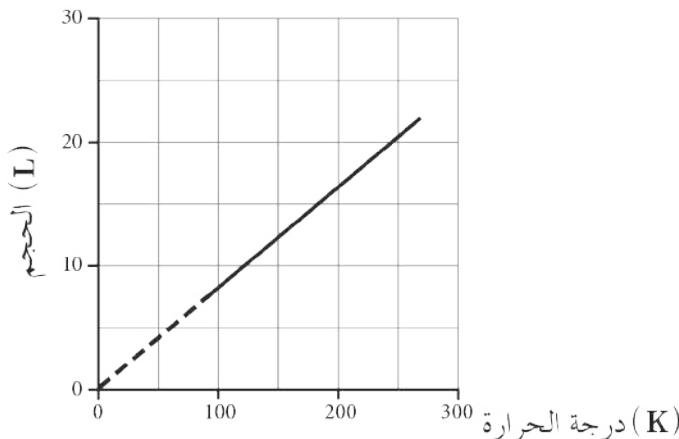
أستنتج: يتناقص حجم الهواء داخل البالون نتيجة انخفاض درجة الحرارة.

### نشاط (5):

أجريت تجارب مخبرية على عينة غازية، لإيجاد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ضغط ثابت، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

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

أرسم الخط البياني لتغير الحجم بدلالة درجة الحرارة مقدرة بالكلفن، ماذا ألاحظ؟



### نتيجة:

- نسبة حجم عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند ضغط ثابت.

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

- يتناصف حجم عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغط الغاز.

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

### تطبيق (2):

يبلغ حجم عينة غاز L 2.9 عند درجة الحرارة  $17^{\circ}\text{C}$  وضغط ثابت. أحسب الحجم الذي تشغله هذه العينة عند تسخينها إلى الدرجة  $38^{\circ}\text{C}$  وبقاء الضغط ثابتاً.

الحل:

$$T_1 = 17 + 273 = 290\text{K}$$

$$T_2 = 38 + 273 = 311\text{K}$$

$$V_1 = 2.9 \text{ L}$$

$$V_2 = ?$$

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1 = \frac{311}{290} \times 2.9 = 3.11 \text{ L}$$

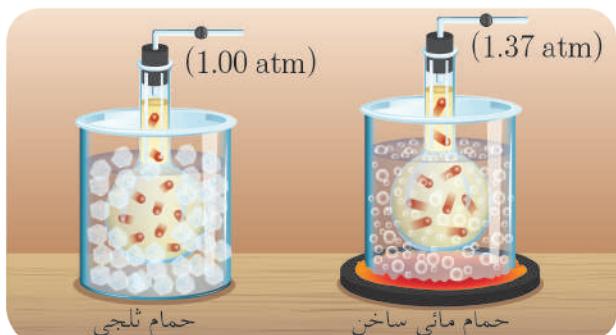
## نشاط (6):

يلغى حجم عينة من غاز النيون  $L$  0.3 عند الدرجة  $K$  330 وضغط ثابت، تُسخن هذه العينة إلى الدرجة  $K$  550 مع بقاء الضغط ذاته. أحسب حجم هذه العينة عندئذٍ.

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

## نشاط (7):

الاحظ الشكلين الآتيين:



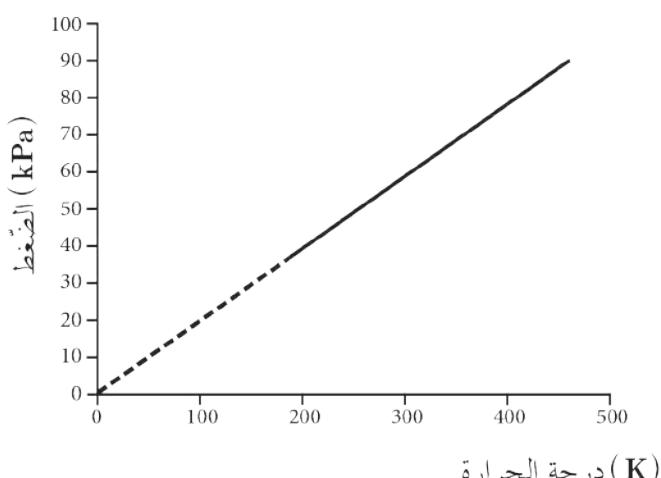
يزداد ضغط عينة من الغاز بزيادة درجة حرارتها عند حجم ثابت.

## نشاط (8):

أجريت تجربة مخبرية على عينة غازية، لإيجاد العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند حجم ثابت، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

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

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



### نتيجة:

- نسبة ضغط عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند حجم ثابت.

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

- يتناصف ضغط عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجم الغاز.

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

### تطبيق (3):

علبة معدنية تحوي غاز البوتان، ضغطه 360 kPa عند درجة حرارة 27°C، احسب قيمة الضغط الجديد للغاز في العلبة إذا تركت في سيارة وارتفعت درجة حرارتها إلى 50°C في يوم حار (بإهمال تمدد العلبة).

**الحل:**

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

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

### إثراء:

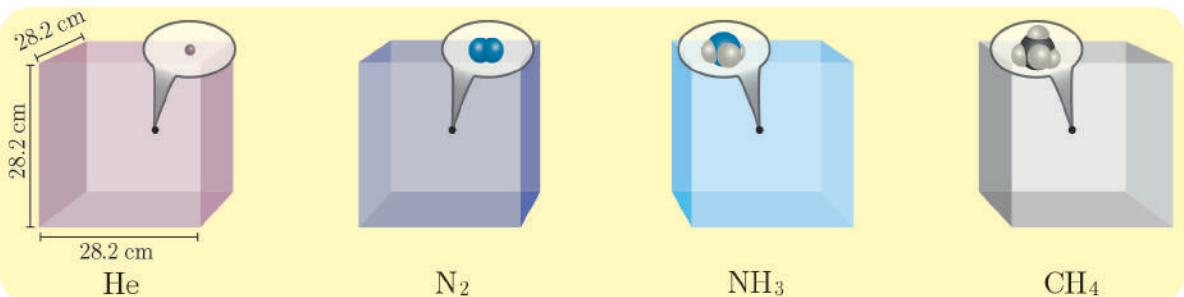
تُستخدم طنابير الضغط في الطهي، لإنضاج الطعام بسرعة. حيث يتبخّر الماء فيها نتيجة الحرارة مما يؤدي إلى زيادة الضغط، فترتفع درجة غليان الماء داخلها.



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

#### نشاط (9):

أخذ حجماً ثابتاً 22.4 L من أربع أنواع مختلفة من الغازات في الشروط النظامية، أحسب عدد مولات كل غاز بالاعتماد على الجدول الآتي:



He	N <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	الغاز
4	28	17	16	m(g)
			16	M(g.mol <sup>-1</sup> )
				n mol

نتيجة:

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

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

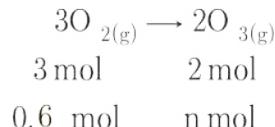
$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \dots = \text{const.}$$

#### تطبيق (4):

عينة من غاز الأكسجين O<sub>2</sub> حجمها 12L وعدد مولاتها 0.6 mol عند الضغط 1.23atm ودرجة الحرارة 27°C. إذا تحول غاز الأكسجين O<sub>2</sub> إلى غاز الأوزون O<sub>3</sub> عند الضغط ودرجة الحرارة ذاتها، المطلوب حساب:

- عدد مولات غاز الأوزون الناتج.
- حجم غاز الأوزون الناتج.

الحل:



1. عدد مولات غاز الأوزون

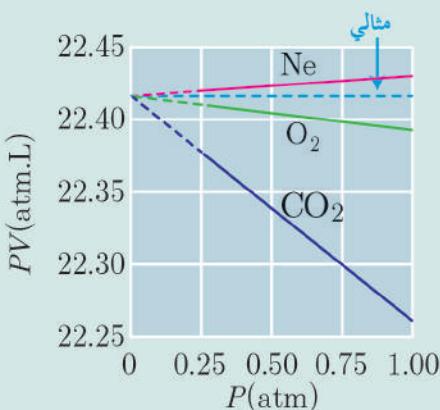
$$n_{\text{O}_3} = 0.6 \times \frac{2}{3} = 0.4 \text{ mol}$$

2. حجم غاز الأوزون الناتج

حسب قانون أفوغادرو:

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

$$V_2 = \frac{n_2}{n_1} V_1 = \frac{0.4}{0.6} \times 12 = 8 \text{ L}$$



الغاز المثالي هو غاز تتوافر فيه الشروط الآتية:

- انعدام قوى التجاذب بين جزيئاته.
- حجم جزيئات الغاز مهملاً بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحويه.
- التصادمات بين جزيئات الغاز تصدامات مرنّة.
- تحرّك جزيئات الغاز حرّكة عشوائية.

يُلاحظ من الشكل أنَّ غاز النيون يسلك سلوكَ غازٍ مثاليًّا، في حين يُعتبر غاز  $\text{CO}_2$  يسلك سلوكَ غازٍ حقيقيًّا.

## ٥. قانون الغازات العام:

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

$$PV = nRT$$

$R$ : ثابت الغازات العام  
وفي عينة غازية يكون:

$$\Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \dots = \frac{PV}{T} = nR$$

تطبيق (5):

احسب قيمة  $R$  لمول واحد من غاز في الشرطين النظاميين.

الحل:

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

وفي جملة الوحدات الدوليّة

$$R = \frac{1.013 \times 10^5 \times 22.4 \times 10^{-3}}{1 \times 273} = 8.314 \text{ m}^{+3}.\text{Pa.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} = 8.314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

تطبيق (6):

احسب ضغط عينة من غاز التروجين عدد جزيئاتها  $3.011 \times 10^{23}$  في حوجلة حجمها 3 L عند الدرجة  $27^\circ\text{C}$ .

مع العلم:  $6.022 \times 10^{23}$  وعدد أفوغادرو  $R = 8.314 \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

الحل:

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

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

## حساب ضغط الغاز

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

## كثافة الغاز:

نشاط (10):

يرتفع المنطاد في الجو عند تسخين الهواء داخله، أستنتاج القانون الذي يعمل بموجبه المنطاد، وأفسر ذلك.  
الحل:



قانون الغازات العام:

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

$$\frac{m}{MV} = \frac{P}{RT}$$

$$\frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

تعطى كثافة الغاز بالعلاقة:

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

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

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

## نتيجة:



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

## إثراء:



إنَّ أثقل عنصر غازي هو الرادون Rn، حيث تبلغ كتلته المولية  $222 \text{ g.mol}^{-1}$ ، أمَّا أثقل مركب في الشروط النظامية، فهو سداسي فلوريد التنغستين  $\text{WF}_6$ ، حيث تبلغ كتلته المولية  $298 \text{ g.mol}^{-1}$ .

## تطبيق (7):

غاز كثافته  $0.0847 \text{ g.L}^{-1}$  عند درجة الحرارة  $17^\circ\text{C}$  والضغط  $1 \text{ atm}$ . أحسب الكتلة المولية لهذا الغاز.  
 $(R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.K^{-1})$

الحل:

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

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

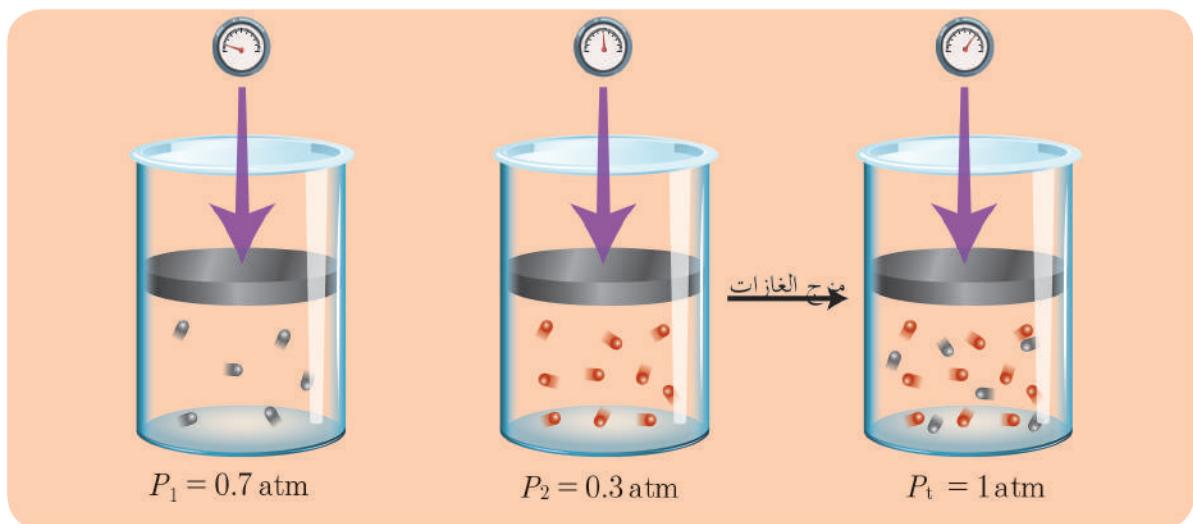
$$M = 2.01 \text{ g.mol}^{-1}$$

## نشاط (11):

غاز هيدروكربوني كثافته  $1.97 \text{ g.L}^{-1}$  في الشرطين النظاميين، أحسب كتلته المولية.

## قانون دالتون والمُضغوط الجزئيّة:

ألاحظ الشكل الآتي وأستنتج:



### نتيجة:

- قانون دالتون: الضغط الكلّي لمزيج غازي يساوي مجموع الضّغوط الجزئيّة للغازات المكوّنة له.

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

## نشاط (12):

أستنتاج عبارة الضغط الكلّي لمزيج مكوّنٍ من ثلاثة غازات مختلفة بثبات درجة الحرارة والحجم.

**الحل:**

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

يُعطى ضغط كلّ غاز وفق قانون الغازات العام:

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

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

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

## علاقة الضغوط الجزئية بالكسور المولية:

### نشاط (13):

أستنتاج عبارة الضغط الكلّي لمزيج غازي بدلالة الكسر المولي.

**الحل:**

الضغط الجزئي لغاز  $P_1 = n_1 \frac{RT}{V}$  والضغط الكلّي للمزيج الغازي  $P_t$  أنساب الضغط الجزئي إلى الضغط الكلّي:

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

$$\frac{P_1}{P_t} = \frac{n_1}{n_t}$$

نتيجة:

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

$$P_i = X_i P_t$$

## تطبيق (8):

أحسب الضغط الجزئي لغاز التتروجين مقداراً بـ atm عند مستوى سطح البحر، إذا علمت أنَّ نسبته 78% من مجمل الغازات المكونة للهواء، علماً أن الضغط الجوي عند سطح البحر  $p = 1\text{ atm}$ .

**الحل:**

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

## قانون غراهام في الانتشار والتسرب:

نشاط (14):



عند رش كمية صغيرة من العطر في غرفة، لا حظ انتشار الرائحة في

كامل أرجاء الغرفة، كيف أفسر ذلك؟

أفسر:

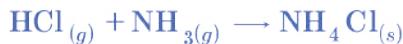
تنتشر الغازات في كل الاتجاهات بسبب الحركة العشوائية لجزيئاتها تماماً الحيز الذي تُوجَد فيه بشكل متجانس تقريباً.

نشاط (15):



إذا وضعت عبوتان من محلول حمض كلور الماء المركّز، ومحلول النشادر المركّز بجانب بعضهما ثم نزع غطاء كلّ منهما وفق الشكل الآتي:

يلاحظ تشكّل أبخرة بيضاء بالقرب من عبوة حمض كلور الماء، وهذا يعني انتشار جزيئات غازي كلور الهيدروجين والنшادر خارج عبوتيهما، وتكون ملح كلوري الأمونيوم الأبيض وفق التفاعل الآتي:



نتيجة:

قانون غراهام: نسبة سرعة انتشار غازين في وسط ضمن الشروط نفسها من ضغط ودرجة الحرارة تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لنسبة كتاليتهما المولية، ويعبر عنه بالعلاقة:

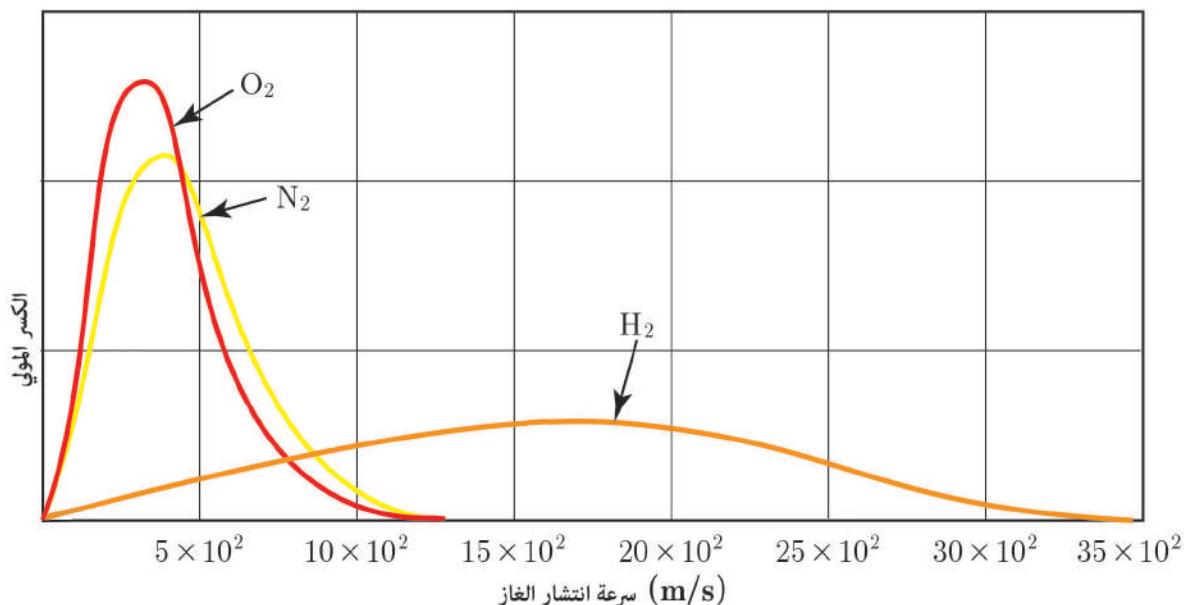
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

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

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

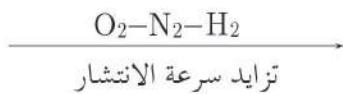
## تطبيق (9):

الشكل المرسوم أدناه يمثل سرعة انتشار بعض الغازات بدلالة الكسر المولى لكل منها.



**الحل:**

أرتّب هذه الغازات وفق سرعة انتشارها:



ترزيـد سرعة انتشار الغاز كلـما نقصـت كـتلـته المـولـيـة وفق قـانـون غـراـهام.

**نشاط (16):**

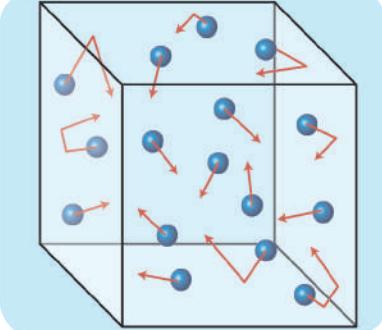
يستخدم غاز سداسي فلوريد اليورانيوم  $\text{UF}_6$  في عمليات تخصيب الوقود النووي في المفاعلات النووية. احسب نسبة سرعة انتشار غاز الهيدروجين  $\text{H}_2$  إلى سرعة انتشار غاز سداسي فلوريد اليورانيوم  $\text{UF}_6$  ، حيث:

$$M_{\text{H}_2} = 2 \text{ g.mol}^{-1} , \quad M_{\text{UF}_6} = 352 \text{ g.mol}^{-1}$$

## النظرية الحركية للغازات:

تتضمن النظرية الحركية للغازات النقاط الآتية:

1. عشوائية الحركة: تتحرّك جزيئات الغاز بحركة عشوائية مستمرة وفق مسارات مستقيمة ضمن الحجم الذي يشغله الغاز.
2. يهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات.
3. تُهمل قوى التأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.



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

5. تردد الطاقة الحرارية لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

### تطبيق (10):

يُحضر مزيج غازيٌّ مؤلف من 5% بوتان و 95% أرغون، بمليء وعاء مخلّى من الهواء حجمه  $16.4\text{ L}$  بغاز البوتان حتى يصبح الضغط  $1\text{ atm}$  ثم يضاف إليه غاز الأرغون حتى يتحقق النسبة السابقة مع ثبات درجة الحرارة  $C = 127^\circ\text{C}$ . المطلوب حساب:

1. كتلة غاز الأرغون في المزيج السابق عند درجة الحرارة  $C = 127^\circ\text{C}$ .

2. الضغط الكلّي للمزيج النهائي.

(Ar:40, C:12, H:1)

**الحل:**

$$PV = nRT \implies n = \frac{PV}{RT} \quad .1$$

$$n_{\text{بوتان}} = \frac{1 \times 16.4}{0.082 \times 400} \approx 0.5 \text{ mol}$$

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

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

$$n_{\text{أرغون}} = 19 \times 0.5 = 9.5 \text{ mol}$$

$$m_{\text{أرغون}} = n \times M$$

$$m_{\text{أرغون}} = 9.5 \times 40 = 380 \text{ g}$$

كتلة غاز الأرغون

2. الضغط الكلّي يساوي مجموع الضغوط الجزئية في المزيج:

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

$$P_t = (0.5 + 9.5) \frac{0.082 \times 400}{16.4}$$

$$P_t = 20 \text{ atm}$$

### تعلمت

• العلاقة بين حجم الغاز وضغطه (قانون بويل).

1. جداء حجم عينة من غاز في ضغطه مقدار ثابت عند درجة حرارة ثابتة:

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

2. يتناسب حجم عينة من غاز عند درجة حرارة ثابتة عكساً مع ضغط ذلك الغاز.

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

- العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة (قانون شارل).

1. نسبة حجم عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند ضغط ثابت.

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

2. يتناسب حجم عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغط الغاز.

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

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

1. نسبة ضغط عينة من غاز إلى درجة حرارته مقدرة بالكلفن ثابتة عند حجم ثابت.

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

2. يتناسب ضغط عينة من غاز طرداً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجم الغاز.

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

- العلاقة بين عدد مولات الغاز وحجمه (قانون أفو غادرو).

1. حجم مول واحد من أي غاز في الشرطين النظاميين (الضغط  $1\text{ atm}$ ، ودرجة الحرارة  $22.4\text{ L }0^\circ\text{C}$ ) هو

2. يشغل مول واحد من أي غاز الحجم نفسه في الشروط نفسها من الضغط والحرارة، ويدعى الحجم المولي

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \dots = \text{const.}$$

- قانون الغازات العام.

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \dots = \frac{PV}{T} = nR$$

تناسب كثافة الغاز طرداً مع ضغطه وكتلته المولية وعكساً مع درجة حرارته.

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

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

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

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

- النظرية الحركية للغازات:

تتضمن النظرية الحركية للغازات النقاط الآتية:

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

2. يُهمّل حجم جزء الغاز مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات.

3. تُهمل قوى التأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.

4. لا يتغير متوسط الطاقة الحرارية للجزيئات بمرور الزمن، وتنتقل الطاقة بين الجزيئات من خلال التصادمات، بشرطبقاء درجة الحرارة ثابتة، وينتج ضغط الغاز نتيجة تصدام جزيئاته مع جدران الإناء الذي يحويه.

5. تزداد الطاقة الحرارية لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

### أختبر نفسك



يعطى ثابت الغازات لجميع الأسئلة والمسائل  $R = 8.314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ ,  $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .  
أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. يحويوعاء مغلق حجمه  $18 \text{ L}$  يحوي غاز الأرغون عند الدّرجة  $360 \text{ K}$  والضغط  $2 \text{ atm}$ ، فيكون عدد مولات الغاز مساوياً:

- a.  $83.14 \text{ mol}$  .d.  $0.82 \text{ mol}$  .c.  $1.21 \text{ mol}$  .b.  $0.012 \text{ mol}$  .a.

2. يزداد ضغط غاز موجود فيوعاء مغلق عند:

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

3. أكبر قيمة لضغط الغاز بثبات درجة الحرارة فيوعاء إذا كان:

- a. حجمه  $22.4 \text{ L}$  يحوي مول واحد من الغاز  
b. حجمه  $22.4 \text{ L}$  يحوي مولين من الغاز  
c. حجمه  $11.2 \text{ L}$  يحوي مولين من الغاز  
d. حجمه  $11.2 \text{ L}$  يحوي مول واحد من الغاز

4. تشغّل عينة غازية حجماً قدره  $30 \text{ mL}$  عند الدّرجة  $27^\circ\text{C}$  وضغط ثابتاً، إذا سخّنّت العينة إلى الدّرجة  $50^\circ\text{C}$  يصبح حجمها مساوياً:

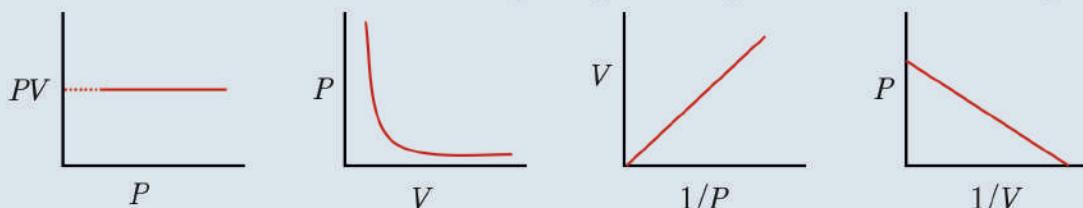
- a.  $32.3 \text{ mL}$  .d.  $15.0 \text{ mL}$  .c.  $27.5 \text{ mL}$  .b.  $60.0 \text{ mL}$  .a.

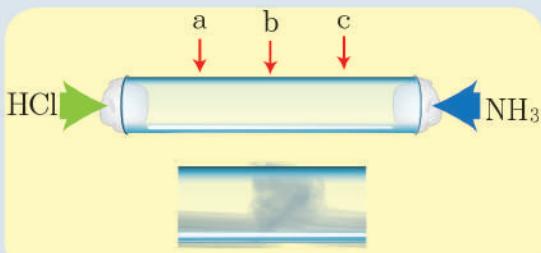
5. مزيج غازي يحتوي على  $2 \text{ mol}$  من التتروجين و  $4 \text{ mol}$  من الأكسجين عند ضغط  $0.98 \text{ atm}$ . إذا استبدل المزيج بـ  $6 \text{ mol}$  من الأكسجين تكون قيمة الضغط الناتج:

- a.  $0.32 \text{ atm}$  .b.  $0.349 \text{ atm}$  .c.  $0.65 \text{ atm}$  .d.  $0.98 \text{ atm}$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

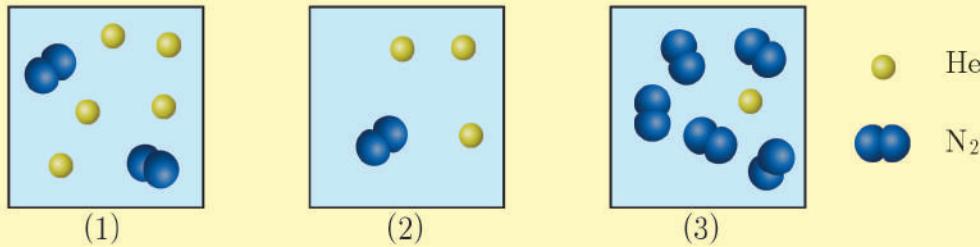
1. أيٌ من الخطوط البيانية الآتية لا يمثل قانون بويل، بفرض ثبات درجة الحرارة وعدد المولات؟ فسر إجابتك.





2. يُملاً أنبوب زجاجي طوله 1 m بغاز الأرغون عند الضغط 1 atm، ويُغلق طرفيه بالقطن كما في الشكل المجاور؛ يُضخ غاز HCl من أحد طرفيه، وغاز NH<sub>3</sub> من الطرف الآخر في الوقت ذاته. يتفاعل الغازان ضمن الأنابيب الزجاجي ليتَكُون ملح NH<sub>4</sub>Cl الصلب، في أي نقطة a أو b أو c توقع أن يتَكُون هذا الملح، ولماذا؟

3. يمثل الشكل الآتي عينات غازية:



إذا علمت أن هذه العينات موجودة عند درجة الحرارة ذاتها، رتب هذه العينات حسب:

a. تزايد الضغط الكثائي.

b. تزايد الضغط الجزيئي للهليوم.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

**المسألة الأولى:**

منظاد مليء بغاز الهيدروجين يستخدمه مستكشف ليصل به إلى القطب الشمالي، وقد حصل على غاز الهيدروجين من خلال تفاعل حمض الكبريت الممدّد مع برادة الحديد، فإذا كان حجم المنظاد في الشرطين النظاميين 4800 m<sup>3</sup>، ونسبة غاز الهيدروجين الضائع المتسرّب خلال عملية الملوء 20% المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

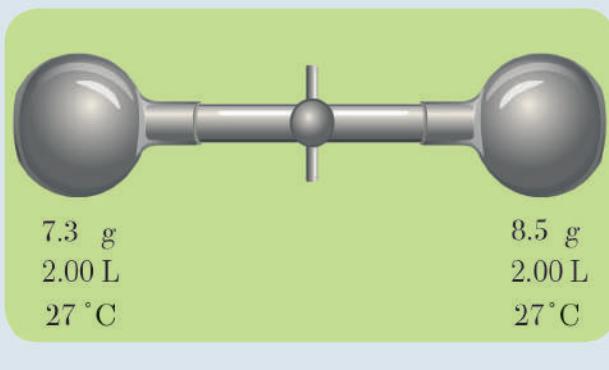
2. احسب كتلة الحديد المستخدم.

3. احسب كتلة حمض الكبريت.

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

**المسألة الثانية:**

يُمثل الشكل المجاور حوجلتين متماثلتين متصلتان بعضهما بضمام، تحوي الحوجلة الأولى غاز النشادر (الأمونيا) NH<sub>3</sub> كتلة 8.5g، بينما تحوي الحوجلة الثانية غاز كلور الهيدروجين Cl HCl كتلة 7.3g، فإذا علمت أن حجم كل حوجلة 2.0 L، ودرجة حرارتهما 27°C، عند فتح الضمام يتفاعل غاز النشادر مع غاز كلور الهيدروجين، ويترجع ملح كلوريدي الأمونيوم الصلب، المطلوب:



- اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.
- بين حسابياً ما هو الغاز المتبقى بعد نهاية التفاعل؟
- احسب الضغط عند نهاية التفاعل (بإهمال حجم كلوريد الأمونيوم الصلب المتشكل).
- احسب كتلة ملح كلوريد الأمونيوم الناتج.

#### المسألة الثالثة:

مزيج غازي في وعاء حجمه  $24.6\text{m}^3$ ، يحوي على 3.2 kg من غاز الميتان  $\text{CH}_4$ ، و 18 kg من غاز الإيثان  $\text{C}_2\text{H}_6$ ، و 8.8 kg من غاز البروبان  $\text{C}_3\text{H}_8$ ، وكمية من غاز مجھول، فإذا علمت أن الضغط الكلي للوعاء 2 atm عند الدرجة  $27^\circ\text{C}$ ، احسب عدد مولات الغاز المجھول.

#### المسألة الرابعة:

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



تنقل كريات الدم الحمراء نواتج التفاعل إلى الرئتين، ثم يخرج  $\text{CO}_2$  على شكل غاز بعملية الزفير، والمطلوب حساب:

- حجم غاز  $\text{CO}_2$  المنطلق نتيجة تأكسدة 0.9 g من سكر العنب في جسم الإنسان، عند درجة الحرارة  $37^\circ\text{C}$  والضغط 0.93 atm.

- ضغط غاز الأكسجين اللازم لأكسدة 3 g إذا كان حجمه 0.6 L ودرجة الحرارة 300 K

$$(\text{C}:12, \text{O}:16, \text{H}:1)$$

#### تفكير ناقد

يصل مدى الصوت في الأماكن الباردة الى مسافات بعيدة جداً في حين تتناقص المسافة التي يصلها اذا ارتفعت درجة الحرارة، فسر ذلك.

#### ابحث أكثر

ترتفع الطائرات التجارية في أثناء طيرانها إلى ارتفاع محدد يتراوح بين (8-12) km ابحث عن سبب ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشبكة.

## الوحدة الثالثة

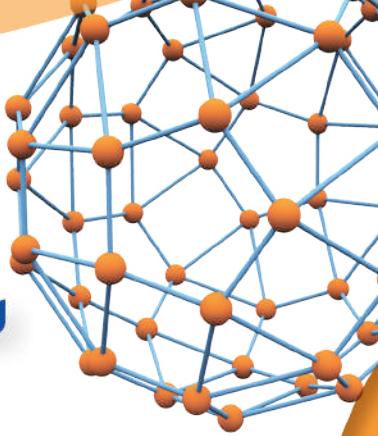
# حركية التفاعلات الكيميائية



تكمّن أهميّة الكيمياء الحركيّة في دراسة سرعة التفاعل وألية حدوثه، ولهذا أهميّة كبيرة في الصناعة، حيث يمكن معرفة زمن انتهاء إحدى المراحل في عملية التصنيع، وما الظروف الملائمة لكلّ مرحلة؟ وفي مجال الصيدلة من أجل تخزين الدواء ومعرفة فعاليته داخل الجسم.

# 3-1

## سرعة التفاعل الكيميائي



ثُرُود السيارات بوسائل هوائية تنتفخ لحظةً تعرّض السيارة لحادث ما، تعتمد تقنية انتفاخها على تفكّك مادةٍ كيميائية تُدعى أزيد الصوديوم  $\text{NaN}_3$  خلال زمن لا يُعدّى  $0.04\text{ s}$ ، لتجنب السائق والركاب الأذية.

### الأهداف:

- \* يصنّف التفاعلات وفقاً لسرعاتها.
- \* يتعرّف مفهوم السرعة الوسطية للتفاعل الكيميائي.
- \* يتعرّف طاقة التنشيط.
- \* يستنتج العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي.
- \* يعيّن السرعة النحوية (بيانياً - وحسابياً).
- \* يستنتج رتبة التفاعل الكيميائي.
- \* يتعرّف التفاعل الكيميائي من الرتبة الأولى.

### الكلمات المفتاحية:

- \* سرعة التفاعل
- \* سرعة التفاعل الوسطية
- \* رتبة التفاعل
- \* الوسيط
- \* طاقة التنشيط.

## تصنيف التفاعلات الكيميائية:

نشاط (1):

صنف التفاعلات الآتية من حيث السرعة إلى:

سريعة - بطيئة - بطيئة جداً

تشكل النفط والغاز

احتراق غاز البوتان

صدأ الحديد

## سرعة التفاعلات الكيميائية:

نشاط (2):

يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:  $A_{(g)} \rightarrow B_{(g)}$  في وعاء حجمه 1 L ، وسجلت النتائج في الجدول الآتي:

B (mol)	A (mol)	الزمن s
0	1.00	0
0.46	0.54	20
0.70	0.30	40
1.00	0.00	80

اعتماداً على النتائج المدونة في الجدول السابق:

1. أحسب تركيز كلّ من المادتين A و B عند الأذمة s (40, 20, 0).

2. أحسب تغيير تركيز كلّ من المادتين A و B خلال تغير الزمن من (0 ← 20) ومن (40 ← 20)

3. أمثل بيانياً تغيير تركيز كلّ من المادتين A و B خلال سير التفاعل، ماذا أستنتج؟

الحل:

.1

40	20	0	الزمن (s)
0.30	0.54	1.00	تركيز المادة A (mol.L <sup>-1</sup> )
0.70	0.46	0	تركيز المادة B (mol.L <sup>-1</sup> )

2. تغيير تركيز المادة A خلال الزمن من (20 ← 0)

$$\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1} = \frac{0.54 - 1}{20 - 0} = -0.023 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

تغيير تركيز المادة A خلال الزمن من (40 ← 20)

$$\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{[A]_3 - [A]_2}{t_3 - t_2} = \frac{0.3 - 0.54}{40 - 20} = -0.012 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

**الاحظ:**

أنَّ قيمة تغيير تراكيز المُواد المُتِفَاعِلَة بِالنَّسْبَة لِتغْيِير الزَّمْن سَالِيَّة لِأَنَّ التَّرَاكِيز فِي تَنَاقُصٍ مُسْتَمِرٌ.

تغْيِير ترکیز المادَّة B خَلَال الزَّمْن مِن (20 → 0)

$$\frac{\Delta [B]}{\Delta t} = \frac{[B]_2 - [B]_1}{t_2 - t_1} = \frac{0.46 - 0}{20 - 0} = 0.023 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

تغْيِير ترکیز المادَّة B خَلَال الزَّمْن مِن (40 → 20)

$$\frac{\Delta [B]}{\Delta t} = \frac{[B]_3 - [B]_2}{t_3 - t_2} = \frac{0.7 - 0.46}{40 - 20} = 0.012 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

**الاحظ:**

أنَّ قيمة تغيير تراكيز المُواد الناتجة بِالنَّسْبَة لِتغْيِير الزَّمْن موَجِّهَة لِأَنَّ التَّرَاكِيز فِي تَزايدٍ مُسْتَمِرٌ.

يعَبَّر تغْيِير ترکیز المادَّة A بِتغْيِير الزَّمْن عن السُّرْعَة الوَسْطَيَّة لِاستهلاك المادَّة A، وَيُؤْمِنُ لها  $v_{\text{avg}}(A)$ .  
يعَبَّر تغْيِير ترکیز المادَّة B بِتغْيِير الزَّمْن عن السُّرْعَة الوَسْطَيَّة لِتَشَكُّل المادَّة B، وَيُؤْمِنُ لها  $v_{\text{avg}}(B)$ .

**أَسْتَنْتَجْ:**

- السُّرْعَة الوَسْطَيَّة لِاستهلاك المادَّة (A) المُتِفَاعِلَة  $v_{\text{avg}}(A) = -\frac{\Delta [A]}{\Delta t}$  ، والسُّرْعَة الوَسْطَيَّة لِتَشَكُّل المادَّة (B) الناتجة  $v_{\text{avg}}(B) = +\frac{\Delta [B]}{\Delta t}$
- $v_{\text{avg}}(A) = v_{\text{avg}}(B)$  بِسَبَب تساوي عدد المولات لِكُلِّ مِنْهُما فِي معادلة التَّفَاعُل، وَيُعَيَّرُ عَن سُرْعَة التَّفَاعُل الْوَسْطَيَّة لِلتَّفَاعُل السَّابِق:  $v_{\text{avg}} = -\frac{\Delta [A]}{\Delta t} = \frac{\Delta [B]}{\Delta t}$

**تعميم:**

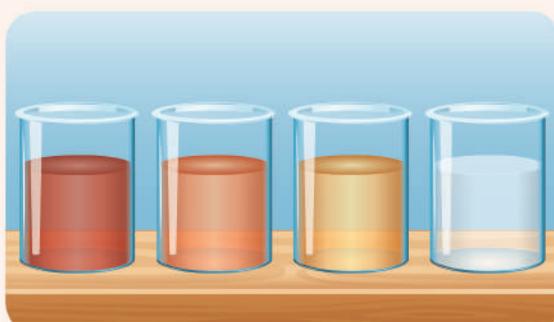
في وسط متجانس لدينا التفاعل الكيميائي العام الآتي:  $m A + n B \rightarrow p C + q D$  حيث  $n, m, p, q$  عدد المولات في المعادلة الموزونة علاقة السُّرْعَة الوَسْطَيَّة لِتفاعل كيميائي:

$$v_{\text{avg}} = -\frac{1}{m} \frac{\Delta [A]}{\Delta t} = -\frac{1}{n} \frac{\Delta [B]}{\Delta t} = \frac{1}{p} \frac{\Delta [C]}{\Delta t} = \frac{1}{q} \frac{\Delta [D]}{\Delta t}$$

$$v_{\text{avg}} = \frac{1}{m} v_{\text{avg}}(A) = \frac{1}{n} v_{\text{avg}}(B) = \frac{1}{p} v_{\text{avg}}(C) = \frac{1}{q} v_{\text{avg}}(D)$$

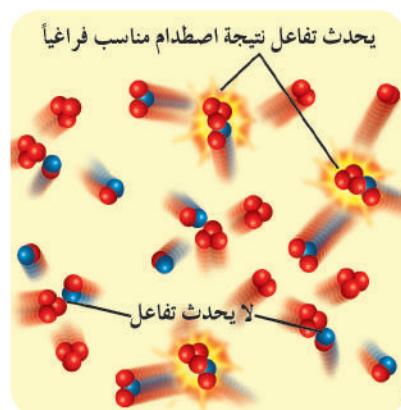
وحدة قياس سرعة التفاعل الكيميائي  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$

**إِثْرَاء:** 



تقاس سرعة بعض التفاعلات الكيميائية باستخدام جهاز المطيافية اللونية التي تحدد تغيير الشدة اللونية لمحلول ما في أثناء التفاعل تبعاً لتغيير تركيزه في كل لحظة، مثل تفاعل حمض النَّمَل مع ماء البروم كما في الشكل.

## مراحل حدوث التفاعل الكيميائي: نظريّة التصادمات:



تقوم نظرية التصادم على فرضيتين:

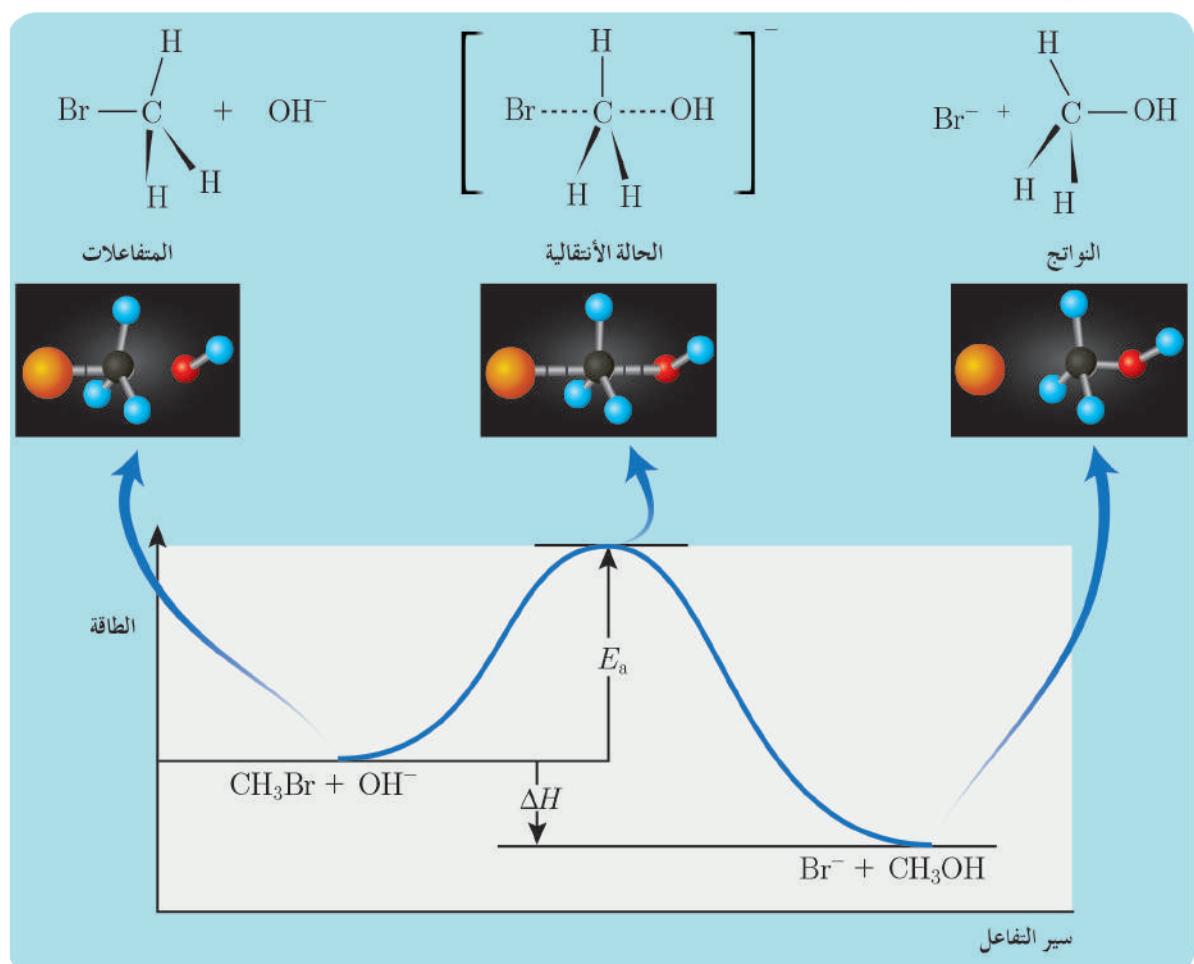
- لحدوث تفاعل كيميائي يجب أن تتصادم دقائق المواد المتفاعلة (جزئات أو ذرات أو أيونات) مع بعضها.
- التصادم شرطٌ لازمٌ وغير كافٍ لحدوث التفاعل، حيث يوجد تصداماتٌ فعالة وأخرى غير فعالة.

حتى يكون التصادم فعالاً لابد من توافر شرطين هما:

- أن تأخذ دقائق المواد المتفاعلة وضعاً فراغياً مناسباً.
- أن تمتلك دقائق المواد المتفاعلة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل (طاقة التشغيل).

### نشاط (3):

الاحظ المخطط المعبر عن تغيير الطاقة خلال سير التفاعل ، وأحدد المراحل التي يمر بها التفاعل الآتي:



أستنتج:

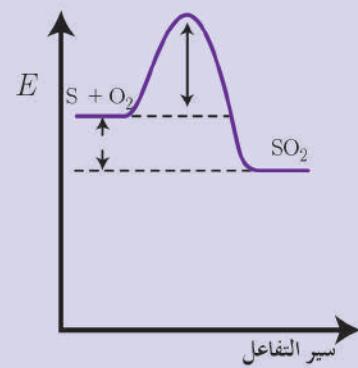
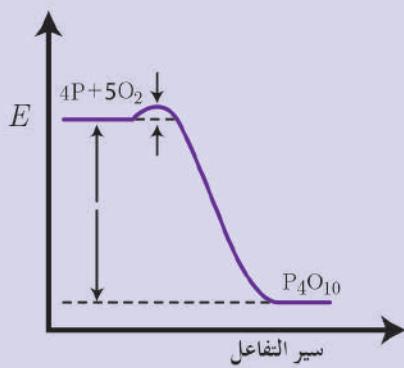
- تمّ التفاعلات الكيميائية التي تحتاج إلى طاقة تنشيط بالمراحل الآتية:
  - إضعاف روابط جزيئات المواد المتفاعلة.
  - تشكل الحالة الانتقالية أو ما يسمى المعقد النشط.
  - تفكك المعقد النشط، وتشكل التواتج.

### إضافة

- المعقد النشط: مركب مرحلٍ غير ثابت يتشكّل آنياً، ولا يمكن فصله من المزيج التفاعلي.
- طاقة التنشيط: هي الحد الأدنى من الطاقة الواجب توافرها لوصول طاقة المواد المتفاعلة إلى الحالة الانتقالية.
- تعلّق طاقة التنشيط بطبيعة المواد المتفاعلة.

نشاط (4):

لاحظ المخطّطين التاليين الآتيين:



أي التفاعلين يحتاج طاقة تنشيط أكبر؟ وأي التفاعلين أسرع؟ أفسر ذلك.

أستنتاج:

- التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تكون سريعة، لأنّ عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون كبيراً.
- التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط كبيرة تكون بطئه، لأنّ عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون صغيراً.

## العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي :

تؤثر في سرعة التفاعل مجموعة من العوامل:

### ا. طبيعة المواد المتفاعلة.

نشاط (5):

ما عدد الروابط (C – H, C – C) في كلّ من المركّبين الآتيين:

$\begin{array}{cccccccccc} \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   &   &   &   &   \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} - \text{H} \\   &   &   &   &   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{cccccc} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\   &   &   &   \\ \text{H} - \text{C} - & \text{C} - & \text{C} - & \text{C} - \text{H} \\   &   &   &   \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
الأوكتان (المكون الأساسي للوقود المستخدم في السيارات)	غاز البوتان (المكون الأساسي للوقود المستخدم في أسطوانة الغاز المنزلية)
C – H	C – C

أحدّد أيّ المركّبين السابقين يحترق بسرعة أكبر؟

استنتج:

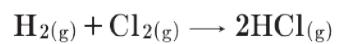
- سرعة احتراق البوتان أكبر من سرعة احتراق الأوكتان.

نشاط (6):

يتفاعل غاز الهدروجين مع غاز الفلور بسرعة كبيرة تصل إلى حد الانفجار في الدرجة العاديّة من الحرارة



يتفاعل غاز الهدروجين مع غاز الكلور ببطء في الدرجة العاديّة من الحرارة وفق المعادلة:



ما سبب اختلاف سرعتي التفاعلين السابقين؟ علماً أنَّ

$$\Delta H_b(\text{H} - \text{H}) = 435 \text{ kJ.mol}^{-1}, \Delta H_b(\text{Cl} - \text{Cl}) = 243 \text{ kJ.mol}^{-1}, \Delta H_b(\text{F} - \text{F}) = 156.9 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

استنتاج:

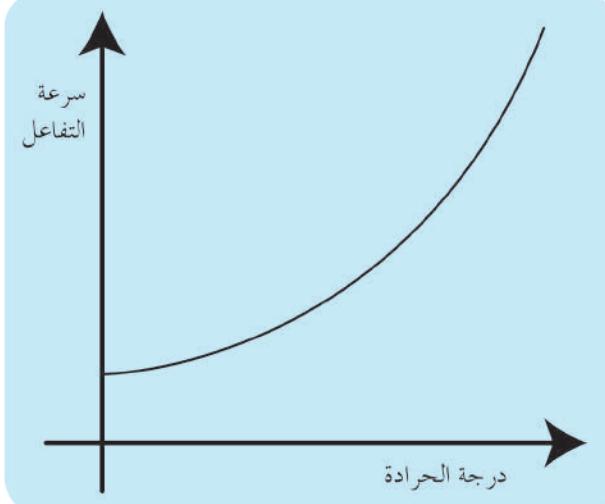
- تردد سرعة التفاعل الكيميائي كلّما قلّت قيمة طاقة روابط المواد المتفاعلة.

نتيجة:

تعلق سرعة التفاعل بطبيعة المواد المتفاعلة.

## ٢. درجة الحرارة.

نشاط (7):



تصنّف الرواحف بأنّها من الحيوانات ذات الدّم البارد، لأنّها تحتاج للحرارة حتى تستطيع الحركة بسرعة.

**أفسر:** أثر زيادة درجة الحرارة على العمليّات الاستقلالية داخل أجسام هذه الكائنات، وعلى التفاعلات الكيميائيّة بشكل عام.

- تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة عدد الجزيئات التي تملك طاقة حركيّة أكبر أو تساوي طاقة التشغيل، فيزداد عدد التصادمات الفعالة وبالتالي تزداد سرعة التفاعل.

نتيجة:

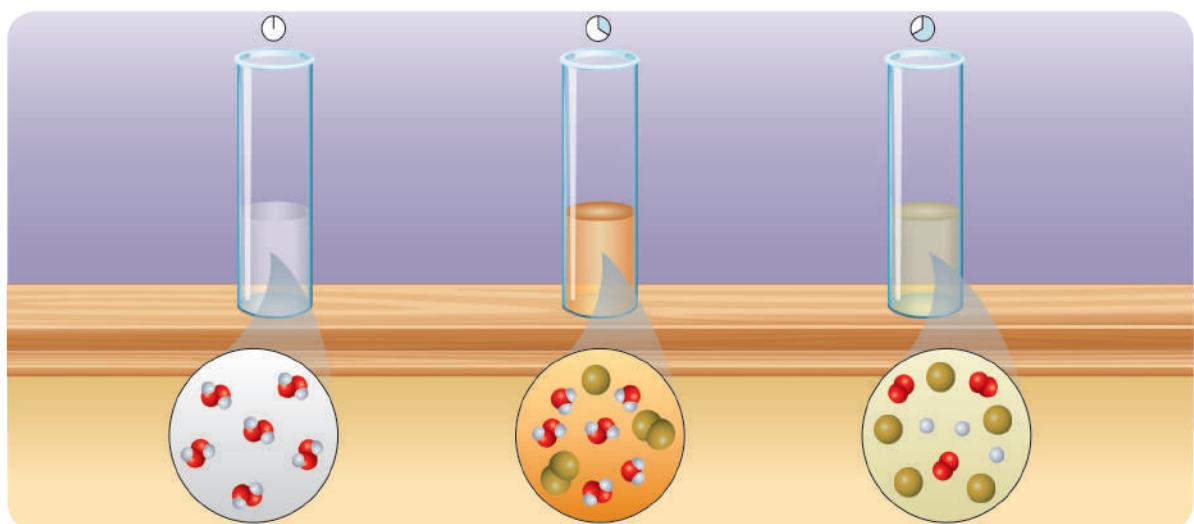
تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة.

## ٣. تأثير الوسيط.

تحفّظ الأغذية المعلبة لفترة زمنيّة طويلة دون أن تفسد بسبب إضافة مواد حافظة إليها تُبطئ سرعة تفاعل تحلّلها.

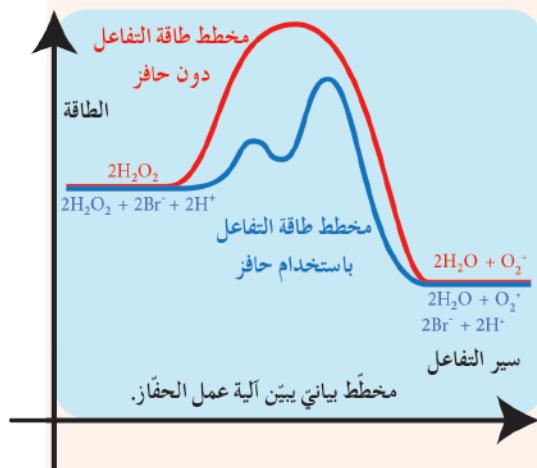
نشاط (8):

يتفكّك الماء الأكسجيني ببطء وفق المعادلة الآتية:

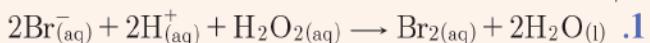


تزداد سرعة تفكّك الماء الأكسجيني عند إضافة حفاز (أيونات البروم  $\text{Br}^-$  في وسط حمضي).

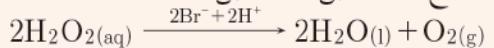
## إثراء:



يتم التفاعل وفق الخطوات الآتية:



بجمع المعادلتين السابقتين نجد:



نلاحظ وكأنَّ أَيونات البروم لم تشارك في التفاعل.

أستنتج:

- الوسِيط: مادَةٌ تُغيِّر من سرعة التَّفاعُل الكَيمِيَّيِّيِّ القَابِل للحدُوث دون أن يتغيِّر تركيُّبُها الكَيمِيَّيِّيِّ في نِهايَة التَّفاعُل، ويُقسَم الوسِيط إلى مسرَع للتفاعل يُدعى حفَاز، ومُبطَئ للتفاعل يُدعى مُثبِط.
- يعمل الحفَاز على تغيير آلية حدوث التَّفاعُل وفق تفاعُلات طاقة تنشيطها أقلَّ من طاقة تنشيط التَّفاعُل الأصْلِيِّ.

## إضافة:

تلعب الإنزيمات دورَ المحفَز أو المُثبِط في ضبط التَّفاعُلات الكَيمِيَّيِّة داخِل جَسْمِ الكَائِن الحَيِّ، وَالَّتِي تَحَدُّث جَمِيعُهَا بِشَكْلِ دَقِيق لِلحِفاظ عَلَى حَيَاتِهِ وَاسْتِمرَارِ بَقَائِهِ.

## ٤. تأثير التركيز.

نمَيِّر نوعَيِن من التَّفاعُلات:

تفاعُلات متَجَانِسَة: تكونُ فِيهَا المَوَادِ المُتَفَاعِلَةِ وَالْمَوَادِ النَّاتِحةُ فِي طَورِ وَاحِدٍ



فِي هَذِهِ الْحَالَةِ تَزَدَّاد سرعة التَّفاعُل بِزيادة أحد ترَكِيزِي الْهَدْرُوجِينِ أو الْكَلُورِ أو كُلِّيهِمَا.

تفاعُلات غير متَجَانِسَة: تكونُ فِيهَا المَوَادِ المُتَفَاعِلَةِ وَالْمَوَادِ النَّاتِحةُ فِي أَطْوَارٍ مُخْتَلِفةٍ.

نشاط (٩):

يَتَفَاعُل حَمْضُ كَلُورِ الْمَاءِ مَعَ قَطْعَةً مِنْ كَربونَاتِ الْكَالْسِيُومِ وَفقَ الْمَعَادِلَةِ الآتِيَّةِ:



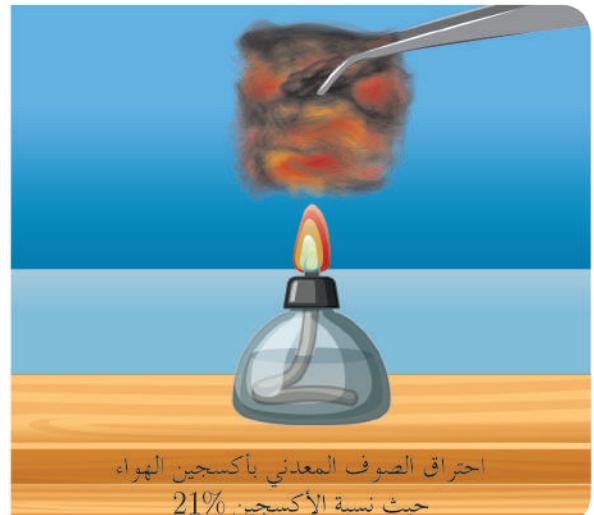
كيف يمكن زِيادة سرعة هذا التَّفاعُل؟

أستنتاج:

- تزداد سرعة التفاعل بزيادة تركيز حمض كلور الماء.
- تحويل قطعة كربونات الكالسيوم إلى مسحوق، فيزداد سطح كربونات الكالسيوم المعزز للتفاعل.

نشاط (10):

توضح الصورتان احتراق كتلتين متساويتين من الصوف المعدني بالأكسجين:



أيُّ التفاعلين أسرع؟ فسر إجابتك؟

### إضاءة

المواد الصلبة والسائلة الصرف ذات تركيز ثابت، لأنَّ تغيير عدد المولات يؤدي لتغيير الحجم، والعكس صحيح، فتبقى نسبة عدد المولات إلى الحجم (التركيز) ثابتة.

نشاط (11):

يتفاعل حمض الكبريت الممدد مع قطعة حديد، اقترح طريقتين لزيادة سرعة هذا التفاعل.

## قانون سرعة التفاعل اللحظية:

### أ. حساب السرعة اللحظية بيانياً:

نشاط (12):

يتفاعل 1- كلورو البوتان مع الماء وفق المعادلة الآتية:  $C_4H_9Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_4H_9OH_{(aq)} + HCl_{(aq)}$   
يبين الجدول تركيز 1- كلورو البوتان خلال لحظات محددة من زمن التفاعل:

[C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> Cl] mol.L <sup>-1</sup>	الزمن (s)
0.10	0.0
0.08	100
0.06	200
0.05	300
0.04	400
0.03	500
0.02	800
0	1000

أرسم المنحني البياني لنغمس تركيز كلورو البوتان بدلالة تغير الزمن، وأحسب ميل المماس عند كل من اللحظتين  $t = 600 \text{ s}$ ,  $t = 0 \text{ s}$

الحل:

عند بداية التفاعل  $t = 0$

$$\text{مُيل المماس} = \frac{(0.060 - 0.100)}{(200 - 0)} = -2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

في اللحظة  $t = 600$

$$\text{مُيل المماس} = \frac{(0.017 - 0.042)}{(800 - 400)} = -6.3 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

أستنتج:

- تمثل قيمة ميل المماس عند لحظة محددة قيمة السرعة اللحظية للتفاعل.



لحساب السرعة اللحظية يقاس تغير التركيز خلال أزمنة صغيرة جداً ليصبح قانون السرعة للمواد المتفاعلة  $v = -\frac{dC}{dt}$ , وللمواد الناتجة

## ٢. حساب السرعة اللحظية رياضياً

يحدث عند درجة حرارة ثابتة التفاعل الكيميائي الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية:



في التفاعل الأولي تتناسب سرعة التفاعل اللحظية طرداً مع جداء تراكيز المواد المتفاعلة، مرفوع كل منها لأنس يساوي عدد الأمثل التفاعلي (عدد المولات).

$$v \sim [A]^m \times [B]^n$$

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

$[A]$  تراكيز المواد المتفاعلة واحدتها  $\text{mol.L}^{-1}$

$v$  سرعة التفاعل اللحظية واحدتها  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$

$k$  ثابت سرعة التفاعل، وتعلق قيمته بطبيعة المواد المتفاعلة، ودرجة الحرارة.

تطبيق (1):

أكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية لكل من التفاعلات الأولية الآتية:

ملاحظات	قانون سرعة التفاعل	المعادلة
لم يدخل تراكيز الماء في عبارة سرعة التفاعل لأنّه ( محلّ) وتركيزه ثابت.	$v = k [C_4H_9Cl]$	$C_4H_9Cl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_4H_9OH_{(aq)} + HCl_{(aq)}$
تم استبعاد تراكيز كربونات الكالسيوم لأنّه صلب تركيزه ثابت، وتم رفع قيمة التراكيز لأنّ الأمثل المولية 2 لأنّ الأمثل المولية تساوي 2.	$v = k [HCl]^2$	$CaCO_3_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_2_{(aq)} + CO_2_{(g)} + H_2O_{(l)}$
كلاً من ثنائي أكسيد الكبريت والأكسجين غاز، وتعلق السرعة بتغيير تراكيزهما.	$v = k [SO_2]^2 [O_2]$	$2SO_2_{(g)} + O_2_{(g)} \rightarrow 2SO_3_{(g)}$
تفاعل من الرابطة صفر، لا تتعلق بتركيز كل من الكبريت والكربون (مواد صلبة).	$v = k$	$C_{(s)} + 2S_{(s)} \rightarrow CS_2_{(l)}$

## تبعة التفاعل:

### نشاط (13)

يحدث التفاعل الآتي في شروط مناسبة:  $A + B \rightarrow C$   
 قيست السرعة الابتدائية لهذا التفاعل بدلالة تراكيز المواد المتفاعلة، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

سرعة التفاعل	[B]	[A]	رقم التجربة
$4.0 \times 10^{-5}$	0.1	0.1	1
$4.0 \times 10^{-5}$	0.2	0.1	2
$16.0 \times 10^{-5}$	0.1	0.2	3

اعتماداً على الجدول السابق، وبفرض عبارة سرعة التفاعل:  $v = k[A]^x[B]^y$

1. أستنتج قيمة كل من  $(x, y)$

2. أكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية، وأستخرج رتبته.

3. أحسب ثابت سرعة التفاعل.

**الحل:**

1. أعرض قيم التجربة الأولى:  $v_1 = 4 \times 10^{-5} = k[0.1]^x[0.1]^y$

أعرض قيم التجربة الثانية:  $v_2 = 4 \times 10^{-5} = k[0.1]^x[0.2]^y$

أعرض قيم التجربة الثالثة:  $v_3 = 16 \times 10^{-5} = k[0.2]^x[0.1]^y$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{4 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-5}} = \frac{k[0.1]^x[0.1]^y}{k[0.1]^x[0.2]^y} \Rightarrow [0.2]^y = [0.1]^y \Rightarrow y = 0$$

استنتج:  $y = 0$

$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{16 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-5}} = \frac{k[0.2]^x[0.1]^y}{k[0.1]^x[0.1]^y} \Rightarrow 4 = \frac{[0.2]^x}{[0.1]^x}$$

$$\Rightarrow 4 = \frac{[0.2]^x}{[0.1]^x} \Rightarrow 4 = 2^x \Rightarrow x = 2$$

استنتاج:  $x = 2$

2. أكتب عبارة السرعة اللحظية:  $v = k[A]^2[B]^0 \Rightarrow v = k[A]^2$

استنتاج أن التفاعل من الرتبة الثانية.

3. أحسب  $k$  من خلال قيم إحدى التجارب:

$$4 \times 10^{-5} = k[0.1]^2 \Rightarrow k = \frac{4 \times 10^{-5}}{10^{-2}} = 4 \times 10^{-3}$$

استنتاج:

• التفاعلات الأولية: تفاعلات تتوافق فيها عبارة السرعة اللحظية مع معادلة التفاعل المعطاة.

• التفاعلات غير الأولية: تفاعلات تتسم على عدة مراحل لا تتوافق فيها عبارة السرعة اللحظية مع معادلة التفاعل، وتُعطى عبارة السرعة للمرحلة الأبطأ.

• رتبة التفاعل: مجموع أسس تراكيز المواد المتفاعلة في عبارة سرعة التفاعل.

• يوجد تفاعلاتٌ من الرتبة (صفر، الأولى، الثانية .... الخ).

جدول يمثل رُتبَ التفاعلات الكيميائية اعتماداً على عبارة سرعة التفاعل

الرتبة الثالثة	الرتبة الثانية	الرتبة الأولى	الرتبة صفر
$v = k[A]^3$	$v = k[A]^2[B]$	$v = k[A][B]$	$v = k$
$v = k[A][B]^2$			
$v = k[A][B][C]$			

### إضافة

سرعة التفاعل في التفاعلات ذات الرتبة صفر تتحدد بمجموعة من العوامل، منها مساحة سطح التّماس، أو الحفاز.

### نشاط (14):

يحدث التفاعل الآتي في شروط مناسبة:  $\text{NO}_{(g)} + \text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{NO}_{(g)} + \text{CO}_{2(g)}$  وكانت النتائج لقياس سرعة التفاعل الابتدائية في عدّة تجارب بتراكيز مختلفة على الشكل:

$v(\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1})$	$[\text{CO}](\text{mol.L}^{-1})$	$[\text{NO}_2](\text{mol.L}^{-1})$	
0.0021	0.10	0.10	1
0.0084	0.10	0.20	2
0.0084	0.20	0.20	3

والمطلوب:

- اكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية، واستنتج رتبته.
- احسب قيمة ثابت سرعة التفاعل.

- في التفاعل الكيميائي:  $mA \rightarrow nB$   
حيث  $n, m$  عدد المولات في المعادلة الموزونة  
 $v_{avg} = -\frac{1}{m} \frac{\Delta [A]}{\Delta t} = \frac{1}{n} \frac{\Delta [B]}{\Delta t}$
  - $v_{avg}(A) = -\frac{\Delta [A]}{\Delta t}$  علاقة السرعة الوسطية لاستهلاك المادة A
  - $v_{avg}(B) = +\frac{\Delta [B]}{\Delta t}$  علاقة السرعة الوسطية لتشكل المادة B
  - تقوم نظرية التصادم على فرضيتين:
    1. لحدوث تفاعل كيميائي يجب أن تتصادم دقائق المواد المتفاعلة (جزئيات أو ذرات أو أيونات) مع بعضها.
    2. التصادم شرطٌ لازمٌ وغيرٌ كافٍ لحدوث التفاعل، حيث يوجد تصادمات فعالة وأخرى غير فعالة.
  - شرط التصادم الفعال:
    1. أن تأخذ دقائق المواد المتفاعلة وضعاً فراغياً مناسباً.
    2. أن تمتلك دقائق المواد المتفاعلة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل (طاقة التنشيط).
  - تمر التفاعلات الكيميائية التي تحتاج إلى طاقة تنشيط بالمراحل الآتية:
    1. إضعاف روابط جزيئات المواد المتفاعلة.
    2. تشكيل الحالة الانتقالية، أو ما يسمى المعقد النشط.
    3. تفكك المعقد النشط، وتشكل النواتج.
  - العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل:
    1. طبيعة المواد المتفاعلة.
    2. درجة الحرارة.
    3. الوسيط.
    4. تراكيز المواد المتفاعلة.
  - التفاعلات الأولية: هي تفاعلات تتوافق فيها عبارة السرعة اللحظية مع معادلة التفاعل المعطاة.
  - التفاعلات غير الأولية: هي تفاعلات تتم على عدة مراحل: لا تتوافق فيها عبارة السرعة اللحظية مع معادلة التفاعل، وتعطى عبارة السرعة للمرحلة الأبطأ.
  - رتبة التفاعل: هي مجموع تراكيز المواد المتفاعلة في عبارة سرعة التفاعل.

## أختبر نفسك



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكلٍ مما يأتي:

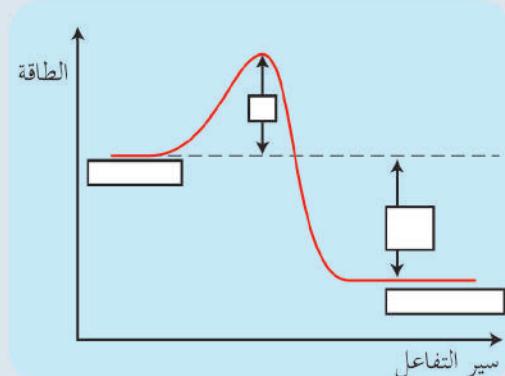
1. قيمة السرعة الوسطية لتكوين المادة C تساوي  $0.15 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  فتكون السرعة الوسطية لاستهلاك المادة A بواحدة  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  في التفاعل الآتي:  $3\text{C} \rightarrow 2\text{A} + \text{B}$
- a.** 0.3      **b.** 0.15      **c.** 0.225      **d.** 0.1
2. يتفكّك المركب  $\text{NO}_2$  في الدرجة  $300^\circ\text{C}$  وفق التفاعل:  $2\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$ ، فإذا علمت أنَّ تركيز  $\text{NO}_2$  يتغيّر من  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$  إلى  $0.0064 \text{ mol.L}^{-1}$  خلال  $100\text{s}$ ، ف تكون سرعة تشكّل الأكسجين الوسطية مقدّرة بـ  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  مساوية:
- a.**  $3.4 \times 10^{-5}$       **b.**  $6.8 \times 10^{-5}$       **c.**  $3.4 \times 10^{-3}$       **d.**  $1.8 \times 10^{-5}$
3. تم زيادة تراكيز المواد المتفاعلة إلى مثلي ما كان عليه في التفاعل (نواتج  $\rightarrow \text{A} + \text{B}$ ) ولم تغيّر سرعة التفاعل، ف تكون عبارة سرعة التفاعل اللحظية:
- a.**  $v = k[\text{A}]$       **b.**  $v = k[\text{A}].[\text{B}]$       **c.**  $v = k[\text{B}]$       **d.**  $v = k[\text{B}].\text{c}$
4. من أجل التفاعل الأولى الآتي: نواتج  $\rightarrow 3\text{A}_{(\text{g})} + \text{B}_{(\text{g})}$  إذا ازداد تركيز المادة A مثلي ما كان عليه فإنَّ سرعة التفاعل اللحظية:
- a.** تزداد أربع مرات      **b.** تزداد ثمانين مرات      **c.** لا تتأثّر سرعة التفاعل      **d.** تزداد أربع مرات

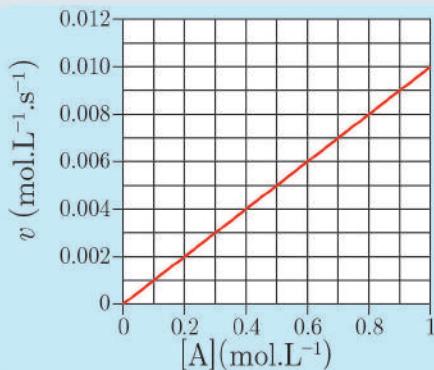
ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلٍ مما يأتي:

1. احتراق مسحوق الفحم أسرع من احتراق قطعة فحم مماثلة له بالكتلة وبشروط مماثلة.
2. تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة سرعة التفاعل.
3. تزداد سرعة التفاعل بزيادة تركيز المواد المتفاعلة.
4. التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تميل إلى أن تكون سريعة.

ثالثاً: حل الأسئلة الآتية:

1. يبيّن المخطط الآتي تغيير الطاقة خلال مراحل حدوث التفاعل؛ يبيّن اسم كل مرحلة، والطاقة المشار إليها.



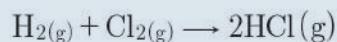


2. يبيّن الخط البياني المجاور تغيير سرعة التفاعل بتعيّن تركيز المادة A للتفاعل (نواتج  $\rightarrow$  A)، المطلوب:

a. حدد رتبة التفاعل، ثم اكتب قانون سرعة التفاعل اللحظية.

b. احسب قيمة ثابت سرعة التفاعل.

3. يتفاعل غاز الهدروجين وغاز الكلور وفق المعادلة:



a. اكتب عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك غاز الكلور.

b. اكتب العلاقة بين السرعة الوسطية لاستهلاك غاز الهدروجين والسرعة الوسطية لتشكل غاز الكلور الهدروجين.

رابعاً: حل المسائل الآتية:

**المسألة الأولى:**

يحدث التفاعل الآتي في شروط مناسبة:  $\text{C}_4\text{H}_8 \longrightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4$ ، وقد تم تعين تغيير تركيز المركب  $\text{C}_4\text{H}_8$  خلال الزمن وفق الجدول الآتي:

$[\text{C}_4\text{H}_8]$ (mol.L⁻¹)	$t$ (s)
0.63	50
0.69	40
0.76	30
0.83	20
0.91	10
1.00	0

والمطلوب:

1. اكتب عبارة السرعة الوسطية لاستهلاك المادة المتفاعلة وعبارة السرعة الوسطية لتشكل المادة الناتجة.

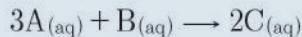
2. اكتب عبارة السرعة الوسطية للتفاعل.

3. احسب السرعة الوسطية لاستهلاك  $\text{C}_4\text{H}_8$  بين اللحظتين s (0 → 10) واللحظتين s (50 → 40).

4. احسب السرعة الوسطية لتشكل  $\text{C}_2\text{H}_4$  بين اللحظتين s (30 → 20).

**المسألة الثانية:**

مزج 600 mL من المادة A ذات التركيز  $0.8 \text{ mol.L}^{-1}$  مع 200 mL من المادة B ذات التركيز  $0.8 \text{ mol.L}^{-1}$  لتتشكل المادة C في شروط مناسبة، وفق التفاعل الأولي الآتي:



والمطلوب:

1. اكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية.

2. احسب سرعة التفاعل الابتدائي بفرض أن  $k = 0.1$ .

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

4. احسب سرعة التفاعل عندما يصبح تركيز المادة C مساوياً  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

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

**المُسَأْلَةُ الثَّالِثَةُ:**

بيَّنَ الجدول الآتِي تغيير سرعة التَّفَاعُل الابتدائية للتفاَعُل نواتج  $\rightarrow A_{(g)}$  عند تراكيز مختلفة.

$0.4$	$0.2$	$0.1$	$[A] \text{ mol.L}^{-1}$
$0.032$	$0.016$	$0.008$	$v_0 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

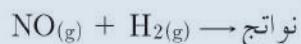
والمطلوب:

1. أثبت أن التَّفَاعُل من الرَّتْبَةِ الْأُولَى، واتَّكِب عبارة سرعة التَّفَاعُل اللَّاحِظِيَّة.

2. احسب ثابت سرعة التَّفَاعُل.

**المُسَأْلَةُ الرَّابِعَةُ:**

يَتَفَاعُلُ أَكْسِيدُ الْتِرْوَجِينِ معَ الْهَدْرُوجِينِ وفقَ الْمُعَادِلَةِ:



وُسُجِّلَتِ الْبَيَانَاتُ الْآتِيَّةُ عِنْدِ إِجْرَاءِ التَّجْرِيْبِ لِعَدَّةِ مَرَّاتٍ.

سرعة التَّفَاعُل $\text{mol.L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	$[\text{NO}] \text{ mol.L}^{-1}$	$[\text{H}_2] \text{ mol.L}^{-1}$	رقم التجربة
$1.23 \times 10^{-3}$	0.1	0.1	1
$2.46 \times 10^{-3}$	0.1	0.2	2
$4.92 \times 10^{-3}$	0.2	0.1	3

المطلوب:

1. أوجِدَ عَلَاقَةُ سرعة التَّفَاعُل اللَّاحِظِيَّةِ، وحَدَّدَ رَتْبَةُ التَّفَاعُلِ.

2. احسب قيمة ثابت السرعة.

3. احسب سرعة التَّفَاعُلِ عِنْدَما يَكُونُ  $[\text{H}_2] = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $[\text{NO}] = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$

## تفكير ناقد



يحدث التفاعل الآتي:  $\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(aq)}$  في شروط مناسبة، وقد قيست سرعة التفاعل الابتدائية عند التراكيز الآتية فحصلنا على ما يلى:

$v_0(\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1})$	$[\text{H}_2\text{O}_2] \text{ mol.L}^{-1}$	التجربة
$2 \times 10^{-2}$	0.1	1
$4 \times 10^{-2}$	0.2	2

- أثبت أنَّ التفاعل من الرتبة الأولى.
- أحسب ثابت سرعة التفاعل.

## أبحث أكثر

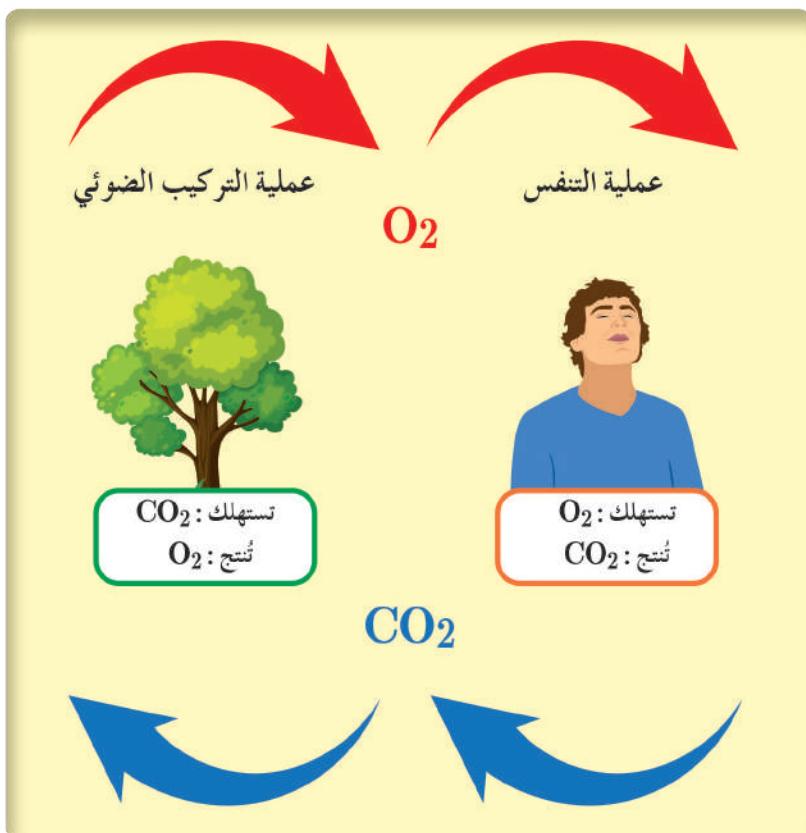
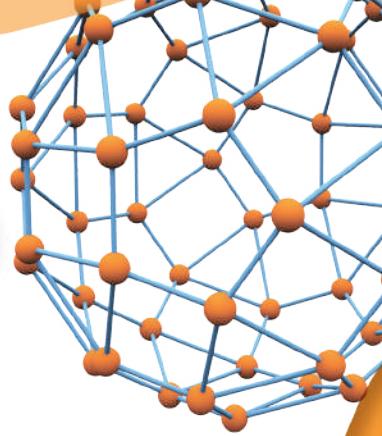


تنزُّد عوادم السيارات الحديثة بحفازاتٍ مطلية بالبلاديوم أو البلاتين تعمل هذه الحفازات على تفكك الجزيئات الضارّة والملوثة للبيئة الناتجة عن احتراق الوقود وتحويلها إلى موادٍ غير ضارّة ابحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشبكة.



## 3-2

# التوازن الكيميائي



يُستهلك الأكسجين في عمليتي التنفس والاحتراق، إلا أنَّ نسبته تبقى ثابتة في الجو تقريباً، وذلك بفعل إنتاجه المستمر، من خلال عملية التركيب الضوئي التي تقوم بها النباتات الخضراء، مستهلكة في ذلك غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التنفس والاحتراق، وهذا يمثل جزءاً هاماً من التوازن الطبيعي للبيئة.

### الأهداف:

- \* يعرِّف التفاعل الثام والتفاعل المتوازن.
- \* يفهم حالة التوازن.
- \* يستنتج علاقة ثابت التوازن بدالة التراكيز  $K_c$ .
- \* يعرِّف علاقة ثابت التوازن بدالة الضغط  $K_P$ .
- \* يبيّن أهمية ثابت التوازن  $K_c$ .
- \* يحسب قيمة ثابت التوازن لبعض التفاعلات الكيميائية.
- \* يبيّن أهمية ثابت التوازن.
- \* يعرِّف حاصل التفاعل  $Q$ .
- \* يعرِّف العوامل المؤثرة في حالة التوازن.

### الكلمات المفتاحية:

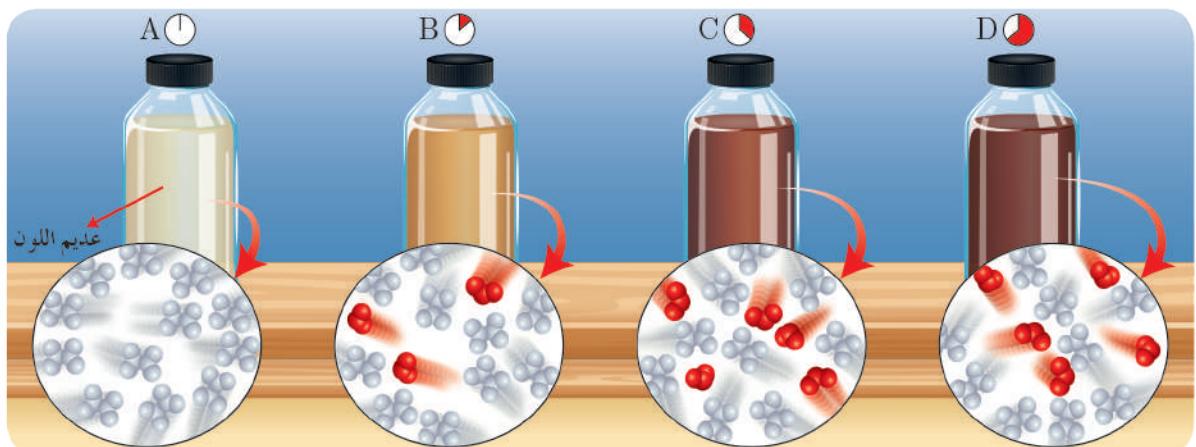
- \* حالة التوازن
- \* ثابت التوازن بدالة التراكيز
- \* حاصل التفاعل
- \* ثابت التوازن بدالة الضغوط الجزئية
- \* مبدأ لوشاولي

حالة التوازن:

(1) نشاط:

الاحظ:

يتفاوت غاز  $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$  عديم اللون بالتسخين إلى غاز  $\text{NO}_{2(g)}$  ذي اللون البني كما في الصور الآتية:



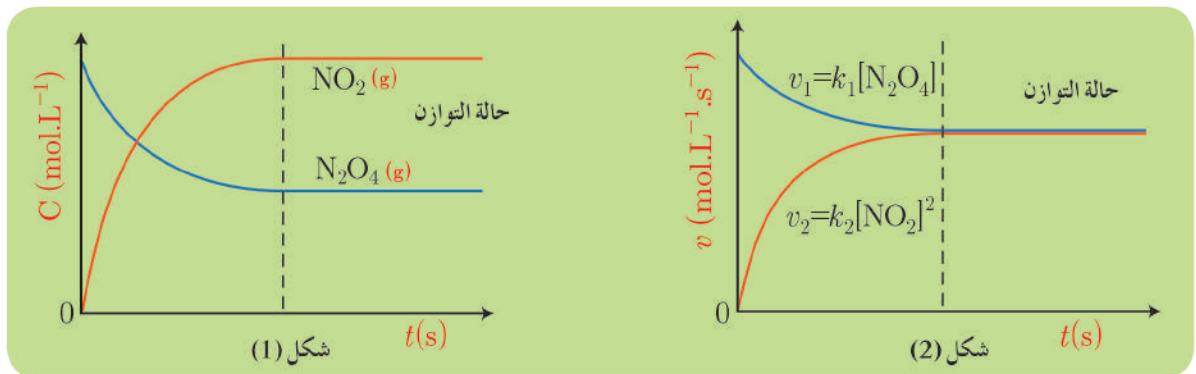
1. هل جزيئات الغاز متماثلة في النوع والعدد في الصورتين A,D؟
2. ما سبب ثبات اللون في الصورتين C,D بمرور الزمن؟
3. هل التفاعل الحاصل تام أم متوازن؟ أفسر ذلك.
4. أكتب معادلة التفاعل الحاصل.

أستنتج:

- وجود نوعين من الجزيئات في الصورة D يدل على أن التفاعل غير تام.
- ثبات اللون في الصورتين C,D يدل على ثبات تركيز المادة المتفاعلة والمادة الناتجة بمرور الزمن.
- يحدث التفاعل وفق المعادلة الآتية:  $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} 2\text{NO}_{2(g)}$ .

الاحظ:

يمثل الشكل 1 تغير تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بدلالة الزمن والشكل 2 يمثل تغير سرعتي التفاعل المباشر والعكسي بدلالة الزمن.



1. كيف يتغير تركيز كلّ من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل المتوازن؟
2. أحدد العلاقة بين سرعتي التفاعل المباشر والعكسي عند ثبات التراكيز.
3. أسمّي الحالة التي تثبت فيها تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.

أستنتج:

- ينقص تركيز المادة المتفاعلة ويزداد تركيز المادة الناتجة بمرور الزمن، وتثبت التراكيز عند بلوغ حالة التوازن.
- ثبات التراكيزين يدلّ على تساوي سرعتي التفاعلين: المباشر  $v_1$  والعكسي  $v_2$  وتسمى حالة التوازن.



### نتيجة:

يحدث التوازن الكيميائي عندما تثبت تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد الناتجة وتتساوى سرعة التفاعل المباشر مع سرعة التفاعل العكسي.

### نشاط (2):

يسمي التوازن في حالة التفاعلات الكيميائية بالتوازن الحركي، فسر ذلك.

### ثابت التوازن الكيميائي:

#### تطبيق (1):

أستنتاج عبارة ثابت التوازن للتفاعل الآتي، باعتبار أنّه التفاعل المباشر والعكسي أوليان:  $mA + nB \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} pC + qD$

الحل:

أكتب عبارة سرعة التفاعل المباشر، وعبارة سرعة التفاعل العكسي:  $v_2 = k_2 [C]^p [D]^q$  ،  $v_1 = k_1 [A]^m [B]^n$   
عند التوازن:  $k_2 [C]^p [D]^q = k_1 [A]^m [B]^n \leftarrow v_2 = v_1$   
من خواص التنساب:  $\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$  حيث أنَّ النسبة  $\frac{k_1}{k_2}$  مقدار ثابت نرمز له بـ  $K_c$ .

ثابت التوازن الكيميائي بدلالة التراكيز:  $K_c = \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$

#### نشاط (3):

يتفاعل غاز أحادي أكسيد الكربون مع غاز الكلور لتكوين غاز الفوسجين عند درجة حرارة ثابتة، وفق المعادلة الآتية:  $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \xrightleftharpoons[\text{عكسى}]{\text{مباشر}} COCl_{2(g)}$

يمثل الجدول الآتي تراكيز التوازن لأربع تجارب مختلفة للتفاعل السابق مقدرة .mol.L<sup>-1</sup>.

$K_c$	$[CO_{(g)}]_{eq}$	$[Cl_{2(g)}]_{eq}$	$[COCl_{2(g)}]_{eq}$	رقم التجربة
-----	1.21	0.21	0.79	1
-----	1.00	1.00	3.11	2
-----	0.43	0.43	0.575	3

احسب قيمة  $K_c$  لكل من التجارب السابقة، ماذا تستنتج؟

### نتيجة:

ثابت التوازن الكيميائي عند درجة حرارة معينة يساوي نسبة جداء تراكيز المواد الناتجة إلى جداء تراكيز المواد المتفاعلة عند التوازن وكل منها مرفوع إلى الأس الذي يساوي عدد الأمثال التفاعلية المشاركة بها في المعادلة الموزونة (عدد المولات).

في التفاعلات الغازية يمكن التعبير عن تراكيز الغازات بدالة الضغوط الجزئية مقدّرة بـ  $K_p = \frac{P_{(C)}^p \cdot P_{(D)}^q}{P_{(A)}^m \cdot P_{(B)}^n}$  atm وبالتالي تعطى عبارة ثابت التوازن بدالة الضغوط الجزئية بالعلاقة:

### ملاحظات:

- إن  $K_c$  و  $K_p$  مقداران ثابتان ليس لهما واحدة.
- المواد الصلبة (s) والسائلة (l) كمدب فقط لا تظهر في عبارة ثابت التوازن لأن تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كميتها.
- قيمة  $K_c$  و  $K_p$  لتفاعل محدد لا تتغير إلا بتغيير درجة الحرارة.

### نشاط (4):

عند مزج حجمين متساوين من غازي الهيدروجين وبخار اليود ذي اللون البنفسجي في شروط مناسبة، يلاحظ تضاؤل اللون البنفسجي ثم ثباته، اكتب المعادلة الكيميائية المعتبرة عن التفاعل الحاصل مفسراً بقاء اللون البنفسجي، ثم اكتب عبارة كل من  $K_c$  و  $K_p$ .

### العلاقة بين $K_p$ و $K_c$ :

تعطي العلاقة بين قيمة ثابتي التوازن بدالة التراكيز والضغط الجزئية:  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ .  $\Delta n = n_2 - n_1$  الفرق بين عدد المولات الغازية الناتجة،  $n_2$ ، وعدد المولات الغازية المتفاعلة.

### تطبيق (2):

اكتُب علاقة ثابت التوازن  $K_c$  و  $K_p$ ، ثم اكتب العلاقة بينهما للتفاعل المتوازن الآتي:

$\Delta n = 1 - 2 = -1$	$K_p = \frac{P_{(CH_4)}}{P_{(H_2)}^2}$	$K_c = \frac{[CH_4]}{[H_2]^2}$
$K_p = K_c (RT)^{-1}$		
$K_p = \frac{K_c}{(RT)}$		

### نشاط (5):

اكتُب علاقة ثابت التوازن  $K_c$  و  $K_p$ ، ثم اكتب العلاقة بينهما للتفاعل الآتي:

## أهمية ثابت التوازن:

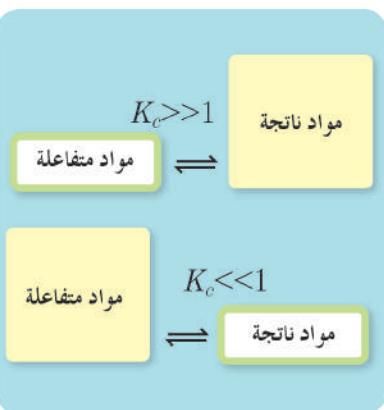
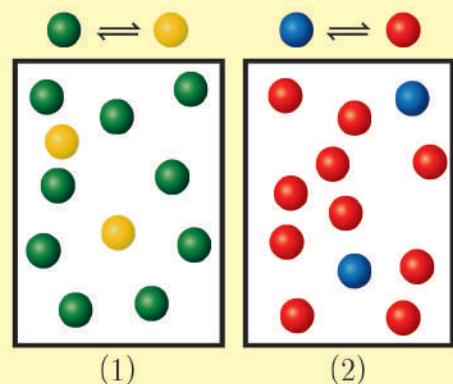
### نشاط (6):

الاحظ الشكلين الآتيين اللذين يمثلان حالة توازن:

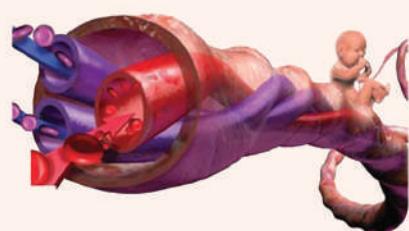
- أقارن بين كمية المواد المتفاعلة وكمية المواد الناتجة في كل من الشكلين.
- أقارن بين قيمة  $K_c$  في كل من التفاعلين.
- على ماذا تدل قيمة  $K_c$ .

استنتج:

- تبين قيمة ثابت التوازن لتفاعل ما، مدى تحول المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التوازن.
- إذا كانت قيمته كبيرة  $K_c \gg 1$  فالتفاعل يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.
- إذا كانت قيمته صغيرة  $K_c \ll 1$  فالتفاعل لا يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.



### إثراء:

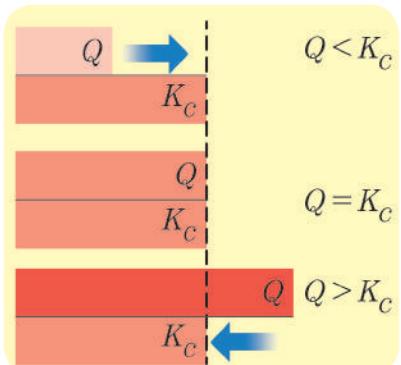


يحصل الجنين المتكون داخل الرحم على الأكسجين من دم الأم لأن ثابت التوازن للأكسجين المتفاعل مع هيموغلوبين دم الطفل أكبر من ثابت التوازن لتفاعل بين الأكسجين وهيموغلوبين دم الأم.

## حاصل التفاعل

تمثل عبارة حاصل التفاعل  $Q$  عبارة ثابت التوازن  $K_C$  حيث تُؤخذ التراكيز في لحظة ما (دون شرط الوصول لحالة التوازن)، ونميز ثلاثة حالات:

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



## تطبيق (2):

تبلغ قيمة ثابت التوازن  $K_C = 50.5$  عند الدرجة  $440^\circ C$  للتفاعل الآتي:  $I_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  فإذا وضع  $4 \times 10^{-2} \text{ mol}$  من  $I_{2(g)}$  مع  $10^{-2} \text{ mol}$  من  $H_{2(g)}$  في وعاء سعة  $2 \text{ L}$ . المطلوب:

1. أحسب حاصل التفاعل  $Q$ .
2. أحدد التفاعل الرأجح (المباشر / العكسي)، مع التعليل.

الحل:

$$C = \frac{n}{V} \Rightarrow [HI] = \frac{4 \times 10^{-2}}{2} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \quad 1.$$

$$[H_2] = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[I_2] = \frac{2 \times 10^{-2}}{2} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

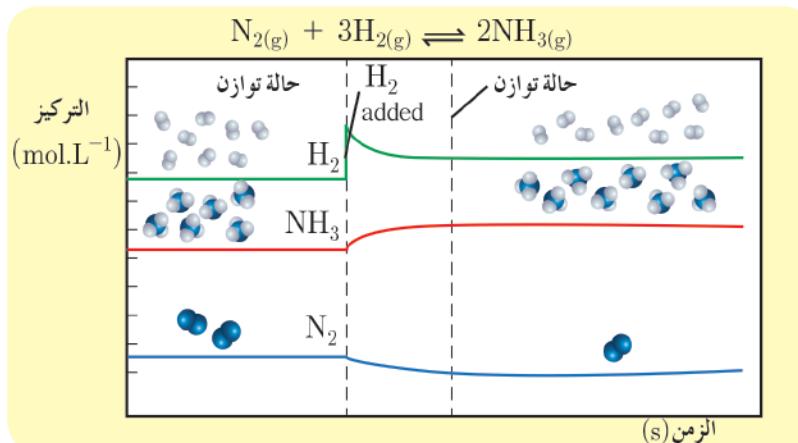
2. التفاعل لم يصل إلى حالة التوازن لأن  $Q \neq K_c$ ، والتفاعل المباشر هو الرأجح لأن  $K_c < Q$ .

## العوامل المؤثرة في حالة التوازن:

يلجأ الكيميائيون إلى زيادة مردود بعض التفاعلات المتوازنة مثل زيادة كمية التشادر الناتجة من تفاعل غازاري التتروجين والهيدروجين بحدوث بعض التغيرات بتأثير عوامل خارجية. ومن هذه التغيرات تغيير التركيز أو تغيير الضغوط الجزئية أو تغيير درجة حرارة التفاعل.

درس العالم لوشاوليـه التغيرات التي تؤثر في حالة التوازن الكيميائي، ووضع قاعدة تنص على ما يلي:  
إذا حدث تغيير في أحد العوامل المؤثرة في جملة كيميائية متوازنة مثل: درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط ... يختل التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه الذي يعاكس فيه هذا التغيير.

### أ. تأثير تغيير التركيز:



### نشاط (7):

الاحظ الشكل المجاور وأجيب:  
ما تأثير زيادة كمية الهيدروجين على:

- حالة التوازن.
- كمية التشادر.
- كمية التتروجين.

أستنتج:

- عند إضافة كمية من الهالوجين، يختل التوازن فيرجح التفاعل المباشر على التفاعل العكسي حتى بلوغ حالة توازن جديدة.
- تردد كمية التشادر.
- نقل كمية التسروجين.

### نتيجة:

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

### تطبيق (3):

يحدث التفاعل المتوازن في شروط مناسبة والممثّل بالمعادلة الآتية:

المطلوب:

- ما تأثير زيادة تركيز  $\text{PCl}_5$  على حالة التوازن؟
- ما تأثير زيادة تركيز  $\text{Cl}_2$  على حالة التوازن؟
- ما تأثير إنفاص تركيز  $\text{PCl}_3$  على حالة التوازن؟

الحل:

- عند زيادة تركيز  $\text{PCl}_5$  يختل التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه المباشر مما ينقص من تركيز  $\text{PCl}_5$ .
- عند زيادة تركيز  $\text{Cl}_2$  يختل التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه العكسي لإنفاص تركيز  $\text{Cl}_2$ .
- عند إنفاص تركيز  $\text{PCl}_3$  يختل التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه المباشر لزيادة تركيز  $\text{PCl}_3$ .

### نشاط (8):

يحدث التفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

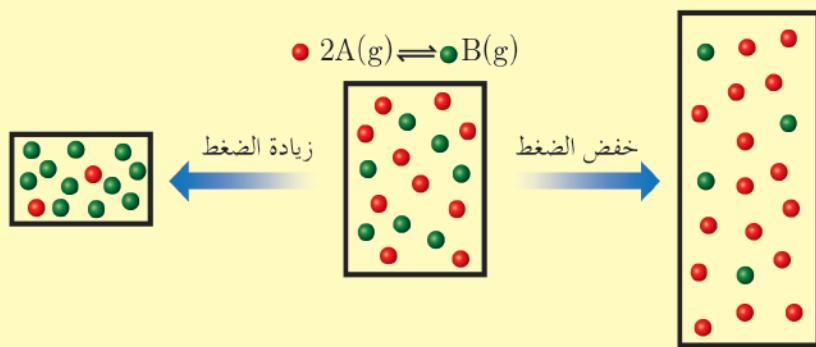


المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	التأثير على التغيير
				زيادة كمية $\text{NO}_2$
				نقصان كمية $\text{NO}$
				زيادة كمية $\text{CO}_2$
				نقصان كمية $\text{CO}$

## ٢. تأثير تغيير الضغط:

الاحظ التفاعل الممثل بالشكل الآتي وأجيب:



ما أثر زيادة الضغط على:

١. حالة التوازن

ما أثر خفض الضغط على:

١. حالة التوازن

٢. كمية المواد المتفاعلة

٢. كمية المواد المتفاعلة

٣. كمية المواد الناتجة.

٣. كمية المواد المتفاعلة

ما العلاقة بين رجحان التفاعل وعدد المولات (الأمثال التفاعلية) في التفاعل السابق؟

أستنتج:

- عند خفض الضغط يختل التوازن فيرجح التفاعل العكسي أي باتجاه عدد المولات الغازية الأكبر فتزداد كمية المواد المتفاعلة وتنقص كمية المواد الناتجة حتى بلوغ حالة توازن جديدة.
- عند زيادة الضغط يختل التوازن فيرجح التفاعل المباشر أي باتجاه عدد المولات الغازية الأقل فتزداد كمية المواد الناتجة وتقصى كمية المواد المتفاعلة حتى بلوغ حالة توازن جديدة.

نشاط (9):

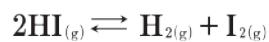
يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:  $H_2O_{2(g)} \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} H_2O_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	التأثير على التغيير
				زيادة الضغط
				نقصان الضغط

نشاط (10):

في التفاعل المتوازن الآتي:



بيان أثر زيادة الضغط الكلي على حالة التوازن، فسر إجابتك.

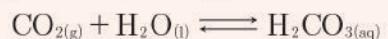
## نتيجة:

- زيادة الضغط يرجع التفاعل باتجاه عدد المولات الغازية الأقل.
- نقصان الضغط يرجح التفاعل باتجاه عدد المولات الغازية الأكبر.
- إذا كان عدد المولات الغازية متساوياً في طرفي المعادلة لا يؤثر تغيير الضغط على حالة التوازن.

## إثاء:



تحضر المياه الغازية عن طريق تعريض سطح الماء لغاز ثاني أكسيد الكربون تحت ضغط مرتفع حتى يقوم الماء بامتصاص الغاز وفق التفاعل:



عند فتح القارورة نلاحظ خروج الغاز بسبب رجحان التفاعل العكسي

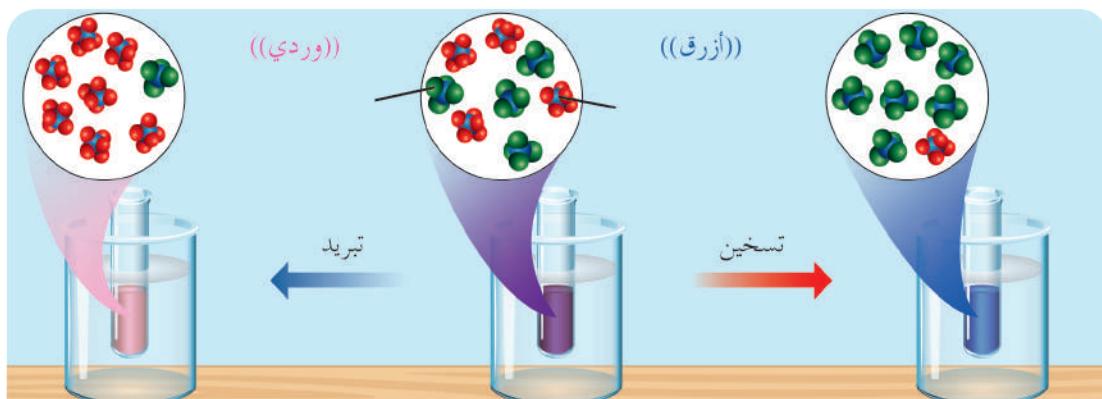
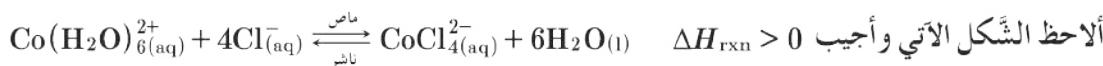
## ٣. تأثير تغيير درجة الحرارة:

نميز نوعين من التفاعلات:

١. التفاعلات الناشرة للحرارة  $\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} < 0$

٢. التفاعلات الماصة للحرارة  $\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} > 0$

نشاط (11):



خفض الحرارة يرجح التفاعل باتجاه تشكيل المزيد من  $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_{6(\text{aq})}^{2+}$  فيظهر محلول باللون الوردي

لون محلول بنفسجي بسبب احتواء  $\text{CoCl}_{4(\text{aq})}^{2-}$  و  $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_{6(\text{aq})}^{2+}$

زيادة الحرارة يرجح التفاعل باتجاه تشكيل المزيد من  $\text{CoCl}_{4(\text{aq})}^{2-}$  فيظهر محلول باللون الأزرق

ما تأثير زيادة درجة الحرارة على:

1. حالة التوازن.

2. كمية المواد المتفاعلة.

3. كمية المواد الناتجة.

ما تأثير خفض درجة الحرارة على:

1. حالة التوازن.

2. كمية المواد المتفاعلة.

3. كمية المواد الناتجة.

أستنتج:

• عند زيادة درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل المباشر (الم acidic للحرارة) فزيادة كمية المواد الناتجة ونقص كمية المواد المتفاعلة.

• عند خفض درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل العكسي (الbasic للحرارة) فزيادة كمية المواد المتفاعلة ونقص كمية المواد الناتجة.

### نتيجة:

• زيادة درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل المباشر للحرارة.

• خفض درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل الناشر للحرارة.

• عندما يرجح التفاعل المباشر بتأثير تغير درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التوازن بسبب زيادة كمية المواد الناتجة ونقصان كمية المواد المتفاعلة.

• عندما يرجح التفاعل العكسي بتأثير تغير درجة الحرارة تقصى قيمة ثابت التوازن بسبب نقصان كمية المواد الناتجة وزيادة كمية المواد المتفاعلة.

### تطبيق (4):

يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

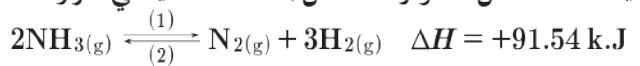


المطلوب أكمل الجدول الآتي:

قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	التأثير على التغيير
تقل	تقل	تزاد	يرجح التفاعل بالاتجاه العكسي.	زيادة درجة الحرارة
تزاد	تزاد	تقل	يرجح التفاعل بالاتجاه المباشر.	خفض درجة الحرارة

## نشاط (12):

يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:



المطلوب أكمل الجدول الآتي:

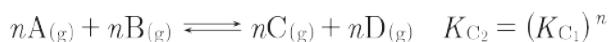
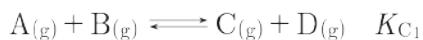
قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	التأثير على التغير
				رفع درجة الحرارة
				خفض درجة الحرارة

## ٤. تأثير الحفاز في التوازن:

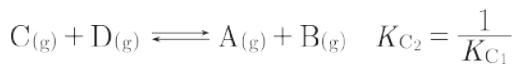
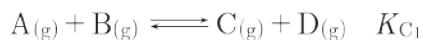
عند إضافة حفاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التفاعل المباشر والمقدار نفسه سوف تزداد سرعة التفاعل العكسي أي أنه يسرّع الوصول إلى حالة التوازن ولا يؤثر على قيمة ثابت التوازن.

## حساب قيمة ثابت التوازن خلال المعادلات:

إذا ضربت معادلة تفاعل بمعامل ما (رقم ما مثلا) فإن ثابت التوازن الجديد يُرفع إلى أُسٌ يساوي ذلك المعامل.



إذا عكس التفاعل فإن قيمة ثابت التوازن الجديد يساوي مقلوب قيمة ثابت التوازن الأول.

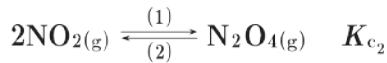


## تطبيق (5):

إذا علمت أن قيمة  $K_c = 0.36$  للتفاعل:

المطلوب: أحسب  $K_c$  لكل من التفاعلين الآتيين:

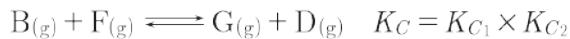
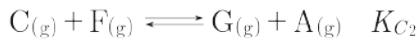
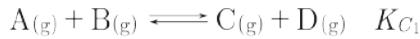
الحل:



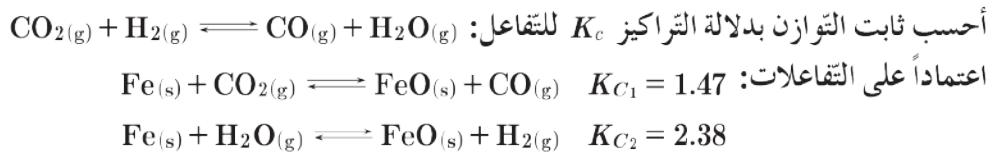
$$K_{c_1} = (K_c)^{\frac{1}{2}} = (0.36)^{\frac{1}{2}} = 0.6$$

$$K_{c_2} = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

ثابت التوازن لتفاعل يساوي جداء ثوابت التوازن للمراحل التي تشكل هذا التفاعل.

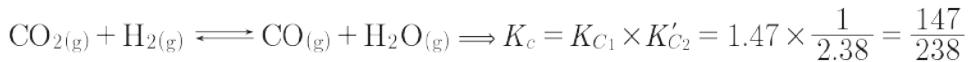
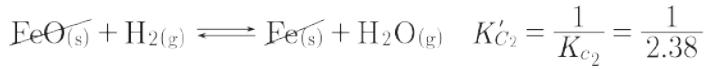


### تطبيق (6):



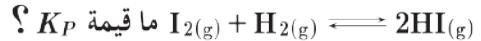
الحل:

تبقى المعادلة الأولى كما هي وتعكس الثانية:



### تطبيق (7):

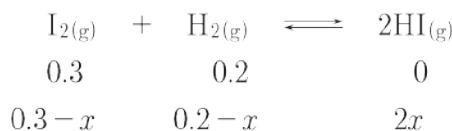
مزج 2 mol من الهيدروجين  $\text{H}_2$  مع 3 mol من اليود  $\text{I}_2$  في وعاء مغلق سعته L، وكانت كمية يود الهيدروجين HI عند التوازن 3.6 mol، أحسب قيمة ثابت التوازن  $K_c$  للتفاعل المتوازن الآتي:



الحل:

$$[\text{I}_2]_0 = \frac{n}{V} = \frac{3}{10} = 0.3 \text{ mol.L}^{-1}, \quad [\text{H}_2]_0 = \frac{n}{V} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{HI}]_{\text{eq}} = \frac{3.6}{10} = 0.36 \text{ mol.L}^{-1}$$



$$2x = 0.36 \text{ mol.L}^{-1} \implies x = 0.18 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\implies [\text{H}_2]_{\text{eq}} = 0.2 - 0.18 = 0.02 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{I}_2]_{\text{eq}} = 0.3 - 0.18 = 0.12 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(0.36)^2}{(0.02) \times (0.12)} = 54$$

$$K_P = K_c (RT)^{\Delta n} = K_c (RT)^{2-2} = K_c (RT)^0 = 54$$

### تطبيق (8):

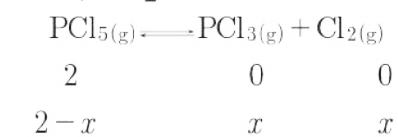
وضع 4 mol من  $\text{PCl}_5$  في وعاء سعته L وسخن الوعاء إلى درجة 500 K ينفك منه 10% عند بلوغ التوازن وفق المعادلة:  $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$  المطلوب حساب:

1. قيمة  $K_c$

2. قيمة  $K_P$  ( $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )

الحل:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{4}{2} = 2 \text{ mol.L}^{-1} .1$$



كل 100 يتفكك منها 10  
كل 2 يتفكك منها

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

$$[\text{PCl}_3]_{eq} = [\text{Cl}_2]_{eq} = x = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{PCl}_5]_{eq} = 2 - x = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \times [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0.2 \times 0.2}{1.8} = \frac{1}{45}$$

$$K_P = K_c (RT)^{\Delta n} = \frac{1}{45} (0.082 \times 500) = \frac{82 \times 10^{-1}}{9} = \frac{41}{45} .2$$

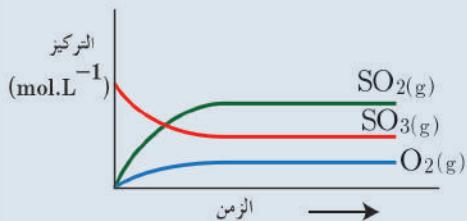
## تعلّمت

- يحدث التّوازن الكيميائي عندما ثبت تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد الناتجة وتساوى سرعة التّفاعل المباشر مع سرعة التّفاعل العكسي.
- العلاقة بين قيمة ثابتي التّوازن بدلالة التّراكيز والضّغوط الجزئية:  $K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$
- ثابت التّوازن الكيميائي عند درجة حرارة معينة يساوي نسبة جداء تراكيز المواد الناتجة إلى جداء تراكيز المواد المتفاعلة عند التّوازن وكلّ منها مرفوع إلى الأسّ الذي يساوي عدد الأمثال التّفاعلية المشاركة بها في المعادلة الموزونة.
- ثبّين قيمة ثابت التّوازن لتفاعلٍ ما مدى تحول المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التّوازن.
- قاعدة لوشاوليه: إذا حدثَ تغيير في أحد العوامل المؤثرة في جملة كيميائية متوازنة مثل: درجة الحرارة أو التّركيز أو الضّغط ... يختل التّوازن، فيرجح التّفاعل في الاتّجاه الذي يعاكس فيه هذا التّغيير
- العوامل المؤثرة في حالة التّوازن:
  1. **تأثير تغيير التّراكيز:**
    - عند زيادة ترکیز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التّوازن، فيرجح التّفاعل في الاتّجاه الذي يُقصص فيه ترکیز هذه المادة.
    - عند نقصان ترکیز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التّوازن، فيرجح التّتفاعل في الاتّجاه الذي يزداد فيه ترکیز هذه المادة.
  2. **تأثير تغيير الضّغط:**
    - زيادة الضّغط يرجح التّفاعل باتّجاه عدد المولات الغازية الأقل.
    - نقصان الضّغط يرجح التّفاعل باتّجاه عدد المولات الغازية الأكبر.
    - إذا كان عدد المولات الغازية متساوياً في طرفي المعادلة لا يؤثّر تغيير الضّغط على حالة التّوازن.
  3. **تأثير تغيير درجة الحرارة:**
    - زيادة درجة الحرارة يختل التّوازن فيرجح التّفاعل الماصل للحرارة.
    - خفض درجة الحرارة يختل التّوازن فيرجح التّفاعل الناشر للحرارة.
    - عندما يرجح التّفاعل المباشر بتأثير تغيير درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التّوازن بسبب زيادة كمية المواد الناتجة ونقصان كمية المواد المتفاعلة.
    - عندما يرجح التّفاعل العكسي بتأثير تغيير درجة الحرارة تنقص قيمة ثابت التّوازن بسبب نقصان كمية المواد الناتجة وزيادة كمية المواد المتفاعلة.
  4. **تأثير الحفّاز في التّوازن:**
    - عند إضافة حفّاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التّفاعل المباشر والمقدار نفسه سوف تزداد سرعة التّفاعل العكسي أي أنه يسرع الوصول إلى حالة التّوازن ولا يؤثّر على قيمة ثابت التّوازن.



ثالثاً: لديك التفاعل الآتي  $\Delta H < 0$  المطلوب:

1. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز  $K_c$ .
2. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية  $K_p$ .
3. اكتب العلاقة بين  $K_c$  و  $K_p$ .
4. بيان تأثير خفض درجة الحرارة على حالة التوازن مع التفسير.
5. بيان تأثير إضافة حفاز على حالة التوازن وقيمة ثابت التوازن.



رابعاً: لديك الشكل المجاور الذي يمثل تفاعل متوازن:

المطلوب:

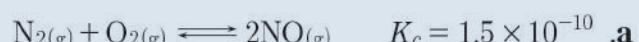
1. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل.
2. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز.

خامساً: قيست قيمة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية في درجات حرارة مختلفة.

$3A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$	
درجة الحرارة (°C)	قيمة ثابت التوازن $K_p$
300	$4.34 \times 10^{-3}$
400	$1.64 \times 10^{-4}$

المطلوب: هل التفاعل المباشر ناشر للحرارة أو ماض للحرارة؟ فسر إجابتك.

سادساً: قارن بين كمية المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند بلوغ التوازن في كل من التفاعلين الآتيين:



سابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

وعاء حجمة 2L يحتوي على 0.08 mol من  $CO_{(g)}$  و 0.4 mol من  $H_{2(g)}$  و 0.2 mol من  $CH_3OH_{(g)}$  يحدث التفاعل وفق المعادلة  $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \xrightleftharpoons[2]{1} CH_3OH_{(g)}$  فإذا علمت أن قيمة  $K_c = 7.3$  بين بالحساب إذا كان هذا التفاعل بحالة توازن أم لا وإذا لم يكن بحالة توازن حدد التفاعل الرافع (ال المباشر/ العكسي)، مع التفسير.

### المسألة الثانية:

مُزج 2 mol من مادة A مع 2 mol من مادة B في وعاء سعته 10 L فيحدث التفاعل المتوازن وفق المعادلة:  $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$  فإذا 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 حساب:

1. قيمة  $K_c$  ثم قيمة  $K_P$ .

2. تراكيز كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند بلوغ التوازن.

### المسألة الثالثة:

يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة:  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  في وعاء حجمه 10 L، عند بلوغ التوازن كان عدد مولات الهيدروجين 7.2 mol وعدد مولات اليود 2.4 mol وعدد مولات يود الهيدروجين 0.4 mol والمطلوب حساب:

1. قيمة ثابت التوازن  $K_c$ .

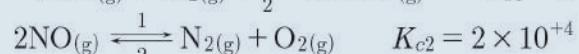
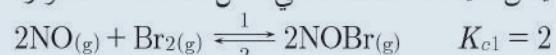
2. قيمة ثابت التوازن  $K_P$ .

3. احسب التركيز الابتدائي للمواد المتفاعلة.

4. اقترح طريقتين تزيد من كمية HI.

### المسألة الرابعة:

ليكن لديك المعادلات التي تمثل التفاعلات المتوازنة الآتية عند الدّرجة 298K :



المطلوب: احسب قيمة  $K_P$  للتفاعل الآتي:  $N_{2(g)} + O_{2(g)} + Br_{2(g)} \xrightleftharpoons[2]{1} 2NOBr_{(g)}$

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

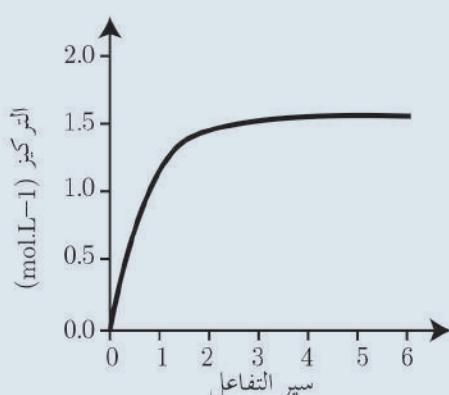
### المسألة الخامسة:

ينتافع 1 mol من بخار اليود مع 1 mol من غاز الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه 1 L وفق المعادلة  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  حيث يبيّن المخطط الآتي تغيير تركيز يود الهيدروجين بدلالة الزمن، المطلوب:

1. احسب تراكيز التوازن لكل من المواد المتفاعلة والناتجة.

2. احسب قيمة ثابت التوازن  $K_c$ .

3. ارسم خطأً بيانيًّاً يوضح تغيير تركيز الهيدروجين بدلالة الزمن.



## تفكير ناقد

من خلال معرفة تغيير تركيز مادة واحدة هل يمكن تحديد فيما إذا التفاعل وصل إلى حالة التوازن أو لا؟ ناقش إجابتك.

## أبحث أكثر

عند تغيير في تركيز أحد المواد أو تغيير الضغط لا تغيير قيمة ثابت التوازن بينما عند تغيير درجة الحرارة تتغير قيمة ثابت التوازن، أبحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشبكة.

## أسئلة الوحدة الثالثة

**أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكلٍ مما يأتي:**

1. في التفاعل الأولي الآتي:  $\text{نواتج} \rightarrow \text{A}_{(\text{g})} + 2\text{B}_{(\text{g})}$  عندما يزداد حجم الوعاء مرتين فإن سرعة التفاعل:  
 a. تتحفظ أربع مرات.  
 b. تتحفظ ثمان مرات.  
 c. تزداد أربع مرات.  
 d. تزداد مرتين.

2. أي من التفاعلات الآتية تكون فيه النسبة  $\frac{K_p}{K_c}$  أكبر في الشروط ذاتها:



3. يمزج 0.1 mol من المادة A مع 0.1 mol من المادة B في وعاء سعة 1 L فتكون قيمة  $K_c$  تساوي  $10^{-3}$  للتفاعل المتوازن الآتي:  $\text{A}_{(\text{g})} + 2\text{B}_{(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{C}_{(\text{g})}$  فيكون عند بلوغ التوازن:

- [C] < [B] .d      [C] > [B] .c      [C] = [B] .b      [C] = 2[B] .a

4. يحدث التفاعل الآتي في الغلاف الجوي  $\text{NO}_{(\text{g})} + \text{O}_{3(\text{g})} \rightarrow \text{NO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$  على مرحلتين:

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

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

فُكِّتب عبارة السرعة على الشكل:

$$v = k[\text{O}_3] . \text{b}$$

$$v = k[\text{NO}][\text{O}^{\cdot}] . \text{a}$$

$$v = k[\text{NO}][\text{O}_3][\text{O}^{\cdot}] . \text{d}$$

$$v = k[\text{NO}][\text{O}_3] . \text{c}$$

5. إحدى العبارات الآتية صحيحة عند بلوغ التوازن في التفاعل الكيميائي.

- a. يتوقف التفاعل المباشر فقط.  
 b. يتوقف التفاعل العكسي فقط.  
 c. تتساوى قيمة ثابت سرعة التفاعل المباشر وقيمة ثابت سرعة التفاعل العكسي.  
 d. تتساوى سرعتا التفاعلين المباشر والعكسبي.

**6.** إذا علمت أن قيمة  $K_c = 10$  للتفاعل المتوازن الآتي:  $2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$  ، فلتكون قيمة  $K_c$  للتفاعل المماثل بالمعادلة الآتية:  $4C_{(g)} \rightleftharpoons 4A_{(g)} + 2B_{(g)}$  متساويةً:

100 .d

0.01 .c

20 .b

0.1 .a

**ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ مما يأتي:**

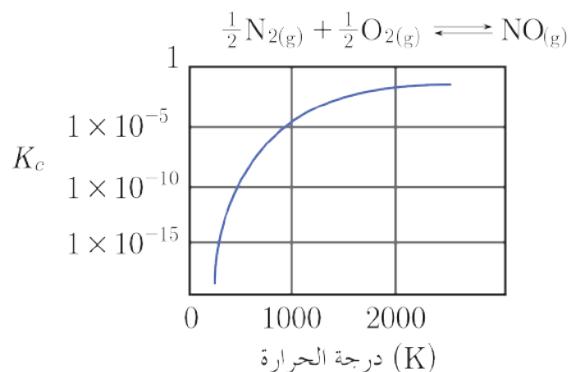
1. في التفاعل الناشر للحرارة تقل قيمة ثابت التوازن عند زيادة درجة الحرارة.
2. التفاعلات التي تحتاج إلى طاقة تنشيط منخفضة تميل إلى أن تكون سريعة.
3. يحترق البروبان بسرعة أكبر من البتان في الشروط المتماثلة.
4. بعض التصادمات يتبع عنها تفاعل كيميائي وليس جميعها.

**ثالثاً أجب عن الأسئلة الآتية:**

**1.** لديك التفاعل المتوازن الآتي  $H_2O_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$  ، المطلوب:

a. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلاله الضغوط الجزئية

b. اقترح طريقة لزيادة قيمة ثابت التوازن مع التفسير.



**2.** لديك الخط البياني الآتي الذي يمثل قيم مختلفة لثابت التوازن  $K_c$  بدلاله درجة الحرارة، المطلوب: بيان فيما إذا كان التفاعل المباشر ناشراً أو ماصاً للحرارة.

**3.** اقترح الطائق التي تزيد من سرعة التفاعل المماثل بالمعادلة الآتية:  
 $2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)}$

**رابعاً: حل المسائل الآتية:**

**المسألة الأولى:**

يُمزج 100 mL من مادة A تركيزها  $1.2 \text{ mol.L}^{-1}$  مع 300 mL من مادة (B) تركيزها  $0.4 \text{ mol.L}^{-1}$  فيحصل التفاعل الأولي وفق المعادلة الآتية:  $A_{(aq)} + 2B_{(aq)} \rightarrow 2C_{(aq)}$

إذا علمت أن ثابت سرعة التفاعل  $k = 10^{-2}$  ، المطلوب حساب:

1. سرعة التفاعل الابتدائية .

2. سرعة التفاعل بعد زمن يتشكل فيه (0.04 mol) من المادة (C) .

### المسألة الثانية:

يتفكّك يود الهدروجين وفق المعادلة:  $2\text{HI}_{(\text{g})} \rightleftharpoons \text{H}_{2(\text{g})} + \text{I}_{2(\text{g})}$  فإذا كان التركيز الابتدائي  $[\text{HI}]_0 = 0.8 \text{ mol.L}^{-1}$  وقيمة ثابت التوازن  $K_c = \frac{1}{36}$  والمطلوب حساب:

1. تركيز كلّ من الغازات الثلاث عند التوازن.
2. النسبة المئوية المتفكّكة من  $\text{HI}$  عند التوازن.

### المسألة الثالثة:

لديك التفاعل المتوازن الآتي:  $2\text{NO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(\text{g})}$  فإذا علمت أن تراكيز التوازن بواحدة  $\text{mol.L}^{-1}$  هي:  $[\text{NO}_2]_{\text{eq}} = 0.06$ ,  $[\text{NO}]_{\text{eq}} = 0.24$ ,  $[\text{O}_2]_{\text{eq}} = 0.12$ . قيمة  $K_c$ .

1. التركيز الابتدائي لغاز  $\text{NO}_2$ .
2. التركيز الابتدائي لغاز  $\text{NO}_2$  عند بلوغ التوازن.

### المسألة الرابعة:

يضاف 200 mL تحوي على 1.2 mol من المادة A إلى 200 mL تحوي على 0.8 mol من المادة B فيتم التفاعل الأولي الآتي  $2\text{A}_{(\text{aq})} + \text{B}_{(\text{aq})} \longrightarrow 2\text{C}_{(\text{aq})} + \text{D}_{(\text{aq})}$  إذا علمت أن ثابت سرعة التفاعل  $2 \times 10^{-2}$  والمطلوب حساب:

1. السرعة الابتدائية للتفاعل.
2. سرعة التفاعل بعد زمن يتشكل فيها 0.4 mol من المادة D.
3. تركيز كلّ من المادتين C, B عند توقف التفاعل.

## الوحدة الرابعة

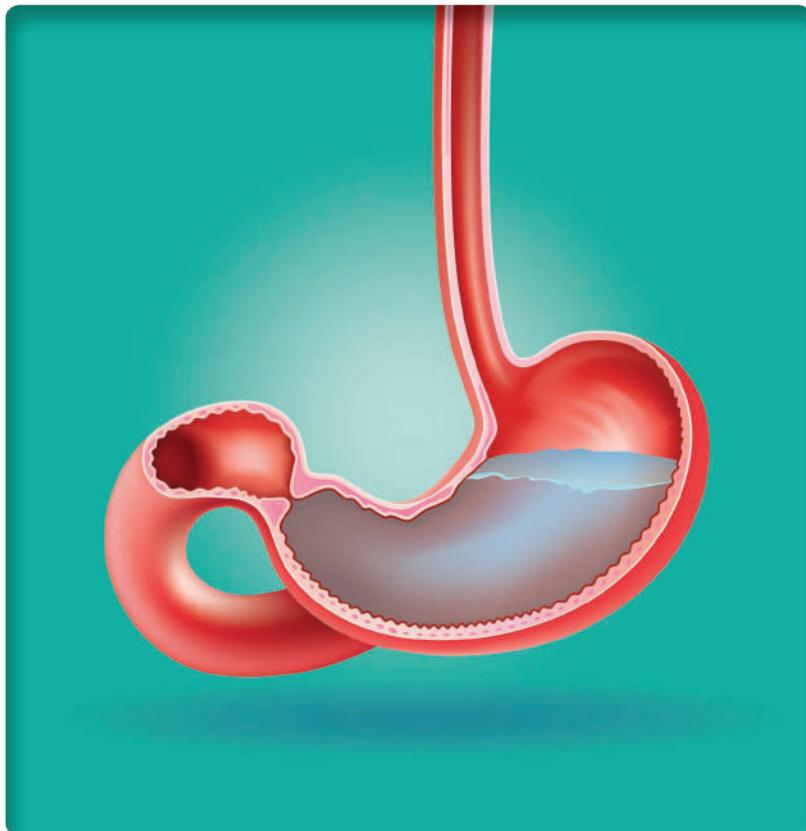
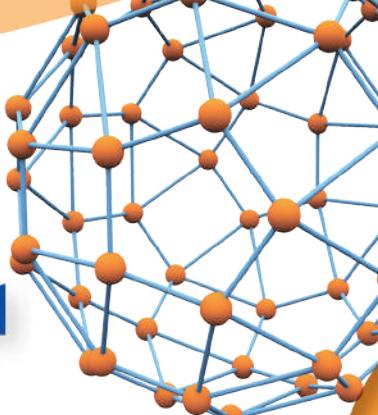
# الكيمياء التحليلية



المحاليل المائية ضرورية في العمليات الحيوية التي تحدث في الكائنات الحية، وأحياناً تكون شرطاً أساسياً لحدوث تفاعلات كيميائية معينة، حيث تهتم الكيمياء التحليلية بدراسة مكونات المحاليل وتركيزها.

٤-١

## الحموض والأسنسُ



تحتوي معدة الإنسان على حمض كلور الماء حيث تكون قيمة الأساس الهيدروجيني (pH) الطبيعية فيها بين (1 - 3)، حيث تكون لهذه القيمة أهمية في حماية جسم الإنسان من الميكروبات كنوع من المناعة، تساعد في عملية الهضم، وخاصة هضم البروتين.

### الأهداف:

- \* يعرّف نظرياتِ في الحموض والأسنس.
- \* يعرّف المركبات المذبذبة.
- \* يحدد الأزواج المترافقَة (أساس/حمض).
- \* يقارنُ بين الحموض القوية والحموض الضعيفة.
- \* يقارنُ بين الأسنس القوية والأسنس الضعيفة.
- \* يستنتج ثابت تأين الحمض الضعيف.
- \* يستنتج ثابت تأين الأساس الضعيف.
- \* يحسب قيمة (pH) لمحاليل الحموض والأسنس.

### الكلمات المفتاحية:

- \* مركب مذبذب
- \* درجة تأين
- \* أزواج مترافقَة أساس/حمض.
- \* ثابت تأين الحمض.
- \* ثابت تأين الأساس.

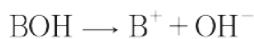
## نظريات في الحمض والأساس:

### أ. نظرية أرينوس:

**الحمض:** كل مادة كيميائية تحرر أيون هيدروجين  $H^+$  أو أكثر عند انحلالها في الماء.



**الأساس:** كل مادة كيميائية تحرر أيون هيدروكسيد  $OH^-$  أو أكثر عند انحلالها في الماء.



### بـ. نظرية برونستيد - لوري:

**الحمض:** كل مادة كيميائية قادرة على منح بروتون  $H^+$  أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.

**الأساس:** كل مادة كيميائية قادرة على استقبال بروتون  $H^+$  أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.

#### تطبيق (1)

لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:  $HA + H_2O \rightarrow H_3O^+ + A^-$ . المطلوب:

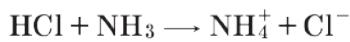
وضوح أي المركبين يسلك سلوك حمض، وأيهما يسلك سلوك أساس حسب نظرية برونستيد - لوري؟  
**الحل:**

HA يمنح بروتون، ويسلك سلوك حمض.

$H_2O$  يستقبل بروتون، ويسلك سلوك أساس.

#### نشاط (1):

لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:



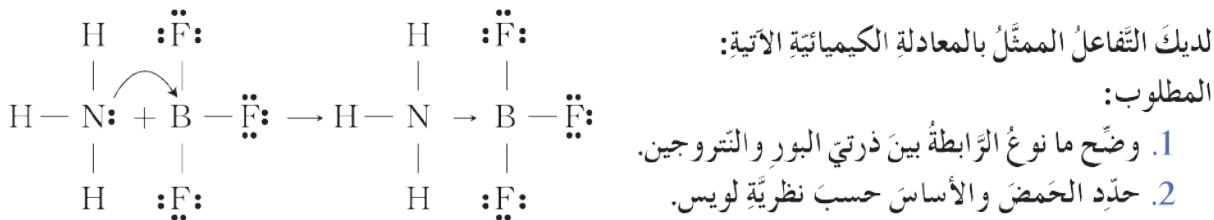
حدّد الحمض والأساس وفق نظرية برونستيد - لوري.

### جـ. نظرية لويس:

**الحمض:** كل مادة كيميائية قادرة على استقبال زوج إلكتروني أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.

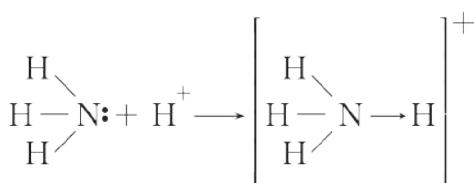
**الأساس:** كل مادة كيميائية قادرة على منح زوج إلكتروني أو أكثر لمادة أخرى تتفاعل معها.

#### تطبيق (2)



**الحل:**

1. تمنح ذرة التتروجين زوجاً إلكترونياً غير رابط إلى ذرة البور، فتشكل رابطة تساندية بين ذرتي البور والتتروجين.
2.  $\text{NH}_3$  يقوم بدور أساس، و  $\text{BF}_3$  يقوم بدور حمض.



حدّد الحمض والأساس في التفاعل الآتي وفق نظرية لويس:

**نشاط (3):**

أصنف المركبات الآتية إلى حمض أو أساس وفقاً للنظريات السابقة، ماذا أستنتج؟

$\text{HCl}, \text{NH}_3, \text{Fe}^{2+}, \text{BF}_3, \text{NaOH}$

**الحل:**

لويس	برونشتاد - لوري	أرينيوس	طبيعة المركب
$\text{NH}_3$	$\text{NH}_3$	$\text{NaOH}$	أساس
$\text{BF}_3, \text{Fe}^{2+}$	$\text{HCl}$	$\text{HCl}$	حمض

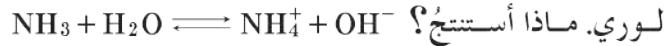
أستنتاج:

- نظرية أرينيوس غير كافية لتحديد الصفة الحمضية والصفة الأساسية لجميع المركبات الكيميائية.
- نظرية برونشتاد - لوري أكثر شمولية من نظرية أرينيوس.
- نظرية لويس فسرت السلوك الحمضي والأساسي لبعض المركبات التي يتم فيها انتقال الأزواج الإلكترونية.

## الأزواج المترافقه: أساس / حمض وفق نظرية برونشتاد - لوري

**نشاط (4):**

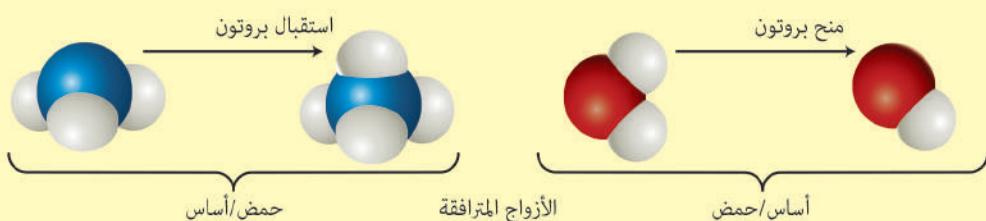
أكتب معادلة تأين غاز النشادر في الماء، وأحدّد الأزواج المترافقه أساس / حمض وفق نظرية برونشتاد - لوري. ماذا أستنتاج؟



عندما يمنح الحمض  $\text{H}_2\text{O}$  بروتون يتحول إلى أساس مرفاق  $\text{OH}^-$ .

عندما يستقبل أساس  $\text{NH}_3$  بروتون يتحول إلى حمض مرفاق  $\text{NH}_4^+$ .

الأزواج المترافقه (أساس / حمض):



أستنتاج:

- يرافق كل حمض أساس يدعى أساس المترافق.
- يرافق كل أساس، حمض يدعى حمض المترافق.

### نشاط (5):

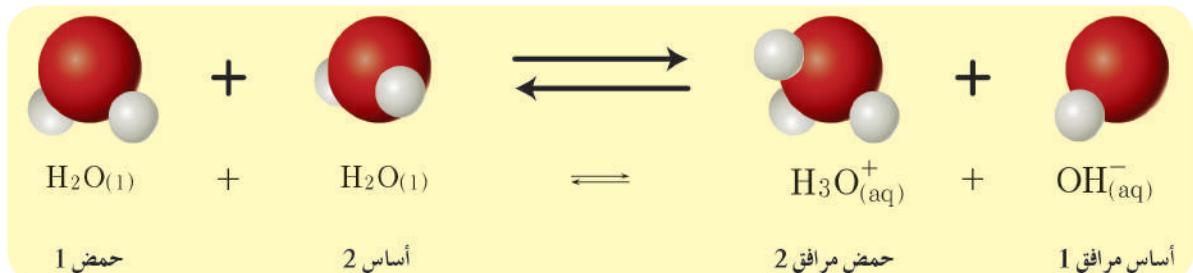
اكتب معادلة تأين حمض الأزوت، ثم حدّد الأزواج المترافقه (أساس / حمض) وفق نظرية برونشتاد - لوري.

### التأين الذاتي للماء وثابت تأينه:

### نشاط (6):

بعد الماء ناقلاً ردانياً للتيار الكهربائي لاحتوايه على أيونات قليلة. المطلوب:

- اكتب معادلة التأين الذاتي للماء وحدّد الأزواج المترافقه أساس / حمض وفق نظرية برونشتاد - لوري.
- اكتب عبارة ثابت التوازن (ثابت تأين الماء).



- ثابت تأين الماء:  $K_w = [H_3O^+][OH^-]$

### إضاءة

- المركب المذبذب يسلك سلوك حمض أحياناً وسلوك أساس أحياناً أخرى، وفقاً للمادة التي يتفاعل معها (مثل الماء).
- إن قيمة ثابت تأين الماء  $K_w$  عند درجة الحرارة  $25^\circ C$  تساوي  $10^{-14}$  أي:  $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$

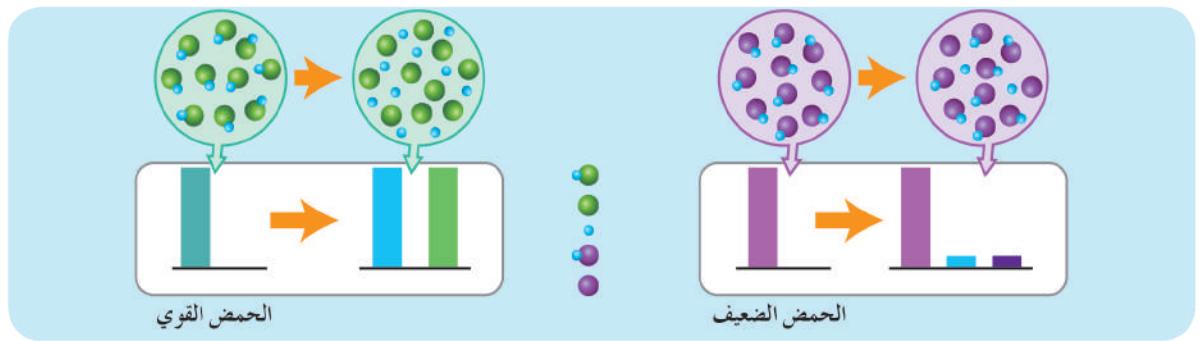
### قوّة الحمض وقوّة الأساس:

- تقاس قوّة الحمض بسهولة منحه لبروتون أو أكثر، حيث يتآكل الحمض القوي كلياً وفق المعادلة:



- يتآكل الحمض الضعيف جزئياً وفق المعادلة:  $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$

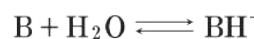
- يعبر عن قوّة الحمض بدرجة تأينه  $\alpha$  وفق العلاقة:  $C_a \cdot \alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a}$  التركيز الابتدائي للحمض أحادي الوظيفة.



الحمض	الأساس
HCl	Cl <sup>-</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
HNO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
H <sub>3</sub> O <sup>+(aq)</sup>	H <sub>2</sub> O
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
HF	F <sup>-</sup>
CH <sub>3</sub> COOH	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
H <sub>2</sub> S	HS <sup>-</sup>
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub>
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
H <sub>2</sub> O	OH <sup>-</sup>
OH <sup>-</sup>	O <sup>2-</sup>
H <sub>2</sub>	H <sup>-</sup>
CH <sub>4</sub>	CH <sub>3</sub>

تقاسُ قُوَّةُ الأَسَاسِ بِسُهُولَةٍ اسْتِقْبَالِهِ لِبِرُوتُونٍ أَوْ أَكْثَرَ.

يَتَأَيَّنُ الْأَسَاسُ الْقَوِيُّ كُلَّاً، وَيَتَأَيَّنُ الْأَسَاسُ الْضَّعِيفُ جُزْئَياً وَفَقَدَ المُعَادِلَةَ:



يَعْبَرُ عَنْ قُوَّةِ الْأَسَاسِ بِدَرْجَةِ تَأَيِّنِهِ  $\alpha$  وَفَقَدَ العَلَاقَةُ:

$\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b}$  ،  $C_b$  التَّرْكِيزُ الْابْدَائِيُّ لِلْأَسَاسِ أحَدِيِّ الْوَظِيفَةِ الْأَسَاسِيَّةِ.

عِنْدَ مَقَارِنَةِ قُوَّةِ حَمْضَيْنِ ضَعِيفَيْنِ فَإِنَّ الْأَسَاسَ الْمَرْافِقُ لِلْحَمْضِ الْأَقْوَى هُوَ الْأَسَاسُ الْأَضْعَفُ، وَالْأَسَاسُ الْمَرْافِقُ لِلْحَمْضِ الْأَضْعَفُ هُوَ الْأَسَاسُ الْأَقْوَى.

### إضاءة

تَكْتُبُ أَحِيانًاً درْجَةُ التَّأَيِّنِ كَنْسِبَةً مُئُوَّدَةً:  $\alpha \times 100\%$

الْأَسَهُ الْهَدْرُوجِينِيُّ الْH<sub>pH</sub> :

نشاط (7):

لديكَ مَحْلُولًا نَّحْمَضٌ قَوِيٌّ وَحِيدِ الْوَظِيفَةِ الْحَمْضِيَّةِ، تَرْكِيزُ الْمَحْلُولِ الْأَوَّلِ  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  ، وَتَرْكِيزُ الْمَحْلُولِ الْثَّانِي  $2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . احْسَبْ قِيمَةَ pH كُلَّ مِنَ الْمَحْلُولَيْنِ السَّابِقَيْنِ.  $\log 2 = 0.3$

الحل:

حساب pH المحلول الأول:  $[H_3O^+] = 10^{-pH}$   
 $10^{-2} = 10^{-pH}$   
 $pH = 2$

$$\text{حساب pH المحلول الثاني: } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \\ 2 \times 10^{-2} = 10^{-\text{pH}}$$

لا يمكن حساب pH بدقة من العلاقة السابقة. لذلك نأخذ اللوغاريتم العشري للطرفين:

$$\log[\text{H}_3\text{O}^+] = \log 10^{-\text{pH}}$$

$$\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\text{pH}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log 2 \times 10^{-2} = -\log 2 - \log 10^{-2}$$

$$\text{pH} = 2 - \log 2 = 2 - 0.3 = 1.7$$



**خواص اللوغاريتم العشري**

$$\log \frac{x}{y} = \log x - \log y$$

$$\log x^n = n \log x$$

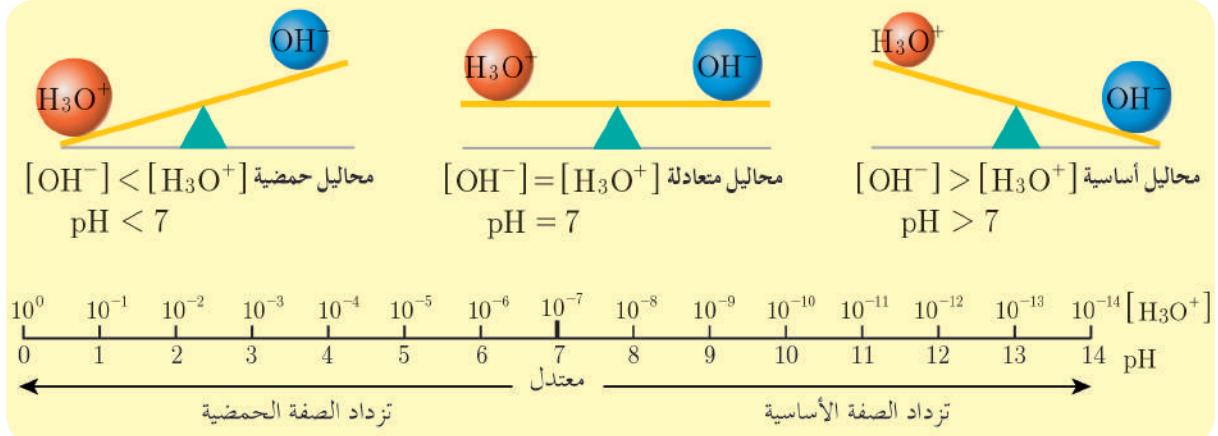
$$\log 10 = 1$$

أستنتج:

- **pH = -log[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]**

- **pOH = -log[OH<sup>-</sup>]**

- **pH + pOH = 14**



نشاط (8):

يبلغ تركيز أيونات الهيدرونيوم في محلول مائي  $0.01\text{mol.L}^{-1}$  المطلوب :

1. احسب تركيز أيونات الهيدروكسيد.

2. احسب قيمة كل من pH و pOH الوسط لهذا محلول.

إثراء: 

إن قيمة pH للترابة لها دور مهم في مدى استفادة النباتات من العناصر الموجودة في التربة، في الأوساط الحمضية يتحول لون أوراق أشجار الكرمة إلى الأصفر نتيجة نقص امتصاص عنصر الحديد بينما في التربة الأساسية تنقص نسبة الفوسفور وتزداد نسبة الحديد وتتلون أوراقها بالأحمر. لذلك يجب تحديد قيمة pH للترابة قبل إضافة السماد إليها.

### ناتب تأين المجموع ضعيفةً أحدى الوظيفة:

نشاط (٩):

لديك محلولٌ مائيٌّ لحمضٍ ضعيفٍ  $\text{HA}$ . المطلوب:

١. أكتب معادلة تأينه.

٢. أكتب عبارة ثابت تأين الحمض الضعيف  $K_a$  بدلالة التراكيز.

٣. أثبت أن:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{C_a K_a}$ .

الحل:

١. معادلة التأين:  $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$

$$2. K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

٣. من معادلة تأين الحمض نجد:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-]$

وبإهمال القيمة الضعيفة المتأينة من الحمض يمكن أن نعتبر:  $[\text{HA}] = C_a$

تعوض في علاقـة:  $K_a$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{C_a} \implies [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$$

إثراء: 

يترجع عن احتراق التبغ والخشب والبلاستيك التي تحوي التتروجين غازات ضارة منها غاز  $\text{HCN}$  السام. وتطلقه بعض الحشرات للدفاع عن نفسها.

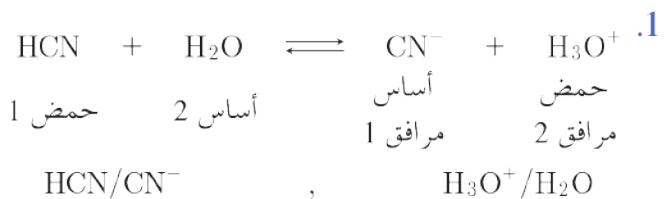
كما تحوي بنور بعض الفواكه على مركبات السيانيد، والتي تحول إلى مركبات غير ضارة داخل الثمرة لذا يمكن تناولها بأمانٍ.

## تطبيق (6):

محلول حمض سيانيد الهيدروجين تركيزه الابتدائي  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  ، وثابت تأين حمض سيانيد الهيدروجين  $5 \times 10^{-10}$ . المطلوب:

1. أكتب معادلة تأين الحمض السابق، وأحدد الأزواج المترافقه أساس/حمض وفق برونشتند - لوري.
2. أحسب  $[\text{OH}^-], [\text{H}_3\text{O}^+]$ .
3. أحسب قيمة pH للمحلول.
4. أحسب درجة تأين الحمض.

الحل:



2. طريقة أولى: بإهمال القيمة الصغيرة المتأينة من الحمض.

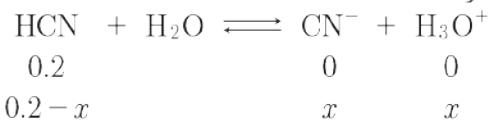
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a} = \sqrt{5 \times 10^{-10} \times 0.2} = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

طريقة ثانية:



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]}$$

$$5 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2 - x}$$

تهمل  $x$  في المقام لصغرها أمام 0.2

$$x^2 = 5 \times 10^{-10} \times 0.2 = 10^{-10}$$

$$x = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} = [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{CN}^-]$$

3. حساب pH للمحلول:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 10^{-5} = 5$$

$$\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_a} = \frac{10^{-5}}{0.2} = 5 \times 10^{-5} \quad .4$$

جدول يبيّن قيم ثابت تأين بعض الحموض الضعيفة: عند الدرجة 25°C

الحمض الضعيف	الصيغة الكيميائية	$K_a$
حمض الخل	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$1.8 \times 10^{-5}$
حمض البنزوئيك	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$6.4 \times 10^{-5}$
حمض النمل	$\text{HCOOH}$	$1.8 \times 10^{-4}$
حمض سيانيد الهيدروجين	$\text{HCN}$	$6.2 \times 10^{-10}$
حمض فلوريد الهيدروجين	$\text{HF}$	$7.2 \times 10^{-4}$
حمض الأزوتني	$\text{HNO}_2$	$4.0 \times 10^{-4}$
حمض البروبانويك	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	$1.3 \times 10^{-5}$

### ثابت تأين الأساس الضعيف: نشاط (10):

لديك محلول أساس ضعيف B تأينه جزئي في الماء. المطلوب:

1. أكتب معادلة تأينه.

2. أكتب عبارة ثابت تأين الأساس الضعيف  $K_b$  بدلالة التراكيز.

3. أثبت أن:  $[\text{OH}^-] = \sqrt{C_b K_b}$ .

الحل:

1. معادلة التأين:  $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BH}^+ + \text{OH}^-$

2. علاقة ثابت تأين الأساس:

$$K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

3. من معادلة تأين الأساس نجد:

$$[\text{BH}^+] = [\text{OH}^-]$$

وبإهمال القيمة الضعيفة المتأينة من الأساس يمكن أن نعتبر:  $[\text{B}] = C_b$

تتواءم في علاقـة:  $K_b$

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_b} \implies [\text{OH}^-] = \sqrt{C_b K_b}$$

## جدول يبيّن قيم ثابت تأين بعض الأسس الضعيفة: عند الدرجة 25°C

الأساس الضعيف	الصيغة الكيميائية	$K_b$
Methylamine متيل أمين	$\text{CH}_3\text{NH}_2$	$4.4 \times 10^{-4}$
Ammonia (نشار) أمونيا	$\text{NH}_3$	$1.8 \times 10^{-5}$
Hydroxylamine هدروكسيل أمين	$\text{NH}_2\text{OH}$	$9.1 \times 10^{-9}$
Phosphine فوسفين	$\text{PH}_3$	$1.0 \times 10^{-14}$



تزداد قوّة الحمض الضعيف أو الأساس الضعيف بزيادة قيمة ثابت تأينه.

### تطبيق (7):

a. محلول لحمض الخل تركيزه  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$  ، وثابت تأين حمض الخل  $1.8 \times 10^{-5}$  أكتب معادلة تأينه، وأحسب قيمة  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$

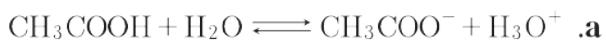
b. إذا احتوى محلول الابتدائي حمض كلور الماء بتركيز  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  بالإضافة إلى محلول سابق.

1. أحسب  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  في محلول في هذه الحالة.

2. أقارن بين قيمتي تركيز  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  في الحالتين (a,b).

3. أفسّر ذلك، ماذا أستنتج؟

الحل:

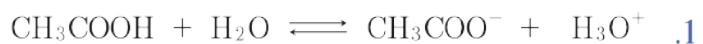


حساب قيمة  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{C_a K_a} = \sqrt{0.02 \times 1.8 \times 10^{-5}} = 6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCl}] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} .\text{b}$$



التراسكيرن الابتدائية	0.02	0	0.01
تركيز التوازن	$0.02 - x$	$x$	$0.01 + x$
$K_a$	$\frac{x(0.01+x)}{0.02-x}$		

تهمل  $x$  المضافة في البسط والمطروحة في المقام لصغرها.

$$K_a = \frac{0.01x}{0.02} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{0.01x}{0.02}$$

$$x = 3.6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

2. بالمقارنة أجد:  $[CH_3COO^-]$  في الحالة a أكبر من  $[CH_3COO^-]$  في الحالة b
3. يضاف  $[H_3O^+]$  المشترك الناتج من تأين الحمض القوي (HCl) إلى تركيزه في محلول حمض الخل الضعيف، فيرجح التفاعل العكسي، وينقص  $[CH_3COO^-]$  وفق قاعدة لوشاولي.

### نتيجة:

الأيون المشترك لمركبين أو أكثر في محلول يضعف تأين المركب الضعيف التأين.

## تعلمت

نظرية لويس	نظرية برونشتاد - لوري	نظرية أرينبيوس	المركب
كل مادة كيميائية قادرة على استقبال زوج إلكتروني أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.	كل مادة كيميائية قادرة على منح بروتون أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.	كل مادة كيميائية تحرر أيون الهيدروجين $H^+$ عند انحلالها في الماء.	الحمض
كل مادة كيميائية قادرة على منح زوج إلكتروني أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.	كل مادة كيميائية قادرة على استقبال بروتون أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.	كل مادة كيميائية تحرر أيون الهيدروكسيد $OH^-$ عند انحلالها في الماء.	الأساس

- المركب المُذبذب: يسلك سلوك حمض أحياناً وسلوك أساس أحياناً أخرى، وفقاً للمادة التي يتفاعل معها.
- تأين الحموض القوية والأسس القوية كلية في الماء.
- تأين الحموض الضعيفة والأسس الضعيفة جزئياً في الماء.

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a}$$

$$\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b}$$

## أختبر نفسك



أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. محلول مائي لحمض النمل  $\text{HCOOH}$  تركيزه الابتدائي  $0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  وثابت تأينه  $10^{-4} \times 2$ ، فتكون قيمة  $\text{pH}$  للمحلول متساوية:

2. a.  $10^{-12}$ .d      b.  $10^{-2}$ .c      c.  $12$ .b      d.  $2$ .a

2. محلول مائي لهيدروكسيد البوتاسيوم  $\text{KOH}$  تركيزه  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$  نمدده بالماء المقطر 100 مرّة، فتصبح قيمة  $\text{pH}$  للمحلول متساوية:

3. a.  $10$ .a      b.  $11$ .b      c.  $12$ .c      d.  $13$ .d

3. المركب المذبذب من المركبات الآتية هو:

4. a.  $\text{NH}_3$  .a      b.  $\text{H}_2\text{O}$  .b      c.  $\text{BF}_3$  .c      d.  $\text{HCN}$  .d

4. محلول المائي الذي له أصغر قيمة  $\text{pH}$  من المحاليل المتساوية التركيز هو محلول:

5. a.  $\text{NaOH}$  .a      b.  $\text{NH}_4\text{OH}$  .b      c.  $\text{HNO}_3$  .c      d.  $\text{HCN}$  .d

5. إحدى الأزواج الآتية لا يشكل زوج (أساس/حمض) حسب برونشتاد-لوري:

6. a.  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  .a      b.  $\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$  .b      c.  $\text{HNO}_3/\text{HNO}_2$  .c      d.  $\text{HCN}/\text{CN}^-$  .d

ثانياً: يبيّن الجدول الآتي قيم ثابت التأين لبعض محاليل الحموض الضعيفة المتساوية التركيز عند الدرجة

$25^\circ\text{C}$

ثابت التأين $K_a$	الصيغة	الحمض
$5 \times 10^{-10}$	$\text{HCN}$	سيانيد الهيدروجين
$4.3 \times 10^{-7}$	$\text{H}_2\text{CO}_3$	حمض الكربون
$1.8 \times 10^{-4}$	$\text{HCOOH}$	حمض النمل
$7.2 \times 10^{-4}$	$\text{HF}$	حمض فلوريد الهيدروجين

اعتماداً على الجدول السابق أجب عن الأسئلة الآتية:

1. حدد الحمض الأقوى، وما هو أساسه المرافق؟

2. حدد الحمض الأكبر قيمة  $\text{pH}$ ، والحمض الأصغر قيمة  $\text{pH}$ .

3. في أي محلول يكون  $[\text{OH}^-]$  أكبر؟

4. حدد الأساس المرافق الأقوى للمحاليل السابقة.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

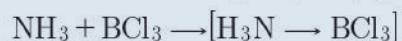
1. ربّ المحاليل الآتية المتساوية التركيز تصاعدياً حسب تزايد قيمة  $\text{pH}$ .

$\text{HCN}$  ،  $\text{KOH}$  ،  $\text{NH}_4\text{OH}$  ،  $\text{HNO}_3$

2. إذا علمت أن أيون السيانيد  $\text{CN}^-$  أساس أقوى من أيون الخلات  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ، ما هو الحمض المرافق لكلٍّ منهما وأي الحمضين أقوى؟ فسر ذلك.

3. يتأين هيدروكسيد المغزنيوم وفق المعادلة الآتية:  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$  المطلوب: اشرح كيف تؤثر إضافة كمية من محلول حمض قوي على تأين المحلول.

4. حدد كلاً من حمض لويس، وأساس لويس في كل من المعادلين الآتيين:



رابعاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

يذاب 8g من هيدروكسيد الصوديوم بالماء المقطر، ويُكمل الحجم إلى 2L والمطلوب حساب:

1. قيمة  $[\text{OH}^-]$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ .

2. قيمة pH, pOH للمحلول.

3. حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 50 mL من محلول السابق ليصبح قيمة  $\text{pH} = 11$

Na:23, O:16, H:1

المسألة الثانية:

محلول مائي لحمض سيانيد الهيدروجين له  $\text{pH} = 5$  ودرجة تأين حمض السيانيد  $10^{-3} \times 5$ ، والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين الحمض السابق.

2. احسب قيمة كلٌ من التركيز الابتدائي للحمض السابق، وثابت تأينه.

3. بين بالحساب كيف يتغير  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  عندما تصبح  $\text{pH} = 6$ .

المسألة الثالثة:

محلول مائي لحمض النّمل له  $\text{pH} = 2$  وثابت تأين حمض النّمل  $10^{-4} \times 2$  والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين هذا الحمض ثم حدد الأزواج المترافقية أساس/حمض حسب برونشتاد - لوري.

2. احسب قيمة  $\text{pOH}$  للمحلول، ثم احسب تركيز حمض النّمل الابتدائي.

3. احسب حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 10 mL منه ليصبح قيمة  $\text{pH} = 3$ .

المسألة الرابعة:

محلول مائي لحمض الكبريت بفرض أنه تام التأين له قيمة  $\text{pH} = 1$ ، والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين هذا الحمض.

2. احسب تركيز هذا الحمض بـ  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

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.

H:1,O:16,S:32

المسألة الخامسة:

محلول مائي للنشادر له  $\text{pOH} = 3$ ، ودرجة تأين النشادر 2% والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأين النشادر ثم حدد الأزواج المترافقية أساس/حمض حسب برونشتاد - لوري.

2. احسب  $[\text{OH}^-]$  للمحلول.

3. احسب التركيز الابتدائي للمحلول.

٤. احسب ثابت تأين النشادر.

٥. يُمدد المحلول السابق ١٠ مرات، احسب  $p\text{OH}$  المحلول الناتج عن التمديد.

### تفكيير ناقد



نضيف ٢٠٠ mL من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  إلى ٢٠٠ mL من محلول حمض الكبريت تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ ، احسب قيمة  $\text{pH}$  المحلول الناتج.

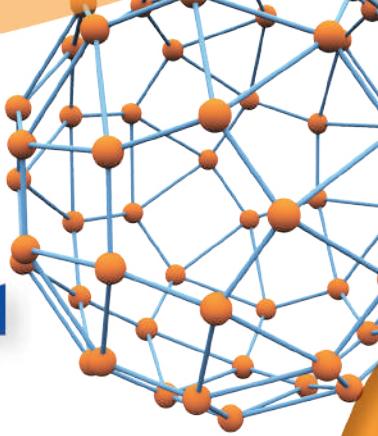
### ابحث أكثر



يُستخدم حمض الفوسفور في عدّة مجالات منها الصناعات الغذائية، ابحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشبكة.

# 4-2

## المحاليل المائية للأملاح



الأملاح المعدنية ذات أهمية كبيرة في نمو العديد من الخلايا في جسم الإنسان، وتدخل في بناء العظام، وتساعد في انقباض وانبساط العضلات، ومن أهمها أملاح الكالسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، والمعنزيوم، والحديد..

### الأهداف:

- \* يصنف الأملاح بحسب قابليتها للذوبان.
- \* يصنف المحاليل المائية للأملاح تبعاً لكمية الملح المذابة.
- \* يعرّف الذوبانية المولية لملح.
- \* يعرّف الذوبانية الكتيلية لملح.
- \* يستنتج علاقة جداء الذوبان لملح قليل الذوبان.
- \* يتعرّف بعض تطبيقات جداء الذوبان.
- \* يتعرّف تأثير الأيون المشترك على جداء الذوبان.
- \* يتعرّف حلمة ملح.
- \* يميّز بين الأيون الحيادي والأيون غير الحيادي.
- \* يكتب معادلة الحلمة لبعض الأملاح.

### الكلمات المفتاحية:

- \* حلمة.
- \* إماهة.
- \* ذوبانية ملح.
- \* جداء الذوبان.
- \* محلول المنظم للحموضة.

## قطبية الأملاح:

### نشاط (1):

أكمل الجدول الآتي:

الجزء الحمضي	الجزء الأساسي	صيغة الملح	اسم الملح
$\text{NO}_3^-$	-----	$\text{NaNO}_3$	نترات الصوديوم
-----	$\text{NH}_4^+$	-----	كبريتات الأمونيوم
-----	-----	-----	كلوريد الألミニوم

### نتيجة:

- الملح يتمتع بخاصية قطبية، لأنّه مركب أيوني، يتّألف من جزأين:
- جزء أساسى موجب، أيون معدنى، أو أكثر، أو جذر أمونيوم، أو أكثر.
- جزء حمضي سالب، أيون لا معدنى، أو أكثر، أو جذر حمضي، أو أكثر.

## تصنيف الأملاح وفق ذوباناتها

### تجربة

المواد والأدوات الازمة: بيشر عدد 3 – أداة تحرير – ملح الطعام  $\text{NaCl}$  – ماء مقطر.

خطوات التجربة:

- أضع في كلّ بيشر  $100\text{ mL}$  من الماء المقطر.
- أضيف للبيشر الأول  $10\text{ g}$  من كلوريد الصوديوم مع التحريك، ماذا لاحظ؟
- أضيف للبيشر الثاني  $36\text{ g}$  من كلوريد الصوديوم مع التحريك، ماذا لاحظ؟
- أضيف للبيشر الثالث  $37\text{ g}$  من كلوريد الصوديوم مع التحريك، ماذا لاحظ؟

### اللاحظ:

- ذوبان كامل كمية ملح كلوريد الصوديوم في البيشر الأول، ويُعد محلوله غير مشبع لأنّه يمكن أن تذوب كمية إضافية من الملح.
- ذوبان أكبر كمية ممكّنة من ملح كلوريد الصوديوم في البيشر الثاني ويُعد محلوله مشبعاً، لأنّه لا يمكن أن تذوب فيه كمية إضافية من الملح.
- ترسب كمية من ملح كلوريد الصوديوم في البيشر الثالث، ويُعد محلوله فرق مشبع.

## نتيجة:

- ذوبانية الملح: هي تركيز الملح في محلوله المشبعة عند درجة حرارة محددة، وهي ثابت فزيائي خاص بكل ملح، ويُرمز لها بـ  $(s)$  ولها نوعان: ذوبانية كتيلية للملح تقدر بـ  $(g.L^{-1})$  وذوبانية مولية للملح تقدر بـ  $(mol.L^{-1})$ .
- تصنف محليل الأملاح إلى (غير مشبعة - مشبعة - فوق مشبعة).

## إضافة

- الأملاح الذوابة: قيمة ذوبانيتها أكبر من  $0.1 mol.L^{-1}$  عند الدرجة  $25^{\circ}C$  مثل أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والترات والخلات.
- الأملاح قليلة الذوبان: قيمة ذوبانيتها أقل من  $0.001 mol.L^{-1}$  عند الدرجة  $25^{\circ}C$  مثل ملح كربونات الكالسيوم، كبريتات الباريوم، كبريتات الفضة، كلوريد الفضة، كلوريد الرصاص، فوسفات ثلاثي الكالسيوم.

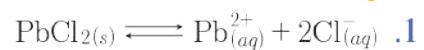
## التوارن خيند المتجانس للأملاح قليلة الذوبان :

### نشاط (2)

عند وضع كمية من ملح كلوريد الرصاص (ملح قليل الذوبان) في الماء يحصل توازن غير متجانس بين الطور الصلب والطور المذاب (أيونات الكلوريد وأيونات الرصاص) المطلوب:

- أكتب معادلة التوازن غير المتجانس للملح.
- أكتب عبارة الجداء الأيوني  $Q$ .
- أكتب عبارة ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$  إذا كان محلوله مشبعاً.

### الحل:



$$Q = [Pb^{2+}][Cl^{-}]^2 \quad .2$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^{-}]^2 \quad .3$$

## نتيجة:



- الجداه الأيوني  $Q$ : يمثل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان، مرفوعة كل منها إلى أسن يساوي أمثالها التفاعلية.
- ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$  يمثل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان، مرفوعة كل منها إلى أسن يساوي أمثالها التفاعلية في محلول المشبع.
- ونمیر ثلاط حالات:  
 $K_{sp} > Q$  محلول غير مشبع.  
 $K_{sp} = Q$  محلول مشبع.  
 $K_{sp} < Q$  محلول فوق مشبع (يتشكل راسب من الملح)

## تطبيق(6):

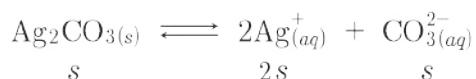
محلول مائي مشبع لملح كربونات الفضة ذوبانیته المولیة  $s$ . المطلوب:

- أكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
- أكتب العلاقة المعبرة عن ثابت جداء الذوبان، ثم أستنتج قيمة جداء ذوبان بدلالة  $s$

**الحل:**



$$K_{sp} = [Ag^+]^2 [CO_3^{2-}] .2$$



$$K_{sp(Ag_2CO_3)} = (2s)^2 (s) = 4s^3$$

## نشاط(4):

اكتب العلاقة المعبرة عن  $K_{sp}$  لكل من الأملاح قليلة الذوبان الآتية:



## تطبيق(2):

تستخدم كبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$  (الجس) في العديد من الصناعات مثل: الدهانات، السيراميك، الورق، الإسمنت، وفي جبائر تثبيت العظام المكسورة. المطلوب:

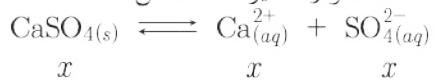
أحسب ثابت جداء الذوبان للمحلول المائي لكبريتات الكالسيوم، إذا علمت أن ذوبانیته الكتلية  $0.68 \text{ g.L}^{-1}$ .

### الحل:

حساب الذوبان المولية  $s$

$$s = C_{(\text{mol.L}^{-1})} = \frac{C_{(\text{g.L}^{-1})}}{M_{(\text{CaSO}_4)}} = \frac{0.68}{136} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

معادلة التوازن غير المتاجنس:



$x \quad x \quad x$

حيث  $s = x$  في المحلول المشبع

$$K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) = [\text{Ca}_{(aq)}^{2+}][\text{SO}_{4(aq)}^{2-}]$$

$$K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) = (x)(x) = x^2$$

$$K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) = (5 \times 10^{-3})^2$$

$$K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) = 25 \times 10^{-6}$$

### إضافة

يبيّن الجدول الآتي قيم  $K_{\text{sp}}$  لبعض الأملاح قليلة الذوبان في الماء، عند الدرجة  $25^\circ \text{C}$ :

الملح	$K_{\text{sp}}$	الملح	$K_{\text{sp}}$
$\text{PbCl}_2$	$1.6 \times 10^{-6}$	$\text{Ag}_2\text{SO}_4$	$1.4 \times 10^{-5}$
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$1.2 \times 10^{-26}$	$\text{AgCl}$	$1.8 \times 10^{-10}$
$\text{CaCO}_3$	$5.0 \times 10^{-9}$	$\text{Ag}_2\text{CO}_3$	$8.1 \times 10^{-12}$
$\text{BaSO}_4$	$1.1 \times 10^{-10}$	$\text{AgI}$	$8.3 \times 10^{-17}$
$\text{PbCrO}_4$	$2.0 \times 10^{-14}$	$\text{Ag}_2\text{S}$	$6.0 \times 10^{-51}$

### تطبيقات جداء الذوبان:

#### ا. ترسيب ملح في محلوله المشبع:

تجربة

المواد والأدوات اللازمة: ملح كبريتات الباريوم، حمض الكبريت، ماء مقطّر، بيشر عدد 2/2، ساق زجاجية، قمع، أوراق ترشيح.

خطوات التجربة:



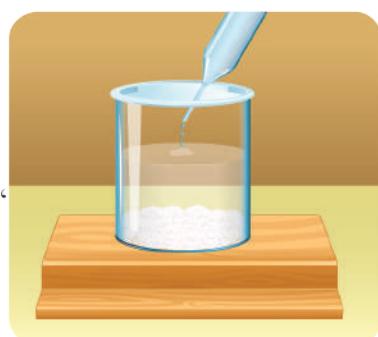
- أضع كمية من الماء المقطّر في بيشر.

- أضيف كمية قليلة من ملح كبريتات الباريوم إلى الماء في البישر السابق مع التحريك حتى تشكّل راسباً.

- أرشح المحلول السابق، وأضيف إلى الرُّشاحة قطرات من حمض الكبريت، ماذا لاحظ؟ أفسر ذلك.
- تشَكُّل راسب ملحٍي عند إضافة حمض الكبريت إلى الرُّشاحة.
- معادلة التوازن غير المتتجانس لهذا الملح:  $\text{BaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  عند إضافة حمض الكبريت يزداد تركيز أيونات الكبريتات في المحلول، فيصبح  $K_{\text{sp}} > Q$  أي المحلول فوق مشبع، فترسب كمية من ملح باريوم حتى الوصول لحالة توازن جديدة (وهذا يتَّفق مع قاعدة لوشاوليَّة).



عندما يُضاف إلى المحلول المشبع لملح قليل الذوبان مادة تحتوي على أحد أيونات هذا الملح، فإنَّ تركيز هذا الأيون سيزداد في المحلول، فيصبح  $K_{\text{sp}} > Q$  أي المحلول فوق مشبع، فترسب كمية من الملح قليل الذوبان حتى الوصول لحالة توازن جديدة (وهذا يتَّفق مع قاعدة لوشاوليَّة).



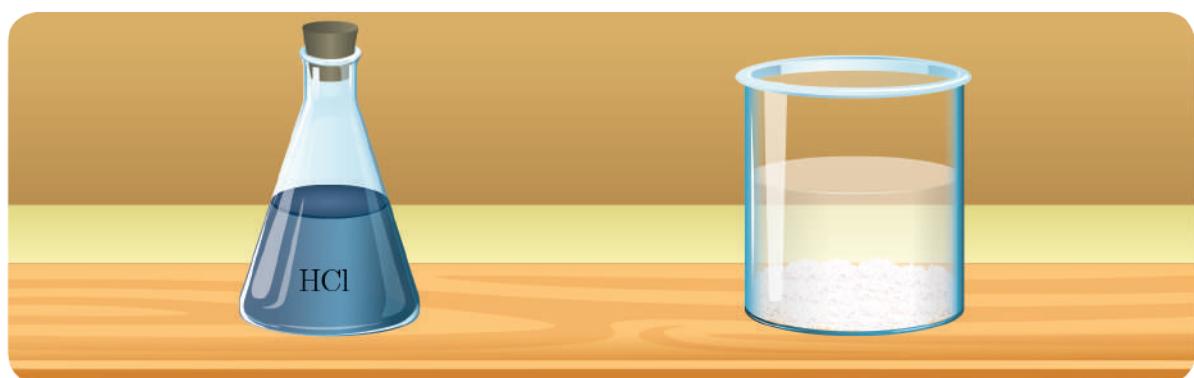
## ٢. إذابة ملح قليل الذوبان:

تجربة

**المواد والأدوات الالزمة:** ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . حمض كلور الماء، ماء مقطر، بيشر عدد (٢) ساق زجاجية.

خطوات التجربة:

- أضع كمية من الماء المقطر في بيشر.
- أضيف كمية قليلة من ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم إلى الماء في البيشر السابق مع التحريك حتى تشَكُّل راسب.
- أضيف كمية من محلول حمض كلور الماء إلى محلول الملح السابق مع التحريك. ماذا لاحظ؟ أفسر ذلك.



الاحظ:

- زيادة ذوبان ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم عند إضافة حمض كلور الماء.

أفسر:

- معادلة التوازن غير المتتجانس لملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3\text{Ca}_{(aq)}^{2+} + 2\text{PO}_{4(aq)}^{3-}$  عند إضافة حمض كلور الماء تتحدد أيونات الهيدرونيوم الناتجة عن تأثيره مع أيونات الفوسفات، وينتج حمض الفوسفور  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ضعيف التأين، فيتناقص تركيز أيونات الفوسفات، ويصبح  $K_{sp} < Q$  أي المحلول غير مشبع، فتذوب كمية إضافية من ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم حتى الوصول لحالة توازن جديدة (وهذا يتفق مع قاعدة لوشاوليه)

### نتيجة:

عندما يضاف إلى محلول ملح قليل الذوبان مادة تتفاعل مع أحد أيونات هذا الملح، وينتج مركب ضعيف التأين، فإن تركيز هذا الأيون سيتناقص في المحلول، ويصبح  $K_{sp} < Q$  أي المحلول غير مشبع، فتذوب كمية إضافية من هذا الملح حتى الوصول لحالة توازن جديدة (وهذا يتفق مع قاعدة لوشاوليه)

### نشاط (4):

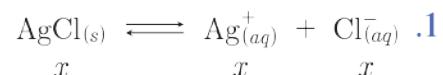
لديك محلول فوق مشبع لملح فوسفات الفضة. اقترح طريقة لإذابة كمية إضافية من هذا الملح.

### تطبيق (3):

محلول مائي مشبع لملح كلوريد الفضة قليل الذوبان، إذا علمت أن له  $K_{sp(\text{AgCl})} = 6.25 \times 10^{-10}$  في شروط التجربة. المطلوب:

- أكتب معادلة التوازن غير المتتجانس لهذا الملح.
- أحسب تركيز أيونات الكلوريد في محلوله المشبع.
- أحسب ذوبانية هذا الملح مقدّرة بـ  $\text{g.L}^{-1}$ .
- يضاف إلى محلول الملح السّابق مسحوق ملح نترات الفضة بحيث يصبح تركيزه  $1.5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ ، أكتب معادلة إماهة ملح نترات الفضة، ثم أبين بالحساب إن كان يتربّض ملح كلوريد الفضة أو لا.
- اقترح طريقة ثانية لترسيب هذا الملح في محلوله المشبع.

الحل:



$$K_{sp(\text{AgCl})} = [\text{Ag}_{(aq)}^+] [\text{Cl}_{(aq)}^-] \quad .2$$

$$6.25 \times 10^{-10} = x^2$$

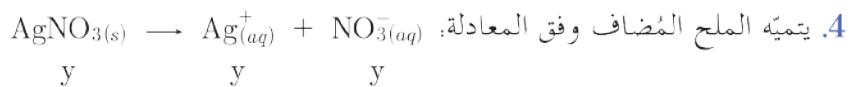
$$x = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$s = x = [\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$s(\text{g.L}^{-1}) = s(\text{mol.L}^{-1})M_{(\text{AgCl})}$$

$$M_{(\text{AgCl})} = 108 + 35.5 = 143.5 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$s(\text{g.L}^{-1}) = 2.5 \times 10^{-5} \times 143.5 = 35875 \times 10^{-7} \text{ g.L}^{-1}$$



تركيز الأيونات المضافة  $= [\text{AgNO}_3] = [\text{Ag}_{(aq)}^+] = [\text{NO}_{3(aq)}^-] = 1.5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

تركيز أيونات الفضة الجديد في محلول:  $[\text{Ag}_{(aq)}^+]' = 1.5 \times 10^{-5} + 2.5 \times 10^{-5} = 4 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

$$Q_{(\text{AgCl})} = [\text{Ag}_{(aq)}^+]' [\text{Cl}_{(aq)}^-]$$

$$Q_{(\text{AgCl})} = [4 \times 10^{-5}]' [2.5 \times 10^{-5}] = 10 \times 10^{-10}$$

$$Q_{(\text{AgCl})} > K_{\text{sp}}$$

يتربّس قسم من ملح كلوريد الفضة.

5. إضافة مادة تأينها تام أو ذوابة تحتوي على أحد أيونات هذا الملح، مثل: KCl

تطبيق (4):

يُضاف 100 mL من محلول نترات الرصاص  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ذي التركيز  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  إلى 400 mL من محلول NaCl ذي التركيز  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ ، فإذا كان  $K_{\text{sp}(\text{PbCl}_2)} = 1.6 \times 10^{-6}$  في شروط التجربة. المطلوب أبّين حسائياً إن كان جزء من ملح كلوريد الرصاص  $\text{PbCl}_2$  يتربّس أو لا؟

الحل:

أكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح:

$$C' = \frac{n}{V'} = \frac{CV}{V_t}$$

$$[\text{Pb}^{2+}]' = [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = \frac{0.05 \times 100}{500} = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}^-]' = [\text{NaCl}] = \frac{0.1 \times 400}{500} = 0.08 \text{ mol.L}^{-1}$$

أحسب قيمة الحداء الأيوني للملح:

$$Q_{(\text{PbCl}_2)} = [\text{Pb}_{(aq)}^{2+}]' [\text{Cl}_{(aq)}^-]^2$$

$$Q_{(\text{PbCl}_2)} = (0.01) \times (0.08)^2 = 6.4 \times 10^{-5}$$

أقارن النتائج: بما أنّ  $Q_{(\text{PbCl}_2)} > K_{\text{sp}(\text{PbCl}_2)}$  ، المحلول فوق مشبع يتشكّل راسب من  $(\text{PbCl}_2)$

## حلمة الملح :

تجربة

**المواد والأدوات الالزام:** عينات من أملاح:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , بيشر عدد 3، ماء مقطر، ورقة مشعر عام أو مقياس pH.

خطوات التجربة:

- أضع في كلّ بيشر كمية مناسبة من الماء المقطر.
- أضيف كمية قليلة من:  $\text{NaCl}$  للبيشر الأول،  $\text{NH}_4\text{Cl}$  إلى البيشر الثاني،  $\text{CH}_3\text{COONa}$  إلى البيشر الثالث مع التحريك.
- أحدّ طبيعة كلّ محلول ملحي باستخدام ورقة مشعر عام أو مقياس pH، وأكمل الجدول الآتي:

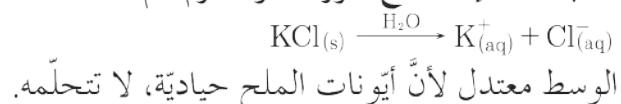
$\text{NaCl}$	$\text{CH}_3\text{COONa}$	$\text{NH}_4\text{Cl}$	صيغة الملح
-----	-----	-----	طبيعة الوسط
-----	-----	حمض قوي وأساس ضعيف	الملح مشتق من

نتيجة:

- المحاليل المائية للأملاح الذّابة، حمضية أو أساسية أو معتدلة، ويعود هذا الاختلاف إلى قوّة الحموض والأسas التي اشتقت منها تلك الأملاح.
- حلمة الأملاح: هو تفاعل أيون الملح الناتج من الحمض الضّعيف، أو الأساس الضّعيف، أو كليهما مع الماء، وهو تفاعل عكوس ينتج عنه الحمض أو الأساس الضّعيف، وغالباً يرافقه تغيير في قيمة pH محلول.
- أيونات الملح الناتجة من حمض قوي أو أساس قوي حياديّة، لا تتفاعل مع الماء، أي لا تتحلّمه.

تطبيق (5):

أكتب معادلة إماهة محلّع كلوريد البوتاسيوم، ثم أحدّ طبيعة الوسط، مفسّراً الإجابة.



حلمة محلّع ناتج عن حمض قوي وأساس ضعيف:

نشاط (5):

محلول مائي لملح نترات الأمونيوم، المطلوب:

- أكتب معادلة إماهة الملح.
- أكتب معادلة حلمة هذا الملح، ثم أحدّ طبيعة الوسط الناتج.

3. أكتب عبارة ثابت حلمة هذا الملح  $K_h$ .

4. أستنتج العلاقة بين ثابت حلمة هذا الملح  $K_h$  وثابت تأين المحلول المائي للنشادر  $K_b$ .

الحل:

1. يتميّه ملح نترات الأمونيوم وفق المعادلة الآتية:

أيون النترات حياديًّا لا يتفاعل مع الماء، أمّا أيون الأمونيوم  $\text{NH}_4^+$  بتحلّمه وفق المعادلة الآتية:



إنّ الحلمة تحدث للأيون الضعيف من الملح (الجزء الأساسي  $\text{NH}_4^+$ )، ويُنتج أيون  $\text{H}_3\text{O}^+$ ، مما يدلّ على أنَّ المحلول أصبح حمضيًّا وقيمة  $pH < 7$ . و ثابت التوازن لهذا التفاعل، يُسمّى ثابت الحلمة، ويعطى بالعلاقة:

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]}$$

4. النشادر يتأين بالماء وفق المعادلة:

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$K_h K_b = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \times \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = K_w$$

نتيجة:

عند حلمة الأملاح الناتجة عن حمض قويٍّ وأساس ضعيف:

• يتحلّمُ الأيون الناتج عن الأساس الضعيف، وتكون قيمة  $pH < 7$ .

$$K_h K_b = K_w$$

تطبيق(6):

محلول مائي لملح كلوريدي الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{Cl}$  تركيزه  $0.18 \text{ mol.L}^{-1}$  ، إذا علمت أنَّ ثابت تأين محلول النشادر عند الدّرجة  $25^\circ\text{C}$  يساوي  $1.8 \times 10^{-5}$ . أحسب:

1. قيمة ثابت حلمة هذا الملح.

2. قيمة كلّ من  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  و  $[\text{OH}^-]$ .

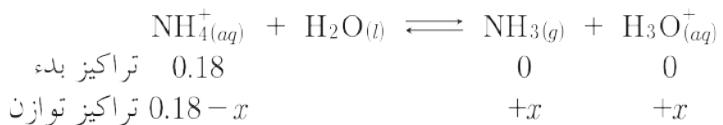
3. قيمة  $pH$  المحلول، ثمَّ أحِدَّ طبيعة المحلول الناتج.

4. النسبة المئوية المتخلّمة من هذا الملح.

الحل:

$$K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{10^{-9}}{1.8}$$

2. حساب  $[H_3O^+]$ : بما أن ملح كلوريد الأمونيوم يتحلله وفق المعادلة الآتية:



$$K_h = \frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$$

وبالتعويض:

$$x^2 = \frac{0.18 \times 10^{-9}}{1.8} = 10^{-10} \quad K_h \text{ من المقام لصغر قيمة} \\ x = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1} \\ x = [H_3O^+] = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{حساب } [OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1} : [OH^-]$$

3. حساب قيمة pH للمحلول:  $pH = -\log[H_3O^+]$   
 $pH = -\log 10^{-5} = 5$  الوسط حمضي

4. حساب النسبة المئوية المتخلله من الملح:

كل  $10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup> من ملح كلوريد الأمونيوم يتخلله منه

كل  $100 \text{ mol.L}^{-1}$  من ملح كلوريد الأمونيوم يتخلله منه

$$y = \frac{10^{-5} \times 100}{0.18} = 5.5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

وتكتب كنسبة مئوية:  $y = 5.5 \times 10^{-3} \%$

حلمهه ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساسي قويًّا:

نشاط (7):

محلول مائي لملح سيانيد الصوديوم، المطلوب:

1. أكتب معادلة إماهة الملح.

2. أكتب معادلة حلمهه هذا الملح، ثم أحدد طبيعة الوسط.

3. أكتب عبارة ثابت حلمهه هذا الملح  $K_h$ .

4. أستنتج العلاقة بين ثابت حلمهه هذا الملح  $K_h$  وثابت تأين حمض السيانيد  $K_a$ .

الحل:

1. يتميَّز ملح سيانيد الصوديوم وفق المعادلة الآتية:

2. أيون الصوديوم حياديًّا لا يتفاعل مع الماء، أمَّا أيون السيانيد  $CN^-$  فيتفاعل مع الماء (يتخلله) وفق المعادلة الآتية:



إن الحلمة تحدث للأيون الضعيف من الملح (الجزء الحمضي  $\text{CN}^-$ ، ويتتج أيون  $\text{OH}^-$ )، مما يدل على أن المحلول أصبح أساسياً وقيمة  $\text{pH} > 7$ .

3. ثابت التوازن لهذا التفاعل، يسمى ثابت الحلمة، ويعطى بالعلاقة:

4. يتأين حمض السيانيد الهدروجين بالماء وفق المعادلة:

$$K_h = \frac{[\text{HCN}][\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]}$$

$$K_a = \frac{[\text{CN}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCN}]}$$

$$K_h K_a = \frac{[\text{HCN}][\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} \times \frac{[\text{CN}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCN}]} = K_w$$

### نتيجة:

عند حلمة الأملاح الناتجة عن حمض ضعيف وأساس قويّ:

- يتحلّم الأيون الناتج عن الحمض الضعيف، وتكون قيمة  $\text{pH} > 7$ .

$$K_h K_a = K_w$$

### تطبيق (7):

محلول مائي لملح خلات الصوديوم تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ ، وقيمة ثابت تأين حمض الخل في شروط التجربة يساوي  $10^{-5} \times 2$ . المطلوب:

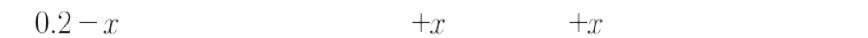
1. أحسب قيمة  $\text{pOH}$  لهذا المحلول.
2. أستنتج طبيعة المحلول الناتج.
3. يضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول  $\text{NaOH}$  بحيث تركيزه  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$  في المحلول، أحسب نسبة المعنوية المتخلّمة من ملح خلات الصوديوم في هذه الحالة.

### الحل:

1. يتميّز ملح خلات الصوديوم وفق المعادلة:

$\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{Na}^+_{(aq)}$

ويتحلّمه وفق المعادلة:



تراكيز بدء	0.2	0	0
تراكيز توازن	$0.2 - x$	$+x$	$+x$

علاقة ثابت الحلمة بدلالة التراكيز:

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

حساب ثابت الحلمة:

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$$

وبالتعويض:

$$5 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.2 - x}$$

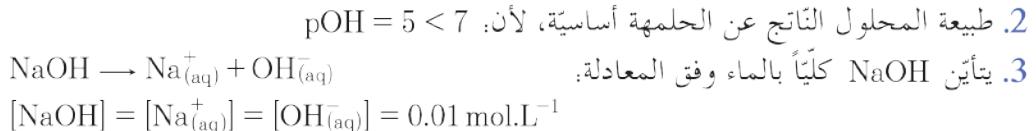
$$x^2 = 10^{-10}$$

$$x = [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

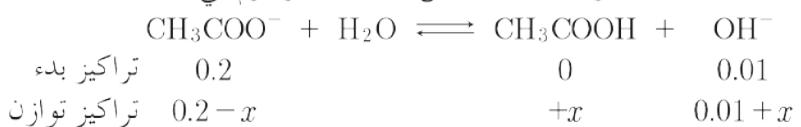
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log[10^{-5}] = 5$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5 = 9$$

تهمل  $x$  أمام 0.2 من المقام لصغر قيمة  $K_h$  :



حساب النسبة المئوية للمتحلّمة من خلّات الصوديوم في هذه الحالة:



$$\text{علاقة ثابت الحلمة بدلالة التراكيز: } K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

$$5 \times 10^{-10} = \frac{x(0.01+x)}{0.2-x}$$

تهمل  $x$  أمام 0.01 في البسط، أمام 0.2 في المقام المقام لصغر قيمة  $K_h$  :  
 حساب النسبة المئوية للمتحلّمة من خلّات الصوديوم في هذه الحالة:

$$\begin{array}{l} \text{كل } \text{L}^{-1} 0.2 \text{ mol.L}^{-1} \text{ من ملح خلّات الأمونيوم يتحلّم منه } x = 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{كل } \text{L}^{-1} 100 \text{ mol.L}^{-1} \text{ من ملح خلّات الأمونيوم يتحلّم منه } y \text{ mol.L}^{-1} \\ y = \frac{10^{-8} \times 100}{0.2} = 5 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \\ \text{وتكتب كنسبة مئوية: } y = 5 \times 10^{-6}\% \end{array}$$

**نشاط (8):**

محلول مائي لملح سيانيد الصوديوم تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  ، إذا علمت أن قيمة ثابت حلمة هذا الملح  $K_h = 2 \times 10^{-5}$ . المطلوب:

1. حساب قيمة pH لهذا محلول.
2. ما طبيعة هذا محلول؟ علل إجابتك.

**حلمة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس ضعيف:**

**نشاط (9):**

محلول مائي لملح خلّات الأمونيوم، المطلوب:

1. أكتب معادلة إماهة هذا الملح.
2. أكتب معادلة حلمة هذا الملح.
3. أكتب عبارة ثابت حلمة هذا الملح  $K_h$ .

4. أستنتج العلاقة بين ثابت حلمة هذا الملح  $K_h$  وثابت تأين حمض الخل  $K_a$  وثابت تأين هيدروكسيد الأمونيوم  $.K_b$ .

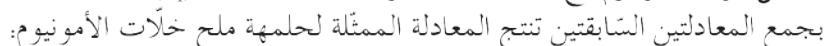
الحل:



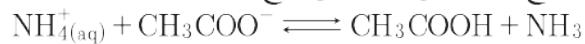
2. يتفاعل أيون الخلّات مع الماء (يتحلّمه) وفق المعادلة الآتية:



يتفاعل أيون الأمونيوم مع الماء (يتحلّمه) وفق المعادلة الآتية:



بجمع المعادلتين السابقتين تنتج المعادلة الممثّلة لحملة ملح خلّات الأمونيوم:



$$3. \text{ ثابت حلمته: } K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{NH}_4^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

4. يُضرب البسط والمقام للطرف الأيمن لعلاقة  $K_h = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$  بالجذاء الأيوني للماء  $K_w$  فنجد

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \times \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]} \times [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

$$K_h = \frac{1}{K_b} \times \frac{1}{K_a} \times K_w$$

نتيجة:



• الأملاح الناتجة عن تفاعل حمض ضعيف وأساس ضعيف:

– تحملّمه بتفاعل جزئي الملح الحمضي والأساسي مع الماء.

$$K_h = \frac{K_w}{K_b K_a} = \frac{10^{-14}}{K_b K_a}$$

• تتوقف قيمة pH المحلول على قرّة كلّ من الحمض والأساس الناتجين عن الحلمة:

– إذا كان  $K_a > K_b$  ، فإن  $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$  ، أي الوسط حمضي ( $\text{pH} < 7$  بقليل).

– إذا كان  $K_a < K_b$  ، فإن  $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$  ، أي الوسط أساسي ( $\text{pH} > 7$  بقليل).

– إذا كان  $K_a = K_b$  ، فإن  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$  ، أي الوسط معتدل ( $\text{pH} = 7$  حالة نادرة).

## المحاليل المنظمة للحموضة :

### تجربة

**المواد والأدوات الالزامـة:** يبشر عدد 4، مقاييس pH، محلول حمض الخل، ملح خلات الصوديوم، محلول هيدروكسيد الأمونيوم، ملح كلوريد الأمونيوم، محلول حمض كلور الماء، محلول هيدروكسيد الصوديوم.

### خطوات التجربة:

- أضع في كل من البيشر الأول والثاني حجمين متساوين من حمض الخل وخلات الصوديوم وأقيس قيمة pH للمحلول.
- أضيف إلى البيشر الأول كمية قليلة من حمض HCl، وأقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟
- أضيف إلى البيشر الثاني كمية قليلة من NaOH، وأقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟
- أضع في كل من البيشر الثالث والرابع حجمين متساوين من محلول هيدروكسيد الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم وأقيس قيمة pH للمحلول.
- أضيف إلى البيشر الثالث كمية قليلة من حمض HCl، وأقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟
- أضيف إلى البيشر الرابع كمية قليلة من NaOH، وأقيس قيمة pH. ماذا ألاحظ؟

### الاحظ:

- تغيراً طفيفاً في قيمة pH للمحلول في كل من الحالات السابقة.

### استنتاج:

- محلول حمض الخل وخلات الصوديوم يحدّ من تغيير قيمة pH للمحلول عندما نضيف له كمية قليلة من حمض قوي أو أساس قوي.
- محلول هيدروكسيد الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم يحدّ من تغيير قيمة pH للمحلول عندما نضيف له كمية قليلة من حمض قوي أو أساس قوي.

### نتيجة:

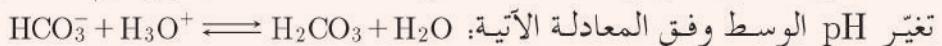
يتألف محلول المنظم للحموضة من محلول حمض ضعيف وأحد أملاحه الذّابة. أو من محلول أساس ضعيف وأحد أملاحه الذّابة.

## إثراء:

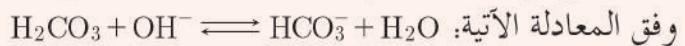
تبلغ قيمة درجة الحموضة للدم  $pH = 7.4$ ، ويحافظ الدم على هذه القيمة بسبب وجود محليل منظمة تدخل في مجرى الدم، أهمها محلول حمض الكربون وملح بيكرbonات الصوديوم  $H_2CO_3/HCO_3^-$ ، وإذا حصل أي انحراف ملموس عن قيمة  $pH$  يمكن أن يؤدي لتآثر فزيولوجية خطيرة على صحة الإنسان.

### آلية عمل محلول المنظم في الدم

عندما يزداد تركيز الهيدروجينوم تتفاعل أيونات البيكرbonات مع أيونات الهيدرونيوم ، فتتكتون كمية من حمض الكربون ضعيف التأين ، تعادل كمية الهيدرونيوم الفائض مما يقلل من



عندما يزداد تركيز الهيدروكسيد يتفاعل حمض الكربون مع أيونات الهيدروكسيد، فتتكتون كمية من أيونات البيكرbonات تعادل كمية الهيدروكسيد الفائض، مما يقلل من تغير  $pH$



## تعلمت

- الملح يتمتع بخاصية قطبية، لأنه مركب أيوني، يتتألف من جزأين:
  - جزء أساسى موجب، أيون معدنى أو أكثر، أو جذر أمونيوم أو أكثر.
  - جزء حمضي سالب، أيون لا معدنى أو أكثر، أو جذر حمضي أو أكثر.
- الجداء الأيوني  $Q$  : يمثل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان ، مرفوعة كل منها إلى أسٌ يساوي أمثلتها التفاعلية .
- ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$  يمثل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان ، مرفوعة كل منها إلى أسٌ يساوي أمثلتها التفاعلية في محلول المشبع. ونميّز ثلاث حالات:
  - $K_{sp} > Q$  محلول غير مشبع.
  - $K_{sp} = Q$  محلول مشبع.
  - $K_{sp} < Q$  محلول فوق مشبع (يتشكل راسب من الملح)
- حلمهة الأملاح: هو تفاعل أيون الملح الناتج من الحمض الضعيف أو الأساس الضعيف أو كليهما مع الماء، وهو تفاعل عكوس ينتج عنه الحمض أو الأساس الضعيف أو كلاهما، وغالباً يرافقه تغير في قيمة  $pH$  محلول.
- عند حلمهة الأملاح الناتجة عن حمض ضعيف وأساس قوي:
  - يتحلله الأيون الناتج عن الحمض الضعيف، وتكون قيمة  $pH < 7$ .

$$K_h K_a = K_w$$

- عند حلمة الأملاح الناتجة عن حمض قوي وأساس ضعيف:
  - يتحلّمه الأيون الناتج عن الأساس الضعيف، وتكون قيمة  $pH < 7$ .

$$K_h K_b = K_w$$

- الأملاح الناتجة عن تفاعل حمض ضعيف وأساس ضعيف:
    - تحلمه بتفاعل جزأٍ الملح الحمضي والأساسي مع الماء.
    - ثابت حلمة الملح يعطى بالعلاقة:
- $$K_h = \frac{K_w}{K_b K_a} = \frac{10^{-14}}{K_b K_a}$$
- تتوقف قيمة المحلول على قوّة كلٍ من الحمض والأساس الناتجين عن الحلمة:
    - إذا كان  $K_a > K_b$ ، فإن  $[H_3O^+] > [OH^-]$ ، أي الوسط حمضي ( $pH < 7$  بقليل).
    - إذا كان  $K_a < K_b$ ، فإن  $[H_3O^+] < [OH^-]$ ، أي الوسط أسيائي ( $pH > 7$  بقليل).
    - إذا كان  $K_a = K_b$ ، فإن  $[H_3O^+] = [OH^-]$ ، أي الوسط معتدل ( $pH = 7$  حالة نادرة).
  - يتَّألف المحلول المنظَّم للحموضة من محلول حمض ضعيف وأحد أملاحه الذَّوابة. أو من محلول أساس ضعيف وأحد أملاحه الذَّوابة.

## أختبر نفسك



أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكلٍ مما يأتي:

1. الملح الذي يتحلّم في الماء من الأملاح الآتية هو:

- CaSO<sub>4</sub> .d      NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> .c      NaNO<sub>3</sub> .b      KCl .a

2. محلول المائي الذي له أكبر قيمة pH من المحاليل المتساوية التراكيز هو:

- CH<sub>3</sub>COONa .d      NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> .c      KNO<sub>3</sub> .b      NaCl .a

3. يحصل توازن غير متجانس بين الطور الصلب والطور المذاب في محلول مائي لملح قليل الذوبان هو:

- (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> .d      Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> .c      Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> .b      PbCrO<sub>4</sub> .a

4. محلول مائي لملح Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> تركيزه 1.6 mol.L<sup>-1</sup>, يُمدد بإضافة كمية من الماء المقطر إليه بحيث يصبح حجمه أربعة أضعاف ما كان عليه، فيكون التركيز الجديد لأيونات الصوديوم في محلول مساوياً:

- 0.2 mol.L<sup>-1</sup>.d      0.8 mol.L<sup>-1</sup>.c      0.4 mol.L<sup>-1</sup>.b      0.6 mol.L<sup>-1</sup>.a

5. إذا علمت أن:  $K_{sp(AgCl)} = 6.25 \times 10^{-10}$  عند درجة حرارة معينة، فيكون تركيز أيونات الفضة مقدراً بـ mol.L<sup>-1</sup> في محلول المشبع لـ AgCl مساوياً:

- 6.25 × 10<sup>-5</sup> .d      2.5 × 10<sup>-5</sup> .c      2.5 × 10<sup>-10</sup> .b      1.25 × 10<sup>-10</sup> .a

6. عند تمييد محلول مائي لملح KNO<sub>3</sub> تركيزه 2.4 mol.L<sup>-1</sup> بإضافة كمية من الماء المقطر إليه تساوي ثلاثة أمثال حجمه، يكون التركيز الجديد للمحلول مقدراً بـ mol.L<sup>-1</sup> مساوياً:

- 0.2 .d      0.3 .c      0.4 .b      0.6 .a

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلٍ مما يأتي:

1. ذوبان ملح نترات البوتاسيوم بالماء لا يُعد حلماه.

2. جميع الأملاح تتمتع بخاصية قطبية.

3. أملاح الصوديوم جيدة الذوبان بالماء.

4. ملح كرومات الفضة قليل الذوبان بالماء.

ثالثاً: أجب عن السؤالين الآتيين:

1. يحوي يisher محلول مشبع لملح PbCrO<sub>4</sub> قليل الذوبان بالماء، يُضاف إليه قطرات من محلول نترات الرصاص II عديم اللون. فيتشكل راسب من كرومات الرصاص II. المطلوب:

a. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لملح كرومات الرصاص II

b. اشرح آلية الترسيب التي حدثت لقسم من هذا الملح.

c. اقترح طريقة ثانية لترسيب قسم من هذا الملح.

d. اقترح طريقة لفصل محلول عن الراسب.

2. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس، وعلاقة جداء الذوبان لكلٍ من محاليل الأملاح المشبعة الآتية:

- Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> .d      MgCO<sub>3</sub> .c      BaCO<sub>3</sub> .b      PbS .a



رابعاً: حل المسائل الآتية:

**المسألة الأولى:**

محلول مائي لملح خلّات 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 حلمة هذا الملح.

2. احسب قيمة  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ .

3. احسب قيمة ثابت الحلمة للمحلول الملحي.

4. احسب ثابت تأين حمض الخل.

5. احسب النسبة المئوية المتخلمة.

6. ما طبيعة الوسط الناتج عن الحلمة؟ علل إجابتك.

**المسألة الثانية:**

محلول مائي مشبع لملح كبريتات الفضة  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  تركيزه  $0.015 \text{ mol.L}^{-1}$  ، المطلوب:

1. احسب قيمة ثابت جداء الذوبان لملح  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ .

2. يضاف إلى المحلول السابق مسحوق ملح كبريتات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  بحيث يصبح تركيزه في المحلول  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$  ، بين حسابياً إن كان ملح كبريتات الفضة يتربّس أو لا؟.

**المسألة الثالثة:**

محلول مائي لملح نترات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  تركيزه  $2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  ، فإذا علمت أن ثابت تأين النشادر عند درجة الحرارة  $25^\circ\text{C}$  هو  $K_b = 2 \times 10^{-5}$  . المطلوب:

1. اكتب معادلتي إماهة وحلمة هذا الملح.

2. احسب قيمة ثابت الحلمة للمحلول الملحي.

3. احسب قيمة  $[\text{OH}^-]$ .

4. احسب قيمة  $\text{pH}$  للمحلول، ماذا تستنتج؟

5. إذا أُضيف إلى المحلول السابق قطرات من محلول حمض كلور الماء بحيث يصبح تركيزه  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$  ، فاحسب النسبة المئوية المتخلمة من ملح نترات الأمونيوم في هذه الحالة.

## تفكير ناقد

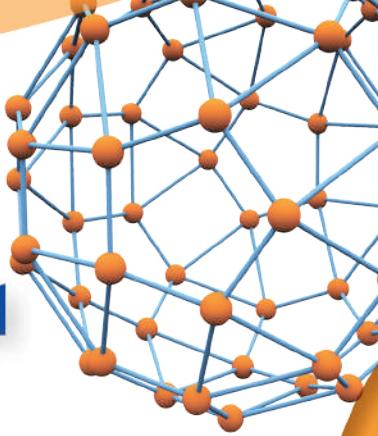
استخدام المياه الكلسية يسبب ترسب كربونات الكالسيوم على أجزاء في الغسالات أو سخانات المياه، ولإزالتها يضاف كمية من محلول حمض كلور الماء، فسر ذلك.

## أبحث أكثر

يُعتبر ملح أكزالات الكالسيوم من أحد مكونات الحصى في الكلى، ابحث في مكتبة مدرستك وفي الشابكة عن الطائق الكيميائية المستخدمة في إزالتها.

# ٤-٣

## المعايير الحجمية



يُعد زيت الزيتون السوري من أغنى المصادر الطبيعية، وأكثرها احتواءً على مواد مفيدة للصحة، تعتبر المعايرة الحجمية (حمض - أساس) من أحد الطرائق التي تمكّنا من معرفة النوعية الجيدة، وذلك لمعرفة درجة حموضة الزيت.

### الأهداف:

- \* يتعرّف مبدأ المعايرة الحجمية.
- \* يقوم بتجارب عملية لمعايرة حمض - أساس.
- \* يرسم المنحنيات البيانية لمعايرة حمض - أساس.
- \* يستنتج بيانيًا نقطة التكافؤ.
- \* يتعرّف مجال المشعر.

### الكلمات المفتاحية:

- \* نقطة التكافؤ.
- \* مجال المشعر.
- \* معايرة حمض أساس.
- \* منحني المعايرة.

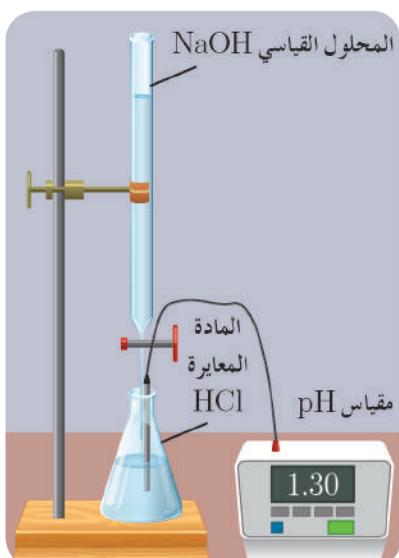
## المعايير الحجمية - أساس

تفيد المعايرة الحجمية في تحديد تركيز أحد المواد المتفاعلة المجهولة التركيز بتفاعلها مع مادة أخرى تدعى المحلول القياسي (تركيزه معلوم ومحدد بدقة).

تجربة:

المواد والأدوات الالزام:

سحاحة - حامل مع قاعدة - ملقط ثبيت - أرلينة - أنبوب مدرج ، مشعر أزرق بروم التيمول ، مقاييس pH ، محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  ، محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ .



### أ. معايرة حمض قويًّا بأساس قويٍّ:

خطواتُ تنفيذ التجربة:

1. أركِب الأدوات كما في الشكل المجاور.

2.أغلق صنبور السحاحة، وأملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم، بحيث يمس قعر السائل خط التدريرجة 0.

3. أضع 50 mL من محلول حمض كلور الماء في الأرلينة، وأضيف لها قطرات من أزرق بروم التيمول ، فيتلَّون المحلول باللون الأصفر.

4. أضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم تدريجياً وأسجل دلالة مقاييس pH بعد كل إضافة.

فكانَ النتائج كالتالي:

حجم NaOH المضاف (mL)	قيمة pH
60.0	50.1
12.0	11.0

أرسم المنحنى البياني لتغييرات قيم pH المحلول بدلالة حجم الأساس المضاف.

الأخطاء:

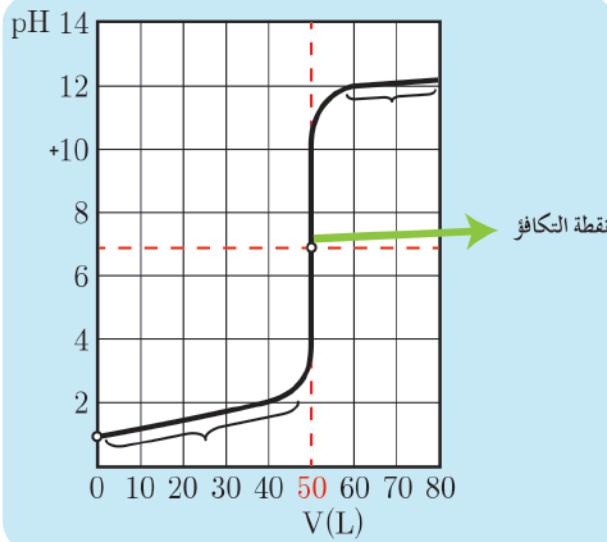
• عند بدء المعايرة تكون قيمة pH = 1.

• ازدياد قيمة pH المحلول تدريجياً حتى القيمة 3 تقريباً.

• تغير مفاجئ في قيمة pH بين القيمتين 3 و 11.

• تغير لون المحلول من اللون الأصفر إلى الأزرق.

أفسر:



- تزداد قيمة pH المحلول تدريجياً نتيجة تناقص تراكيز أيونات الهيدرونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$  لتفاعلها مع أيونات الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  المضافة وفق المعادلة الأيونية الآتية:  $\text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})} + \text{OH}_{(\text{aq})}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- عند اتحاد جميع أيونات  $\text{H}_3\text{O}^+$  في المحلول الحمضي مع جميع أيونات  $\text{OH}^-$  المضافة تصبح قيمة  $\text{pH} = 7$ ، وتدعى نقطة نهاية المعايرة (نقطة التكافؤ).
- بإضافة قطرة من هيدروكسيد الصوديوم يتحول المحلول إلى أصلي، وتصبح  $\text{pH} = 11$ .
- يتغير لون المحلول نتيجة تغيير لون مشعر أزرق بروم التيمول بتغيير قيم pH المحلول، مما يدل على انتهاء تفاعل المعايرة.

أستنتج:

عند نهاية تفاعل المعايرة يكون:

- عدد مولات أيونات الهيدرونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$  الابتدائية = عدد مولات أيونات الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  المضافة
 
$$n_{(\text{OH}^-)} = n_{(\text{H}_3\text{O}^+)} \\ C_1 V_1 = C_2 V_2$$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$
- قيمة  $\text{pH} = 7$  عند نهاية تفاعل المعايرة، تقع ضمن مجال المشعر أزرق بروم التيمول ( $6.0 \leftarrow 7.6$ )

### إضاءة

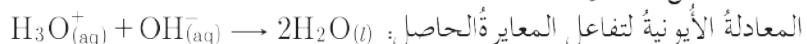
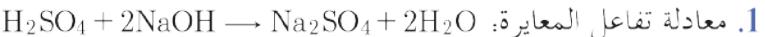
يعتبر محلول كربونات الصوديوم محلولاً قياسياً، أكثر دقة من محلول هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم، وذلك لأنهما يمتسانه الماء وهما في حالتهما الصلبة مما يتعدى الحصول على وزن دقيق من المادة.

تطبيق(1):

عند معايرة محلول حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  لزم  $20 \text{ mL}$  منه لإتمام المعايرة.

1. أكتب معادلة التفاعل الحاصل، ثم أكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.
2. أحسب حجم محلول حمض الكبريت اللازم لإتمام المعايرة.
3. أستنتج قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

## الحل:



2. حجم محلول حمض الكبريت اللازم لإتمام المعايرة:  $n_{(\text{H}_3\text{O}^+)} = n_{(\text{OH}^-)}$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

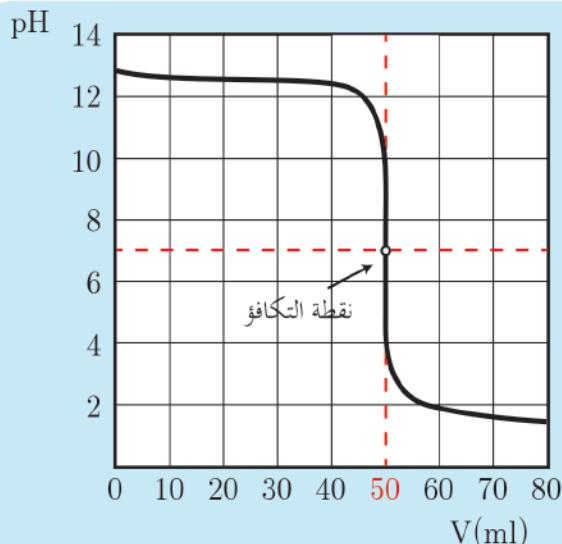
حمض الكبريت تام التأين وثنائي الوظيفة الحمضية:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2C_a = 2 \times 0.05 = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$

$$0.1 \times V_1 = 0.2 \times 20$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

3. الملح الناتج عن تفاعل حمض قوي بأساس قوي تكون أيوناته حيادية لا تتفاعل مع الماء وبالتالي  $\text{pH} = 7$

## نشاط(1):



عند معايرة 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  بمحلول قياسي لحمض الأزوت تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  حيث يمثل الشكل المجاور منحنى بيانياً لنغيرات قيم pH محلول بدلالة حجم الحمض المضاف. المطلوب:

1. ما قيمة pH للمحلول هيدروكسيد الصوديوم لحظة بدء المعايرة؟

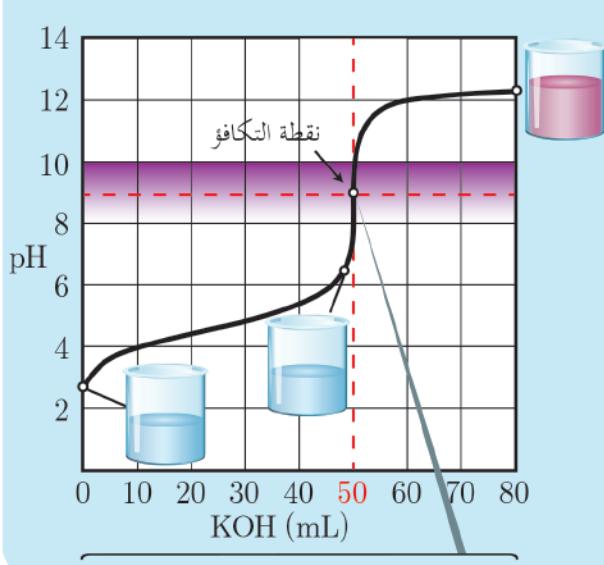
2. بين كيف يتغير كل من  $[\text{OH}^-]$ , pH للمحلول خلال عملية المعايرة.

3. ما قيمة pH للمحلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة؟ فسر ذلك.

4. ما المشعر المناسب لهذه المعايرة؟

## ـ معايرة حمض ضعيف بأساس قوي

## نشاط(2):



يمثل المنحنى البياني المجاور تغير قيم pH لمحلول حمض الخل بدلالة حجم الأساس المضاف (هيدروكسيد البوتاسيوم) عند معايرة حمض الخل بوجود قطرات من مشعر فينول فتالين. المطلوب:

1. أتعرف قيمة pH للمحلول في أثناء تفاعل المعايرة.

2. أكتب معادلة التفاعل الحاصل، ثم أكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة.

3. أحدد قيمة pH عند نقطة انتهاء تفاعل المعايرة.

4. أستنتج طبيعة الوسط عند الوصول لنقطة التكافؤ.

الحل:

1. تزداد قيمة pH تدريجياً حتى القيمة 6.3 نتيجة تناقص تركيز الحمض بتفاعل مع أيونات الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  المضافة، ويحصل تغير مفاجئ لقيمة pH بين (6.3, 10.3) تقريباً، وبإضافة قطرة من الأساس يصبح قيمة  $\text{pH} > 10.3$ .

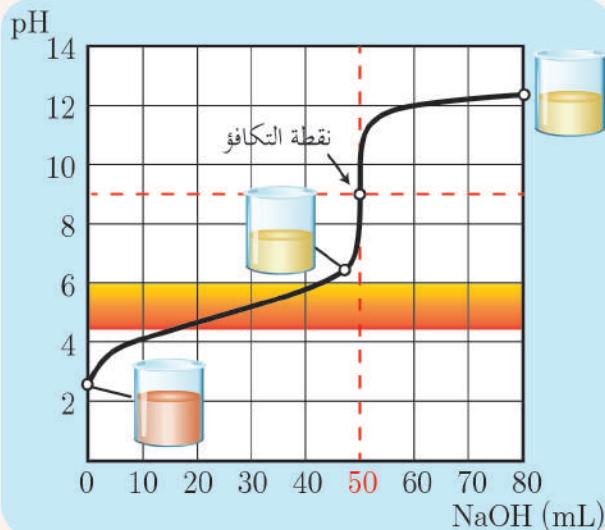
2. معادلة التفاعل الحاصل:  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{KOH}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOK}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة:  $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

3. عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة  $\text{pH} = 8.72$

4. طبيعة الوسط أساسية، بسبب تشكيل أيونات الخلات التي تسلك سلوكاً أساسياً ضعيفاً.

إثراء:



عند استعمال أحمر المثيل مشعرأ في معايرة حمض ضعيف بأساس قوي لا يمكن تحديد نقطة نهاية تفاعل المعايرة بدقة لأنها لا تقع ضمن مجال هذا المشعر.

: (2) تطبيق

عند معايرة 20 mL من محلول حمض التمل لزم 15 mL من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم تركيزه  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$  والمطلوب:

1. أكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.

2. أحسب تركيز محلول حمض التمل المعاير.

3. أحسب كتلة حمض التمل اللازم لتحضير 400 mL من محلوله السابق.

4. أتعرف بأفضل المشعرات الواجب استعماله.

C: 12, H: 1, O: 16

الحل:



2. عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة

عدد أيونات الهيدروكسيد  $[\text{OH}^-]$  المضافة = عدد مولات الحمض

$$n(\text{HCOOH}) = n(\text{OH}^-)$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$C_1 \times 20 = 0.02 \times 15$$

$$C_1 = \frac{0.02 \times 15}{20}$$

$$C_1 = 0.015 \text{ mol.L}^{-1}$$

3. كتلة الحمض:  $m = C.V.M = 0.015 \times 0.4 \times 46 = 0.276 \text{ g}$

4. المشعر المستعمل فينول فتالين لأنّ مجاله من (8.2 ← 10) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة

### ٣. معايرة أساس ضعيف بحمض قوي:

نشاط (3):

عند معايرة 50 mL من محلول هيدروكسيد الأمونيوم تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  بمحلول قياسي لحمض كلور الماء تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  يوجد قطرات من مشعر أحمر المتيل وباستخدام مقاييس pH كانت النتائج كما في الجدول الآتي:

حجم HCl المضاف (mL)	قيمة الـ pH
60.0	2.71
50.0	5.27
40.0	8.7
30.0	9.1
20.0	9.6
10.0	10.2
0	11.12

1. أرسم المنحني البياني لتغيرات قيمة الـ pH بدلالة حجم الحمض المضاف.

2. أحدد قيمة pH محلول هيدروكسيد الأمونيوم لحظة بدء المعايرة.

3. أتعرف كيف تتغير قيمة pH محلول خلال عملية المعايرة.

4. أحدد قيمة pH محلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

الحل:

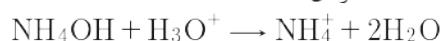
1. الرسم جانباً.

2. عند بدء المعايرة قيمة pH = 11.12

3. تتناقص قيمة الـ pH تدريجياً نتيجة تناقص تركيز

$\text{NH}_4\text{OH}$  بتفاعلها مع أيونات الهيدروجين  $\text{H}_3\text{O}^+$

المضافة وفق المعادلة الآتية:



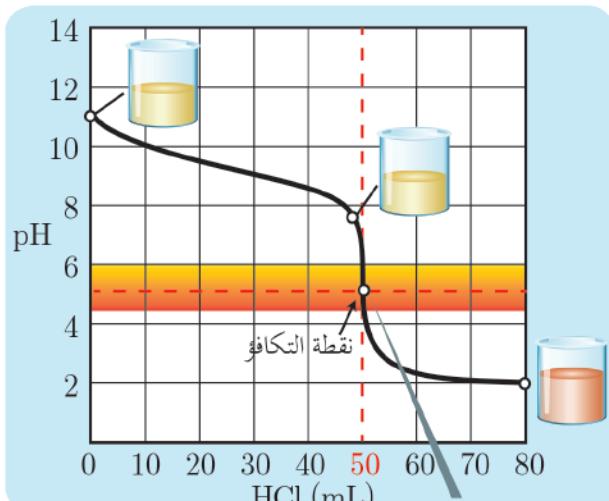
عند انتهاء تفاعل المعايرة تكون قيمة

pH = 5.27 لأنّه يُنتج أيونات الأمونيوم التي

تسلك سلوك حمض ضعيف، وبإضافة قطرة من

حمض كلور الماء تصبح طبيعة محلول حمضية وتصبح الـ pH = 5.27.

4. عند انتهاء تفاعل المعايرة تكون قيمة pH = 5.27 لأنّه يُنتج أيونات الأمونيوم الذي يسلك سلوك حمض ضعيف



أستنتج عند نهاية تفاعل المعايرة يكون:

• عدد أيونات الهيدرونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$  المضافة = عدد مولات الأساس

$$n(\text{NH}_4\text{OH}) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

حيث  $C_1$ : التركيز الابتدائي للأساس.

$V_1$ : الحجم الابتدائي للأساس.

$[\text{H}_3\text{O}^+]$  :  $C_2$ .

$V_2$ : حجم الحمض المضاف.

نشاط (4):

يعاير 50 mL من محلول هيدروكسيد الأمونيوم بمحلول حمض الأزوت تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  فيلزم منه 25 mL لإتمام المعايرة، والمطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعتبرة عن تفاعل المعايرة العاصل.

2. احسب تركيز محلول هيدروكسيد الأمونيوم المستعمل.

### إضاءة

مشعرات معايرة (حمض-أساس):

حموض عضوية أو أسس عضوية ضعيفة معقدة التركيب، يتغير لونها بتغيير pH الوسط الذي توضع فيه.

جدول يبيّن مجال pH بعض المشعرات وتغيير لون كل منها حسب قيم pH الوسط.

المشعر	لون المشعر	مجال pH المشعر	لون المشعر
الهليلانتين	أحمر	3.1 – 4.4	أصفر
أحمر المتييل	أحمر	4.2 – 6.2	أصفر
أزرق بروم التيمول	أصفر	6 – 7.6	أزرق
فينول فتاليين	عديم اللون	8.2 – 10	بنفسجي

- تقييد المعايرة الحجميّة في تحديد تركيز أحد المواد المتفاعلة المجهولة التّركيز بتفاعلها مع مادّة أخرى تُدعى محلول القياسّي (تركيزه معلوم ومحدّد بدقة).
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة حمض قويّ – أساس قويّ يكون:  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة حمض ضعيف بأساس قويّ يكون:
  - عدد أيونات الهيدروكسيد  $[\text{OH}^-]$  المضافة = عدد مولات الحمض
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة أساس ضعيف بحمض قويّ يكون:
  - عدد أيونات الهيدرونيوم  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  المضافة = عدد مولات الأساس
- يعتبر أزرق بروم التيمول مشعرًا مناسباً لمعايرة حمض قويّ – أساس قويّ لأنّ مجاله من (6 – 7.6) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.
- يعتبر فينول فتالين مشعرًا مناسباً لمعايرة حمض ضعيف بأساس قويّ لأنّ مجاله من (8.2 – 10) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.
- يعتبر أحمر المثيل مشعرًا مناسباً لمعايرة أساس ضعيف بحمض قويّ لأنّ مجاله من (4.2 – 6.2) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

### أختبر نفسك



أولاًً: اختار الإجابة الصحيحة لكلّ مما يأتي:

1. المشعر الذي يحدّد بدقة أكبر، نقطة نهاية معايرة حمض ضعيف بأساس قويّ هو:  
a. أزرق بروم التيمول    b. فينول فتالين    c. أحمر المثيل    d. الهليانتين
2. عند معايرة حمض التمل بھدروكسيد البوتاسيوم يكون عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة.  
 $\text{pH} \leq 7$  .d       $\text{pH} = 7$  .c       $\text{pH} < 7$  .b       $\text{pH} > 7$  .a
3. 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:  
 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$  .b       $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$  .a  
 $[\text{H}_3\text{O}^+] \leq [\text{OH}^-]$  .d       $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$  .c

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. تكون قيمة  $pH < 7$  عند معايرة أساس ضعيف بحمض قويٌّ.
2. يعتبر أزرق بروم التيمول مشعرًا مناسباً عند معايرة حمض قويٍّ بأساس قويٍّ.
3. استخدام أحد مشعرات (حمض - أساس) في معايرة التعديل.
4. عند معايرة حمض النمل بهدروكسيد الصوديوم يكون الوسط عند نهاية المعايرة أساسياً.

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

محلول مائي لحمض كلور الماء تركيزه  $10 \text{ mol.L}^{-1}$ . المطلوب:

1. أحسب قيمة  $pH$  محلول هذا الحمض.

2. معايرة  $20 \text{ mL}$  من محلول الحمض السابق يلزم  $5 \text{ mL}$  محلول من هدروكسيد الصوديوم ذي التركيز  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$  وحجم  $V_2$  من هدروكسيد البوتاسيوم ذي التركيز  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ . المطلوب:

a. اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.

b. احسب حجم هدروكسيد البوتاسيوم اللازم لإتمام المعايرة.

c. احسب حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى  $10 \text{ mL}$  من الحمض السابق ليصبح  $pH = 3$ .

المسألة الثانية:

يؤخذ  $20 \text{ mL}$  من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ ، ويُضاف إلى  $10 \text{ mL}$  من محلول هدروكسيد الصوديوم حتى تمام التعديل. المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن التفاعل الحاصل.

2. احسب تركيز محلول هدروكسيد الصوديوم المستعمل.

3. ما قيمة  $pH$  محلول الناتج عن المعايرة؟

4. اكتب اسم أفضل مشعر واجب استعماله في هذه المعايرة.

5. احسب التركيز المولى الحجمي لمحلول ملح كبريتات الصوديوم الناتج عن المعايرة.

(Na:23, S:32, O:16, H:1)

المسألة الثالثة:

تذاب عينة غير نقيّة كتلتها  $2.8 \text{ g}$  من هدروكسيد البوتاسيوم في الماء، ويكمّل الحجم إلى  $200 \text{ mL}$ ، فإذا علمتَ أنه يلزم لتعديل  $25 \text{ mL}$  منه  $30 \text{ mL}$  من حمض كلور الماء تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  و  $20 \text{ mL}$  من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ ، والمطلوب:

1. احسب تركيز محلول هدروكسيد البوتاسيوم.

2. احسب كتلة هدروكسيد البوتاسيوم النقيّة في هذه العينة.

3. احسب النسبة المئوية للشوائب في هذه العينة.  
الكتل الذريّة: (K:39, S:32, O:16, Cl:35.5, H:1)

#### المسألة الرابعة:

أذيت عينة مقدارها 4.24g من كربونات الصوديوم و كلوريد الصوديوم في الماء، وأكمل الحجم إلى 100 mL؛ إذا علمت أنه يلزم لمعايرة محلول السّابق 50 mL من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.4 \text{ mol.L}^{-1}$ .  
المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.
2. احسب تركيز كربونات الصوديوم في محلول السّابق.
3. احسب النسبة المئوية لكلٍّ من الملحقين في العينة.  
الكتل الذرية: (Na: 23, C: 12, O: 16, Cl: 35.5, H: 1)

#### تفكير ناقد

تستخدم المُشعرات في المعايرة من أجل تحديد نقطة نهاية تفاعل المعايرة، فسر سبب تغيير لون المشعر عند إضافته إلى محلول حمضي أو محلول أساسي.

#### أبحث أكثر

تستخدم المعايرة الحجمية (حمض – أساس) في مجالات صناعية عديدة، أبحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو في الشبكة.

## أسئلة الوحدة الرابعة

**أولاًً: اختر الإجابة الصحيحة لكل ممّا يأتي:**

**1.** إذا علمت أن  $\text{pH} = 3$  للمشروب الغازي، فإن تركيز أيون الهيدروكسيد فيه:

- 10<sup>+3</sup>.**d**      10<sup>-11</sup>.**c**      10<sup>-3</sup>.**b**      11.**a**

**2.** بالاعتماد على ثوابت تأين الحموض الضعيفة:

$$K_a(\text{HF}) = 7.2 \times 10^{-4}, K_a(\text{HNO}_2) = 4.5 \times 10^{-4}, K_a(\text{HCN}) = 5 \times 10^{-10}$$

الترتيب التنازلي الصحيح لقوّة الأسس المرافقة لكل منها هو:



**3.** الملح الذوّاب الذي قيمة  $\text{pH} < 7$  لمحلوله المائي من بين الأملاح الآتية المتساوية التراكيز هو:

- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.**d**      NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.**c**      KCN.**b**      KCl.**a**

**4.** الملح الذوّاب الذي لا يتحلّمه في الماء من بين الأملاح الآتية هو:

- KCN.**d**      HCOONH<sub>4</sub>.**c**      NaNO<sub>3</sub>.**b**      NH<sub>4</sub>Cl.**a**

**5.** محلولٌ مائيٌ لملح CaCl<sub>2</sub> له  $\text{pH} = 7$ ، يمدد بالماء المقطر مئةَ مرّةً، فإن قيمة pH' للمحلول الناتج تساوي:

- pH' = 7.**d**      pH' = 0.7.**c**      pH' = 9.**b**      pH' = 5.**a**

**6.** لديك المحاليل المائية المتساوية في التركيز الآتية: NaCl, HCl, HCOONa, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>. يكون

الترتيب الصحيح لها وفق تزايد قيمة pH لكل منها هو:



**7.** الأيون الحيادي الذي لا يتحلّمه من الأيونات الآتية هو:

- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.**d**      CN<sup>-</sup>.**c**      SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.**b**      CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>.**a**

**8.** المشعر الذي يحدّد بدقة نقطة نهاية معايرة حمض الخل بهيدروكسيد البوتاسيوم هو.

- أزرق بروم التيمول.**b**      الفينول فتالين.**c**      أحمر المثيل.**d**      الهلیانتين

**9.** محلول المنظم للحموضة من المحاليل الآتية هو:

- HCl, KCl.**b**      HCOOH, HCOOK.**a**

- NaOH, NaNO<sub>3</sub>.**d**      NH<sub>4</sub>OH, NaCl.**c**

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. محلول مائي مشبع لملح  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  فوسفات الفضة قليل الذوبان في الماء، المطلوب:

a. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.

b. اكتب علاقة جداء الذوبان  $K_{\text{sp}}$  لهذا الملح.

c. اقترح طريقة لترسيب قسم من هذا الملح في محلوله المشبع.

d. اشرح آلية إذابة  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  في محلوله المشبع بإضافة حمض كلور الماء إليه.

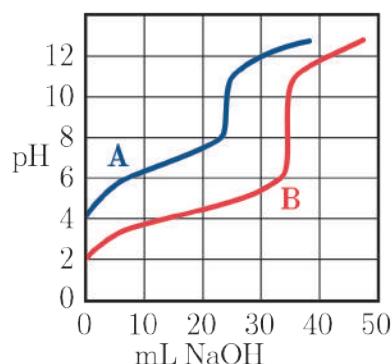
2. يستخدم مقياس pH لمعرفة طبيعة محلول المائي، تختلف قيمة pH للأملاح  $\text{NH}_4\text{Cl}$  و  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  و  $\text{NaCl}$  و المتساوية التراكيز، التي تظهر في الصور الآتية، فسر ذلك بكتابية المعادلات الكيميائية اللازمة.



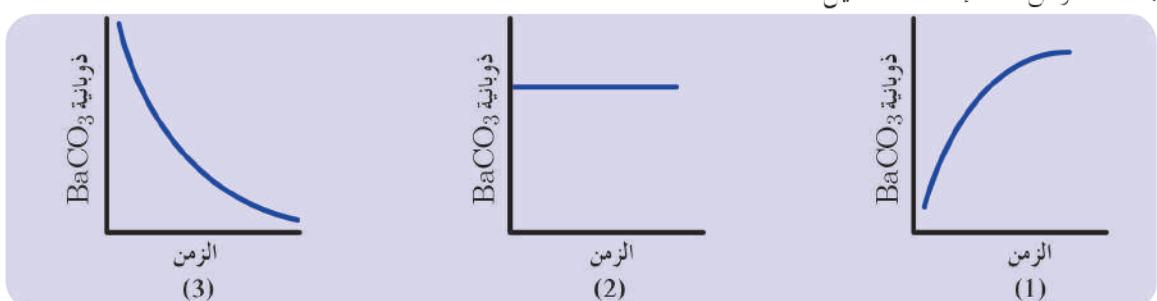
3. عند معايرة حجمين متساوين من محلولي حمضين A, B كلّ منهم على حدة، بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  فحصلنا على المنحنيين البيانيين كما في الشكل المجاور، المطلوب:

a. أيّ من محلولين المستعملين A, B أكثر تركيزاً؟ فسر إجابتك.

b. حدد نقطة نهاية المعايرة لكلّ منها على الشكل.



4. تشير المنحنيات الآتية إلى تغيير ذوبانية ملح كربونات الباريوم  $\text{BaCO}_3$  بدلالة الزمن عند إضافة محلائل مختلفة.



a. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة  $\text{HNO}_3$

b. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

c. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة  $\text{NaNO}_3$

**ثالثاً: حل المسائل الآتية:**  
**المسألة الأولى:**

محلول مائي لملح كلوريد الأمونيوم تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ . وقيمة  $\text{pH} = 5$  له. **المطلوب:**

1. اكتب معادلة حلمة هذا الملح.

2. احسب قيمة ثابت حلمة هذا الملح.

3. احسب قيمة ثابت تأين التشادر.

4. يُضاف إلى محلول السَّابق قطرات من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$ ، احسب النسبة المئوية المترافقه من محلول كلوريد الأمونيوم في هذه الحالة.

**المسألة الثانية:**

محلول مائي لحمض الخل تركيزه الابتدائي  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ ، وثابت تأين حمض الخل  $2 \times 10^{-5}$

**المطلوب:**

1. اكتب معادلة تأين هذا الحمض، ثم حدد الأزواج المترافقه أساس/حمض حسب برونشتاد - لوري.

2. احسب قيمة  $\text{pH}$  محلول.

3. احسب درجة تأين هذا الحمض.

4. يُمدد محلول السَّابق 10 مرات، احسب  $\text{pH}$  محلول بعد التمديد.

**المسألة الثالثة:**

يُضاف حجم معين من محلول ملح كلوريد الكالسيوم تركيزه  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$  إلى حجم مساوٍ له من محلول كبريتات الصوديوم تركيزه  $0.04 \text{ mol.L}^{-1}$ ، إذا علمت أن:  $K_{\text{sp(CaSO}_4)} = 9.0 \times 10^{-6}$

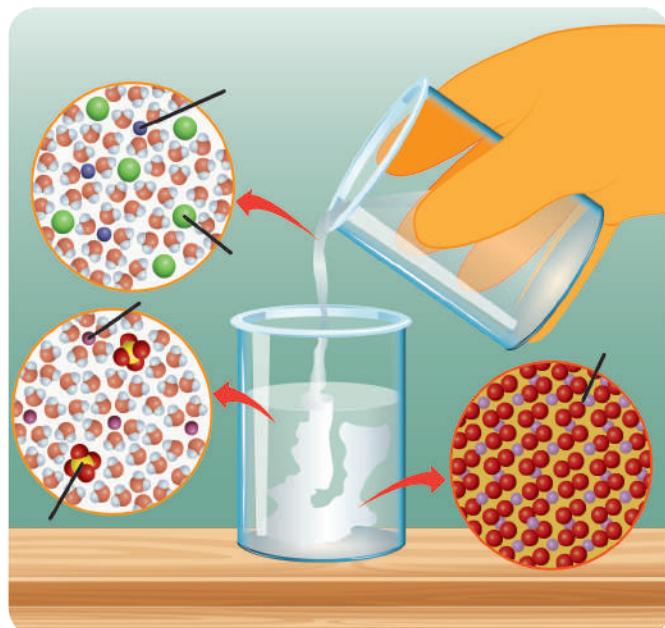
**المطلوب:**

1. اكتب معادلة إماهة كل من ملحي كلوريد الكالسيوم وكبريتات الصوديوم.

2. اكتب معادلة التوازن غير المتاجنس لملح كبريتات الكالسيوم.

3. احسب ذوبانية ملح  $\text{CaSO}_4$  مقدّرة بـ  $\text{mol.L}^{-1}$  و  $\text{g.L}^{-1}$ .

4. بين بالحساب سبب ترسب قسم من ملح  $\text{CaSO}_4$ .  
(Ca: 40, S: 32, O: 16)

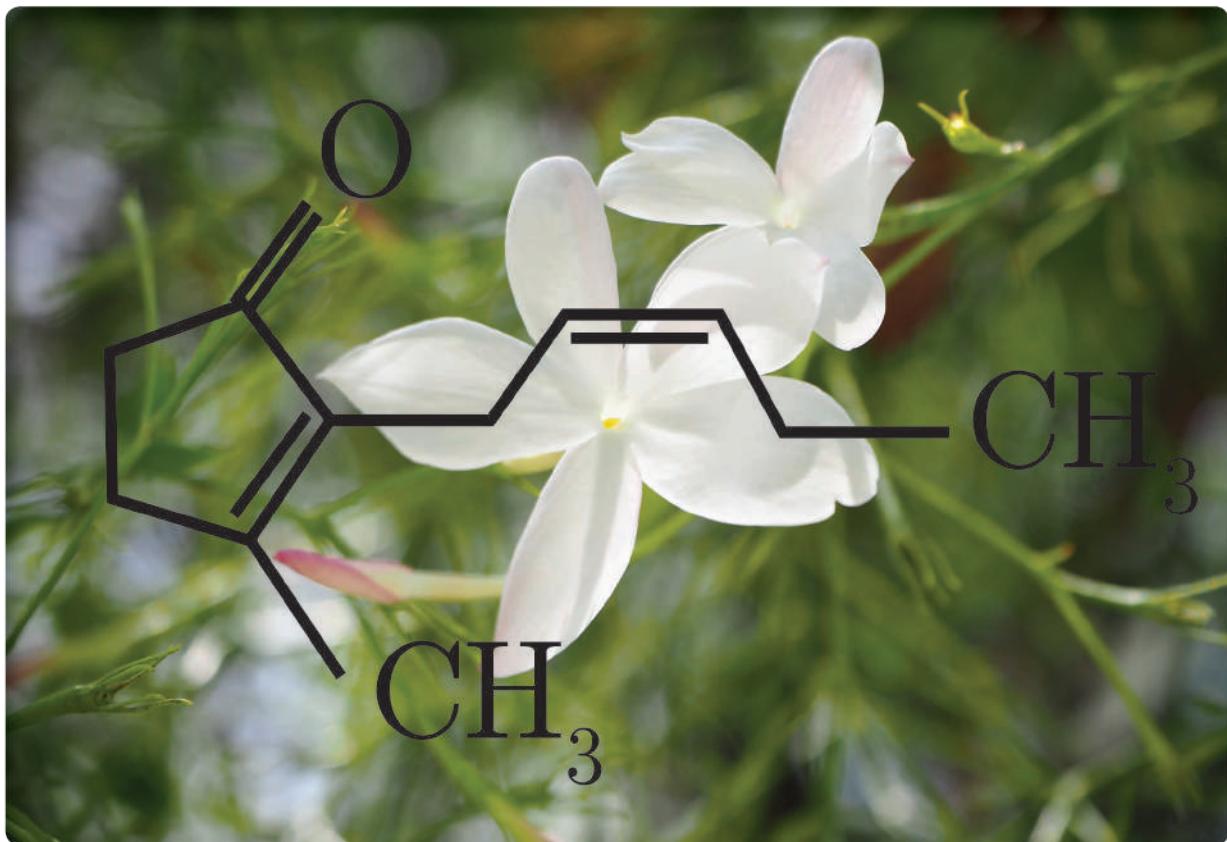


**المسألة الرابعة:**

يُضاف 200 mL من محلول يحتوي على  $1 \times 10^{-5}$  mol من كلوريد الباريوم إلى 800 mL من محلول يحتوي على  $1 \times 10^{-5}$  mol من كبريتات البوتاسيوم للحصول على محلول مشبعٍ من كبريتات الباريوم. المطلوب:

1. احسب قيمة جداء الذوبان  $K_{sp}$  لملح كبريتات الباريوم.
2. يُضاف قطرات من محلول حمض الكبريت المرئي إلى محلول المشبع السابق، ماذا تتوقع أن يحدث؟ علل إجابتك. وبين إذا كان ذلك يتفق مع قاعدة لوشا تو ليه أو لا؟

## الوحدة الخامسة الكيمياء العضوية



تُرِكَ حَدَائِقُ دَمْشَقَ بِالْيَاسِمِينِ لِمَا لَهُ مِنْ مَظَاهِرٍ جَمِيلٍ وَرَائِحَةٍ زَكِيَّةٍ، (وَتَعُودُ رَائِحةُ الْيَاسِمِينِ لَاحْتِوائِهِ عَلَىِ الْعَدِيدِ مِنِ الْمَرْكَبَاتِ الْعُضُوِيَّةِ).  
استُخدِمَتْ أَزْهَارُ الْيَاسِمِينِ فِي مَجَالَاتٍ عَدِيدَةٍ مِنْهَا صَنَاعَةُ الْعَطُورِ وَمَسْتَحضرَاتُ التَّجمِيلِ.

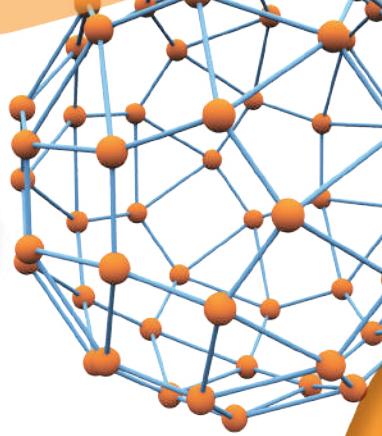
توجد الملايين من المركبات العضوية، ولسهولة دراستها تم تصنيفها حسب الزمرة الوظيفية، وهي ذرة أو مجموعة ذرات ترتبط بذرة كربون في المركبات العضوية، فتكتسبها صفات كيميائيةً وفيزيائيةً متشابهةً.

الجدول الآتي يتضمن أهم أصناف المركبات العضوية والزمرة الوظيفية المميزة لها، وتسمياتها مرتبة حسب أفضليتها في تسمية المركب العضوي من أعلى الجدول إلى أسفله عند وجود وظيفتين أو أكثر في المركب العضوي.

اسم المركب وفق قواعد IUPAC النظامية	مثال على المركب العضوي	السابقة	اسم اللاحقة	صيغة الزمرة الوظيفية	صيغة العامة	الصنف
حمض إيتانويك	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{OH}$	-	ويك	$-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{OH}$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{OH}$	الحمض الكربوكسيلي
إيتانوات المتبيل	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_3$	-	وات	$-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{R}$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{R}$	الإستر
إيتان أميد	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}_2$	-	أميد	$-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}_2$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}_2$	الأميد
إيتانال	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{H}$	أوكسو	ال	$-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{H}$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{H}$	الألدهيد
بوتان - 2 - ون	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_3$	أوكسو	ون	$-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{R}'$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{R}'$	الكيتون
بروبان - 1 - ول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	هيدروكسى	ول	$-\text{OH}$	$\text{R}-\text{OH}$	الغول
إيتان أمين	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	أمينو	أمين	$-\text{NH}_2$	$\text{R}-\text{NH}_2$	الأمين
ميتوكسي الإيتان	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$	ألكوكسي	إيتير	$-\text{OR}'$	$\text{R}-\text{O}-\text{R}'$	الإيتير

# 5-1

## الأغوال



ينتج الإيتانول الحيوي (مركب غولي) من تخمر المحاصيل الغنية بالسكريات مثل قصب السكر والشوندر السكري، حيث يُعد الإيتانول نظرياً مصدراً نظيفاً للطاقة، وبدلاً عن الوقود الأحفوري.

### الأهداف:

- \* يتعرف على الوظيفة الغولية.
- \* يصنف الأغوال حسب نوع ذرة الكربون المرتبطة بزمرة الهردوكسيل.
- \* يسمى الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحثة والتطبيقية.
- \* يتعرف أهم طرائق التحضير الصناعي لبعض الأغوال.
- \* يتعرف بعض الخصائص الفيزيائية للأغوال.
- \* يتعرف بعض الخصائص الكيميائية للأغوال.

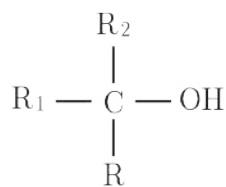
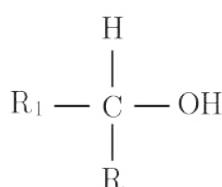
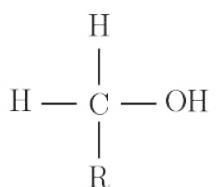
### الكلمات المفتاحية:

- \* الغول
- \* قاعدة ماركوفينيكوف
- \* الأسترة
- \* البلمية
- \* قاعدة زايتسف
- \* الإماهة
- \* مزوجية (انحلالية).

## الصيغة العامة للأغوال:

نشاط (1):

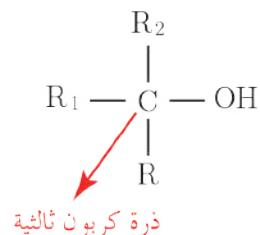
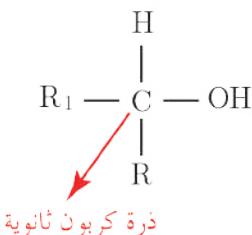
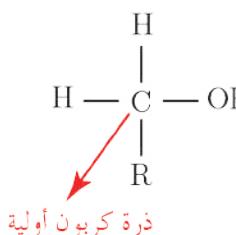
لديك الصيغ الكيميائية الآتية:



المطلوب:

1. حدد نوع ذرة الكربون التي ترتبط بها زمرة الهيدروكسيل OH-، واذكر نمط تهجينها.
2. صنف الأغوال حسب نوع ذرة الكربون التي ترتبط بها زمرة الهيدروكسيل إلى أغوال (أولية، ثانوية، ثالثية).

الحل:



غول أولي

غول ثانوي

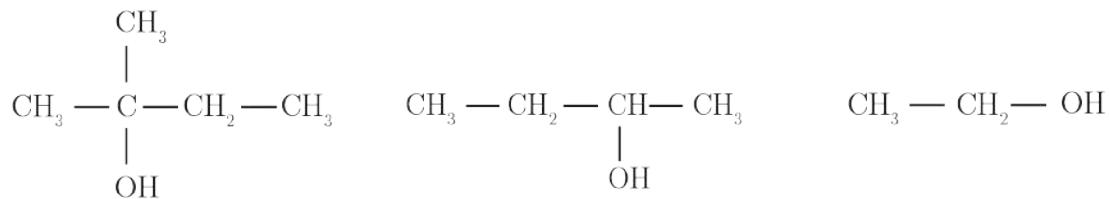
غول ثالثي

نتيجة:

- تميّز الأغوال بوجود الزمرة الوظيفية OH- مرتبطة بذرّة كربون نمط تهجينها  $\text{sp}^3$ .
- الصيغة العامة للأغوال  $\text{R}_n\text{H}_{(2n+1)}\text{OH}$  أو  $\text{R}-\text{OH}$ .
- تصنّف الأغوال إلى أغوال (أولية، ثانوية، ثالثية):
  1. الأغوال الأولية: ترتبط زمرة الهيدروكسيل بذرّة كربون أولية.
  2. الأغوال الثانوية: ترتبط زمرة الهيدروكسيل بذرّة كربون ثانوية.
  3. الأغوال الثالثية: ترتبط زمرة الهيدروكسيل بذرّة كربون ثالثية.

## نشاط (2):

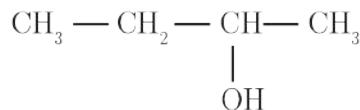
صنف الأغوال الآتية إلى: أغوال (أولية، ثانوية، ثالثية).



**نسمة الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدولي لليمياء البحتة والتطبيقية IUPAC :**

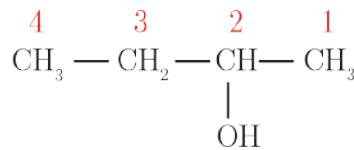
## نشاط (3):

أُسمى الغول الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :



**خطوات الحل:**

1. أُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من الطرف الأقرب لذرة الكربون المرتبطة بالزمرة الوظيفية.



2. أُسمى الألكان المُوافق لأطول سلسلة كربونية، ثم أشير إلى موضع الزمرة الوظيفية برقم، مع إضافة اللائقة (ول).

البوتان - 2 - ول

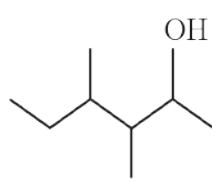
**نتيجة:**

تُكتب أسماء الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يلي:

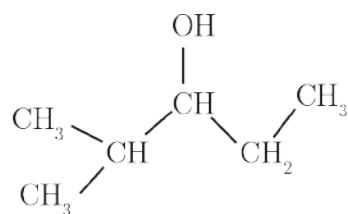
- تُرقم أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب إلى زمرة الهيدروكسيل.
- يُكتب اسم كل فرع (مُبادل) - إن وجد - مسبوقاً برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان المُوافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تُكتب اللائقة (ول أو) مسبوقة برقم ارتباطها بالسلسلة.

## تطبيق (1):

أكتب اسم كُلّ من المركَّبين الآتَيْنِ وفق قواعد الاتّحاد الدُّولِيّ : IUPAC :



3,4-ثنائي متيل هكسان - 2 - ول



2 - متيل بنتان - 3 - ول

## نشاط (4):

أكتب الصيغة نصف المشورة، والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:

2,2-ثنائي متيل البروبان - 1 - ول



التسمية الشائعة لبعض الأغوال.

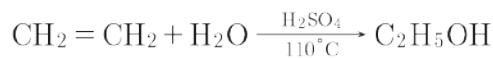
الاسم الشائع للغول	الصيغة الجزئية
الغول المتيلي	$\text{CH}_3 - \text{OH}$
الغول الإتيلى	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$

## التحضير الصناعي لبعض الأغوال :

### ا. التحضير الصناعي للإيتانول:

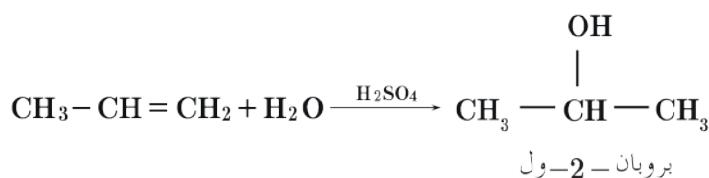
الإيتانول من أقدم المركبات العضوية التي تم اصطناعها، والذي يحضر بطرق متعددة أهمّها:

- ضمّ الماء إلى الإيتين وفق المعادلة الآتية:



## تطبيق (2):

أكتب المعادلة الكيميائية المعتبرة عن تفاعل ضمّ الماء إلى البروبن - 1 بوجود حمض الكبريت كحفاز، ثم أسمّي المركب الناتج.



حيث تم الضمّ وفق قاعدة ماركوفينيكوف.

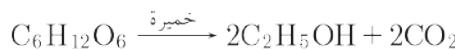
قاعدة ماركوفينيكوف: تنص على أنه (عند الإضافة إلى ألكن، فإن الجزء الموجب يُضاف إلى ذرة الكربون المتصلة بأعلى عددٍ من ذرات الـهيدروجين، بينما يتوجه الجزء السالب لذرة الكربون المتصلة بأقل عددٍ من ذرات الـهيدروجين).

### نشاط (5):

اكتب المعادلة الكيميائية المعتبرة عن تفاعل ضم الماء إلى البوتين - 1 بوجود حمض الكبريت كوسيلط، ثم اكتب اسم المركب الناتج.

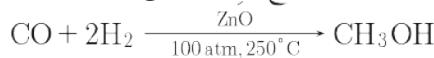
#### • تخمر الكربوهيدرات:

تحوّل السكريات بعملية التخمر الغولي عند الدرجة  $37^{\circ}\text{C}$  بوجود خميرة البيرة إلى إيتانول وفق المعادلة:



#### ٢. التحضير الصناعي للميتانول:

يُحضر الميتانول من تفاعل أحدى أكسيدات الكربون مع الـهيدروجين وفق المعادلة الآتية:



### الخاميات الفيزيائية للأغوال:

#### نشاط (6):

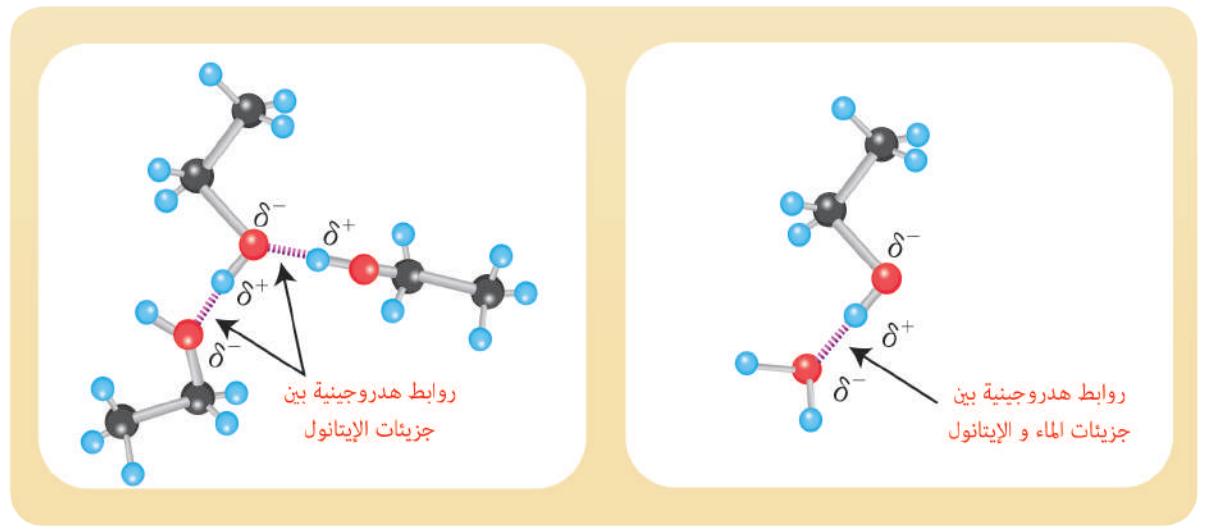
الاحظ من جدول بعض الخاميات الفيزيائية للحدود الخمسة الأولى من الأغوال ذات السلسل النظمية:

(الانحلال) مزوجية (ماء 100g/g)	درجة الغليان $^{\circ}\text{C}$	الصيغة الجزيئية	الغول
ينحل بكافة النسب	64.5	$\text{CH}_3-\text{OH}$	الميتانول
ينحل بكافة النسب	78.3	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{OH}$	الإيتانول
ينحل بكافة النسب	97	$\text{C}_3\text{H}_7-\text{OH}$	البروبانول
7.9	118	$\text{C}_4\text{H}_9-\text{OH}$	البوتانول
2.3	138	$\text{C}_5\text{H}_{11}-\text{OH}$	البيتانول

أفسر ما يأتي:

1. مزوجية (انحلال) الإيتانول في الماء بالنسبة كافية.
2. تناقص مزوجية الأغوال في الماء بازدياد كتلها الجزيئية.
3. درجة غليان الأغوال مرتفعة نسبياً مقارنة مع الألkanات الموافقة لها بعدد ذرات الكربون.

- مزوجية الإيتانول في الماء بالنسبة كافيةً بسبب تشكُّل الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الإيتانول وجزيئات الماء.
  - تتناقض مزوجية الأغوال في الماء بازدياد كتلتها الجزيئية، بسبب نقصان تأثير الجزء القطبي OH، عند زيادة تأثير الجزء غير القطبي R.
  - درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة لها بسبب قدرة الأغوال على تشكيل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها، بينما لا تتشكل روابط هيدروجينية بين جزيئات الألكانات.



اِثْرَاعٌ

- يستخدم الإيتانول كمذيب لمواد الطلاء، الورنيش، العطور، المنكهات، وفي عمليات التبلور.
  - يدخل أيضاً في محاليل تعقيم الفم والأسنان ، لما له من قدرة على قتل الجراثيم.
  - يمزج مع البنزين بنسبة 5% لاستخدام كوقود للسيارات، حيث يمكن إنتاج الإيتانول من إعادة تدوير الفضلات العضوية، وبالتالي يقلل من استهلاك الموارد الطبيعية.

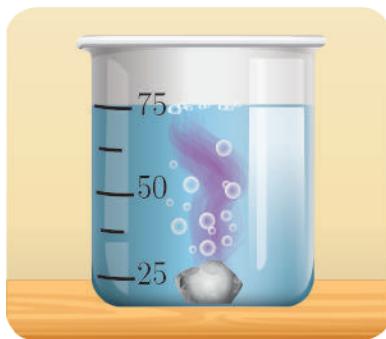


## بعض الخاتمة النهاية للأحوال :

#### أ. تفاعل الغول مع المعادن:

تجربة (١):

**الأدوات والمواد الالزمة:** بيسrer - قطعة صغيرة من الصوديوم - إيتانول - فينول فثالين.



خطوات التجربة:

- أضع في بيسير كمية مناسبة من الإيتانول ، و قطرات من فينول فتاليين.
  - أضيف قطعة صغيرة من الصوديوم لـ الإيتانول.
  - الاحظ انطلاق غاز، و ظهور اللون البنفسجي.

**أُستَنْتَجُ:**

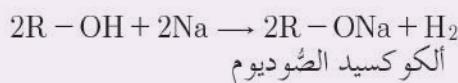
- ٠ يتفاعل الإيتانول مع الصوديوم، وينطلق غاز الهيدروجين وفق المعادلة الآتية:



- ٤٠ يدل ظهور اللون البنفسجي على تشكّل إيتوكسيد الصوديوم ذي الصفة الأساسية.

٢٦٣

تفاعل الأغوال مع المعادن النشطة كيميائياً (الصوديوم، البوتاسيوم، ...) التي تستطيع إزاحة الهدروجين في الرابطة  $H-O$  وفق المعادلة:



## نشاط (7)

اكتب معادلة تفاعل الإيتانول مع البوتاسيوم وسم المركب العضوي الناتج.

## ٢. تفاعل الأسترة:

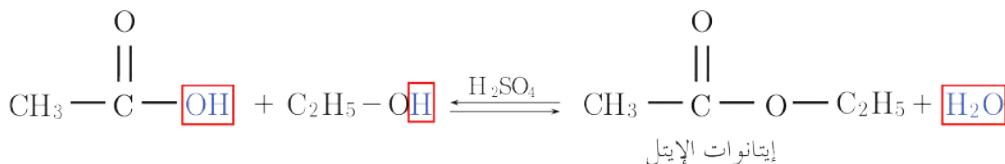
تفاعل الأغوال مع الحموض الكربوكسيلي في وسط حمضي، وينتج أستر وماء وفق المعادلة الآتية:



### تطبيقات (3):

أكتب معادلة تفاعل حمض الخل مع الإيتانول، وأسمى المركب العضوي الناتج.

## الحل:



## نشاط (8):

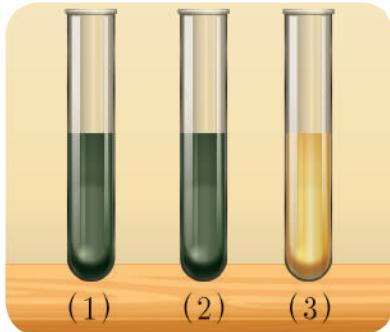
يتفاعل حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة مع غول أولي وينتج الماء وميتانوات الإتيل. حدد صيغة كل من الحمض والغول المتفاعلين، واكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن التفاعل الحالى.

### ٣. تفاعل الأكسدة:

تجربة (2):

**المواد والأدوات الالزمة:** أنابيب اختبار عددين (3) - محلول ثانىي كرومات البوتاسيوم - أغوال (بروبان - 1 - ول) - (بروبان - 2 - ول) - (2 - متيل بروبان - 2 - ول).

**خطوات التجربة:**



- أضع في أنبوب الاختبار الأول غول أولي (بروبان - 1 - ول) وفي الأنبوب الثاني غولاً ثانويًا (بروبان - 2 - ول)، أما في الأنبوب الثالث أضع غولاً ثالثاً (2 - متيل بروبان - 2 - ول).

- أضيف محلول ثانىي كرومات البوتاسيوم لأنابيب الثلاثة، ماذالاحظ؟

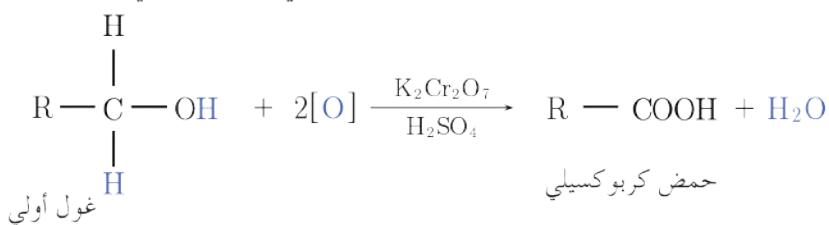
**اللاحظ:**

- تغير لون الكرومات في أنبوب الاختبار الأول والثاني ، في حين لا يتغير اللون في الأنبوب الثالث.

**استنتج:** تتأكسد الأغوال الأولية والثانوية، ولا تتأكسد الأغوال الثالثية في الشروط ذاتها.

### • الأكسدة التامة للأغوال:

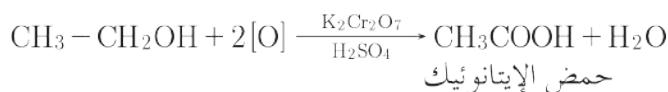
- تتأكسد الأغوال الأولية بوجود عوامل مؤكسدة قوية أكسدة تامة في وسط حمضي وفق المعادلة الآتية:



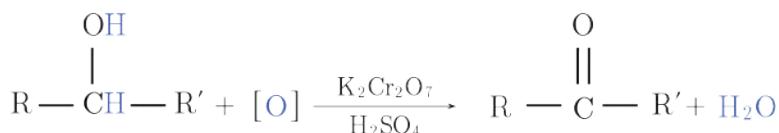
**تطبيق (4):**

اكتب معادلة تفاعل الأكسدة التامة للإيتانول في شروط مناسبة، وأسمى المركب العضوي الناتج.

**الحل:**



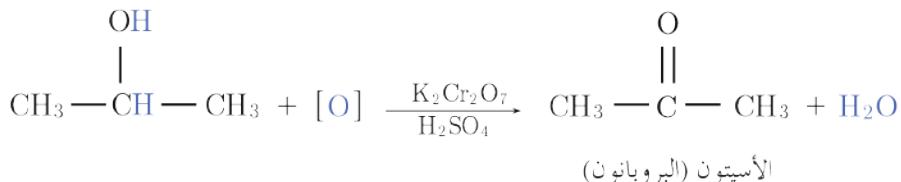
- تتأكسد الأغوال الثانوية بوجود عوامل مؤكسدة قوية متحولة إلى كيتونات، وفق المعادلة الآتية:



الأحوال الثالثية تقاوم الأكسدة في الشروط اللطيفة، وتحتاج شروط قاسية لتأكسد، فتحطم السلسلة، وتعطي مزيج من الكيتونات والحموض الكربوكسيلي.

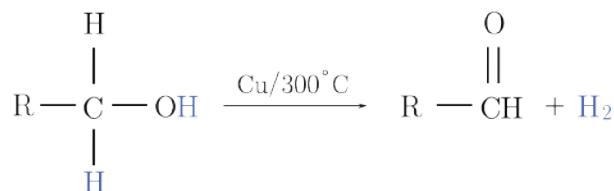
### نشاط (9):

اكتب تفاعل أكسدة البروبان - 2 - ول وأكتب اسم المركب العضوي الناتج.



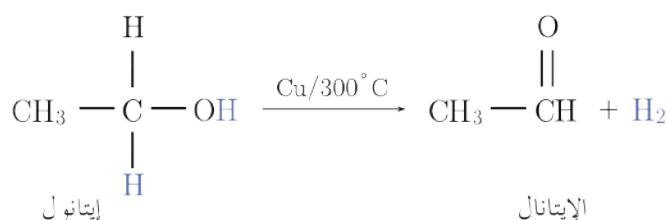
### • الأكسدة الوسائلية (نزع الهdroجين):

- يتأكسد الغول الأولي إلى الألدهيد الموافق بإمداده بـ  $\text{O}_2$  على مسحوق النحاس المسخن للدرجة  $300^\circ\text{C}$  وفق المعادلة الآتية:

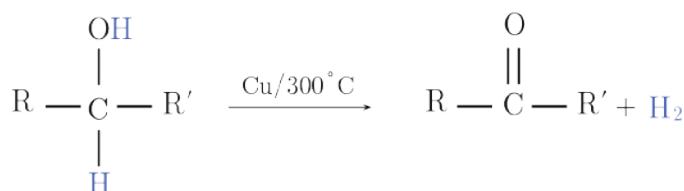


### تطبيق (5):

أسمى الغول الذي يعطي الإيتانول عند نزع الهdroجين منه، بشروط مناسبة، ثم اكتب معادلة التفاعل الحاصل.  
الحل:



- يتأكسد الغول الثاني إلى الكيتون الموافق بإمداده بـ  $\text{O}_2$  على مسحوق النحاس المسخن للدرجة  $300^\circ\text{C}$  وفق المعادلة الآتية:



## نشاط (10):

يتَكَسَدُ الْبِرُوبَان - 2 - وَلَ بِوْجُودِ مَسْحوقِ النَّحَاسِ وَالتسخينِ حَتَّى الدَّرْجَةِ 300° C ، اكْتُبْ مَعَادِلَةَ التَّفَاعُلِ الْحَاصِلِ ، ثُمَّ سَمِّيِّ المَرْكَبِ الْعَصْوَيِّ النَّاتِجِ .

### ٤. تفاعلات البلمية للأغوال:

البلمية: هي عملية انتراع الماء من الغول بوجود حمض الكبريت المركّز كوسيط ، وعند درجة حرارة مناسبة.

#### • البلمية داخل الجزيء:

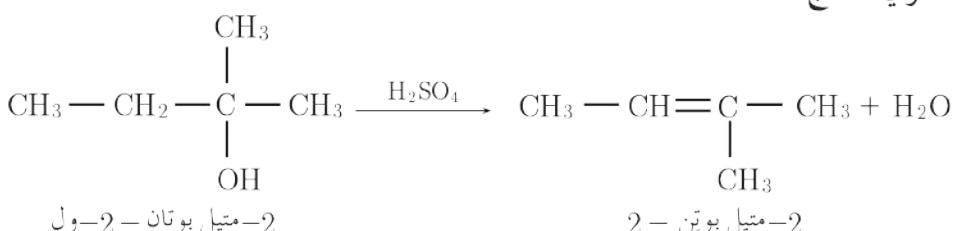
هي عملية نزع جزيئة ماء من جزيء واحد من الغول بوجود حمض الكبريت المركّز كوسيط ، وعند درجة حرارة مناسبة وفق قاعدة زايسف، تزداد صعوبة البلمية الداخلية من الغول الشاشي إلى الغول الشاوي، فالأخير.



قاعدة زايسف يتم حذف الماء من الأغوال بخروج الهيدروجين من ذرة الكربون الأقل هدروجينياً والمجاورة لذرة الكربون المرتبطة بزمرة الهيدروكسيل، ويشكل الألken الأكثر تبادلاً.

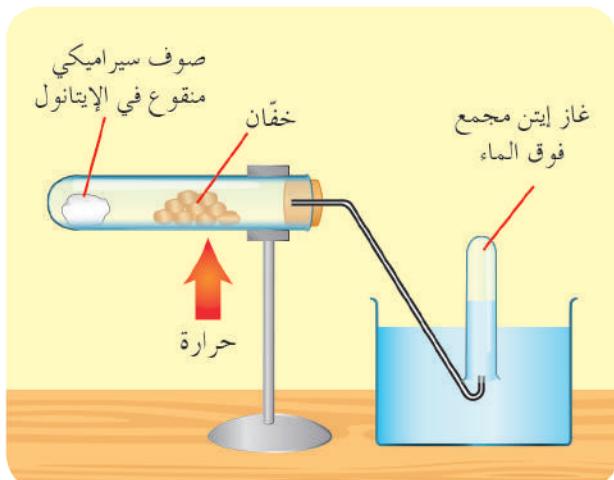
## تطبيق (6):

أكتب معادلة تفاعل البلمية داخل الجزيء للمركب: 2-متيل بوتان - 2 - ول في شروط مناسبة، وأسمّي المركب العضوي الناتج.



## نشاط (11):

لاحظ من التجربة الموضحة بالشكل المجاور تجمع غاز الإيتلن فوق سطح الماء الناتج عن الإيتانول. أكتب المعادلة المعتبرة عن التفاعل، وأسمّي نوع التفاعل.

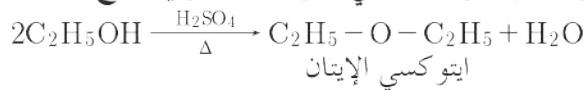


## • البلمية ما بين الجزيئية:

عملية نزع جزيئية ماء من جزيئتي غول بوجود حمض الكبريت عند درجة حرارة مناسبة، وينتج الإيتير الموفق.

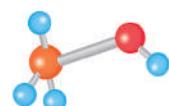
### تطبيق (7):

أكتب معادلة البلمية ما بين الجزيئية ل لإيتانول، وأسمى المركب العضوي الناتج.



### إثراء:

#### الميتانول (روح الخشب):



- غول سام لأنّه يتأكسد في الكبد متحوّلاً إلى الميتانال الذي يتفاعل مع الأنزيمات، ويفقدّها وظائفها الحيوية مما يسبّب العمى.
- يستخدم في صناعة اللّدائن المستخدمة في المنتجات الجلدية، وفي المستحضرات الطبيّة.
- يستخدم في رشّ الأسطح الخارجيّة للطّائرات لإزالة الجليد عنها حيث تنخفض درجة تجمّد محلول، وينصهر الجليد عند ذوبان الميتانول فيه.

## تعلّمت

- الأغوال مركبات عضوية تحتوي على زمرة الـهيدروـكسيـلـيـة.
- صيغة الأغوال العامة  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$  أو  $\text{R}-\text{OH}$ .
- تصنّف الأغوال حسب نوع ذرة الكربون التي ترتبط بها زمرة الـهيدروـكسيـلـيـة، أغوال ثانوية، أغوال ثالثية.
- تسمّي الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يلي:
  1. تُرقم أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب إلى زمرة الـهيدروـكسيـلـيـة.
  2. يُكتب اسم كل فرع (مُتبادل) – إن وجد – مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
  3. يُكتب اسم الألكان المُوافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تُكتب اللاحقة (ول) مسبوقة برقم ارتباطها بالسلسلة.
- الأغوال في حدودها الأولى سوائل مُزوجيّة بالماء، تحول إلى سوائل زيتية القوام، ثم إلى مواد صلبة قليلة المزوجيّة بالماء كلما زادت الكتلة الجزيئية للمركب.

- ترداد درجة غليان الأغوال بازدياد كتلها الجزيئية.
- تتصرف الأغوال بصفة حمضية تظهر من خلال تفاعಲها مع الأسس القوية، والمعادن النشطة كيميائياً.
- تتفاعل الأغوال مع الحموض الكربوكسيلية لتعطي أستر وماء بوجود حفاز.
- البلمهة عند الأغوال إما داخلية لإعطاء الكن أو بين الجزيئية لإعطاء إيتير.
- تتأكسد الأغوال الأولية أكسدة تامة معطية حموض كربوكسيلية أمّا الأغوال الثانوية فتعطي عند أكسدتها كيتونات في حين الأغوال الثالثية لا تستجيب لتفاعلات الأكسدة.
- يحضر الإيتانول بعدة طرائق صناعيّاً منها (ضم الإتن للماء بوجود حمض الكبريت والدرجة  $110^{\circ}\text{C}$ ، أو تحمّر الكربوهيدرات).

### أختبر نفسك



**أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:**

1. غول وحيد الوظيفة النسبة الكتليلية للأكسجين فيه  $\frac{8}{37}$  فتكون كتلته المولية:

60. d      74. c      44. b      32. a

2. مركب عضوي ذو الصيغة  $\text{R}'\text{CHOH}-\text{R}-\text{R}$  يدلّ على:

- a. الدهيد      b. غول أولي      c. غول ثالثي      d. غول ثانوي

3. غول وحيد الوظيفة النسبة الكتليلية للأكسجين فيه 50% هو:

- d. بروبان - 1 - ول      c. بوتان - 1 - ول      b. إيتانول      a. ميتانول

4. أكسدة الأغوال الثانوية تعطي:

- a. الدهيدات      b. حموض كربوكسيلية      c. كيتونات      d. إيترات

**ثانياً: اكتب الصيغة نصف المنشورة لكل من المركبات الآتية:**

3 - متيل بنتان - 2 - ول، 2 - كلورو البروبان - 1 - ول، البوتان - 1 - ول.

**ثالثاً: اكتب الصيغة الهيكلية، ثم سُمّ كلاً من المركبات الآتية وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:**

$$(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{OH}, \text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

**رابعاً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:**

1. تفاعل الأغوال مع المعادن النشطة.

2. الهكسان - 1 - ول أقل مزوجية في الماء من الإيتانول.

3. ينحلّ الإيتانول في الماء بكافة النسب.

**خامساً: لديك الأغوال الآتية: بنتان - 2 - ول، بوتان - 1 - ول، 2 - متيل بروبان - 2 - ول، المطلوب:**

1. اكتب الصيغة نصف المنشورة، والصيغة الهيكلية لكل غول.

2. صنف الأغوال السابقة إلى: أولية - ثانية - ثالثية.

3. إثنان من الأغوال السابقة متصاوغان مع بعضهما حددهما، واذكر نوع التصاوغ.

سادساً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. يحضر البروبان -2 ول صناعياً من تفاعل ضم الماء إلى البروبين في الدرجة  $60^{\circ}\text{C}$  وضغط مناسب وبحضور وسائل حمضية. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل.

2. يتآكسد البروبان -1 ول أكسدة تامة إلى حمض البروبانويك، اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل.

3. اكتب معادلة تفاعل البلمية الداخلية لليوتان -2 ول في شروط مناسبة وسم المركب العضوي الناتج.

4. اكتب معادلة البلمية ما بين الجزيئية للميتانول، وسم المركب الناتج.

سابعاً: حل المسائل الآتية:

المأسأة الأولى:

غول ثانوي يحتوي على 26.66% من الأكسجين. المطلوب:

1. احسب الكتلة الجزئية للغول.

2. اكتب الصيغة المجملة والصيغة نصف المنشورة للغول.

3. اكتب اسم الغول حسب IUPAC

(C:12, O:16, H:1)

المأسأة الثانية:

مركب غولي كتلته المولية  $74\text{ g.mol}^{-1}$  يمكن الحصول عليه من ضم الماء إلى الكن نظامي. ما الصيغة نصف المنشورة لهذا المركب؟ ما هو الكن المستعمل في التفاعل.

(C:12, O:16, H:1)

المأسأة الثالثة:

يتفاعل غول وحيد الوظيفة مع الصوديوم فينتج ملح كتلته  $\frac{34}{23}$  من كتلة الغول. المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.

2. احسب الكتلة المولية للغول.

3. استنتج الصيغة المجملة للغول، ثم الصيغة نصف المنشورة، وسمه حسب IUPAC

(C:12, O:16, H:1, Na:23)

تفكيير ناقد



الميتانول أكثر حموضة من الأغوال الثانوية والثالثية. فسر ذلك.

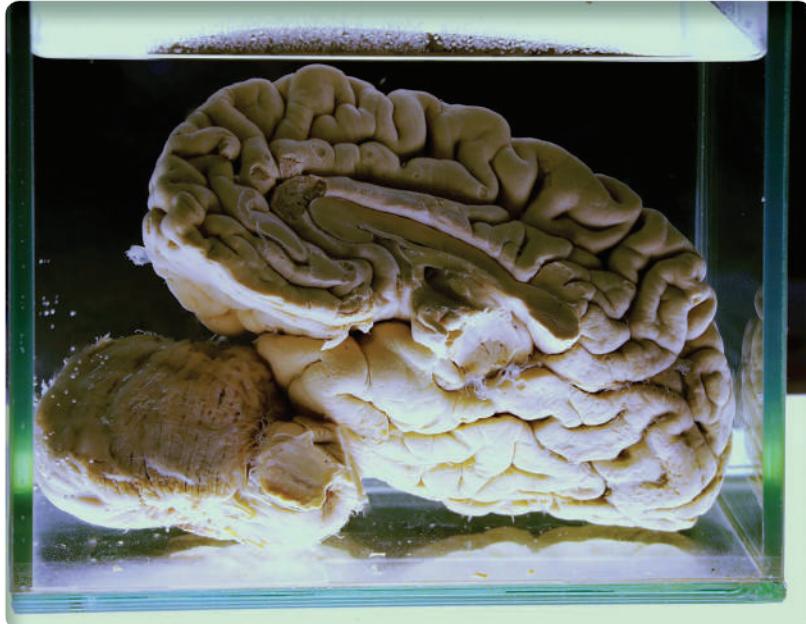
ابحث أكثر



الإيتانول من المركبات العضوية الهامة في عديد من الصناعات، ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشبكة عن ذلك.

# الألدهيدات والكيتونات

5-2



تحفظ في المختبر العلميّة بعض الكائنات الحيّة بعد موتها، أو أنسجتها في محلول مائي للفورم ألدهيد (الفورمالين)، حيث يمنع تحلّلها وإفسادها.

## الأهداف:

- \* يتعرّف الوظيفة الألدهيدية.
- \* يتعرّف الوظيفة الكيتونية.
- \* يسمّي الألدهيدات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكليماء .IUPAC
- \* يسمّي الكيتونات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكليماء .IUPAC
- \* يتعرّف أهم طائق التحضير الصناعي لبعض الألدهيدات.
- \* يتعرّف أهم طائق التحضير الصناعي لبعض الكيتونات.
- \* يتعرّف بعض الخصائص الفيزيائية للألدهيدات.
- \* يتعرّف بعض الخصائص الفيزيائية للكيتونات.
- \* يتعرّف بعض الخصائص الكيميائية للألدهيدات.
- \* يتعرّف بعض الخصائص الكيميائية للكيتونات.

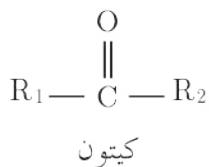
## الكلمات المفتاحية:

- \* الألدهيدات
- \* الكيتونات
- \* زمرة الكربونيل

## الزمرة الوظيفية - الصيغة العامة للألدهيدات والكيتونات :

نشاط (1):

لاحظ الصيغ الكيميائية الآتية:



أحدّد الزمرة المشتركة في الصيغ.

أمّيز بين الألدهيد والكيتون من حيث الزمرة الوظيفية.



نتيجة:

- تشتّر الألدهيدات والكيتونات بزمرة الكربونيل.  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{R} \end{array}$
- تتميّز الألدهيدات بوجود الزمرة  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{H} \end{array}$  مرتبطة بجذر ألكيلي أو هدروجين.
- تتميّز الكيتونات بوجود الزمرة الوظيفية  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{R}_1 \end{array}$  مرتبطة بجذريين ألكيليين.
- الصيغة العامة للألدهيدات  $\text{R}-\text{CHO}$  أو  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{R} \end{array}$ .
- الصيغة العامة للكيتونات  $\text{R}_1-\text{CO}-\text{R}_2$  أو  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{R}_1 \end{array}$ .

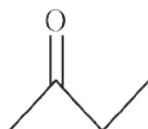
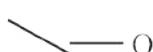


إضافة

يعتبر الكيتون متناهٍ عندما  $\text{R}_1 = \text{R}_2$

نشاط (2):

صنف المركبات الآتية إلى (الألدهيدات، كيتونات).

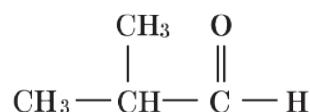


## نَسْمَيَةُ الْأَلْدَهِيدَاتِ وَالْكَيْتُونَاتِ حَسْبَ قَوَاعِدِ الْاِتَّحَادِ الدُّولِيِّ لِلْكِيمِيَاءِ الْبَحْثَةِ وَالْتَّطْبِيقِيَّةِ IUPAC :

### أولاً: نَسْمَيَةُ الْأَلْدَهِيدَاتِ:

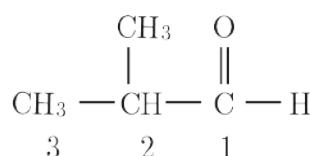
(3): نَشَاط

أَسْمَى الْأَلْدَهِيدِ الْأَتِيِّ وَفِقْ قَوَاعِدِ الْاِتَّحَادِ الدُّولِيِّ IUPAC :



خُطُواتُ الْحَلَّ:

1. أَرْقَمْ أَطْوَلَ سَلِسْلَةَ كَرْبُونِيَّةَ بِدِءَاءً مِنْ ذَرَّةِ كَرْبُونِ الزَّمْرَةِ الْوَظِيفِيَّةِ:



2. أَسْمَى الْفَرْعِ الْمَرْتَبَةِ بِالسَّلِسْلَةِ مَسْبُوقَةً بِرْقَمِ ذَرَّةِ الْكَرْبُونِ الْمَرْتَبَتِ بِهَا.

3. أَكْتُبْ اسْمَ الْأَلْكَانِ الْمُوَافِقِ لِأَطْوَلِ سَلِسْلَةِ كَرْبُونِيَّةٍ وَأَضِيفِ الْلَّاحِقَةِ آلَ (al).

2- مَيْتِيلِ بِرُوبِانَال

نتيجة:

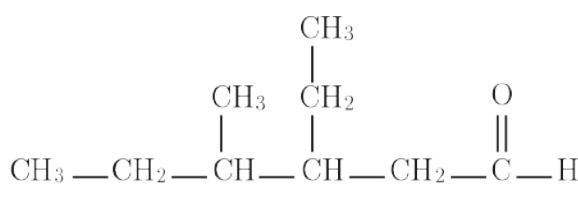


تُكْتُبْ أَسْمَاءُ الْأَلْدَهِيدَاتِ حَسْبَ قَوَاعِدِ الْاِتَّحَادِ الدُّولِيِّ IUPAC وَفِقْ مَا يَلِي:

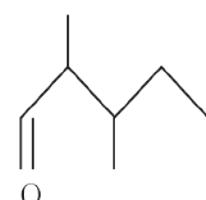
- ثُرَقَمْ أَطْوَلَ سَلِسْلَةَ كَرْبُونِيَّةَ بِدِءَاءً مِنْ ذَرَّةِ كَرْبُونِ الزَّمْرَةِ الْوَظِيفِيَّةِ.
- يُكْتُبْ اسْمَ كُلَّ فَرْعِ (مُبِتَادِل) إِنْ وُجِدَ مَسْبُوقَ بِرْقَمِ ذَرَّةِ الْكَرْبُونِ الْمَرْتَبَتِ بِهَا.
- يُكْتُبْ اسْمَ الْأَلْكَانِ الْمُوَافِقِ لِأَطْوَلِ سَلِسْلَةِ كَرْبُونِيَّةٍ مَضَافًاً لِهِ الْلَّاحِقَةِ (al).

تطبيقات(1):

أَكْتُبْ اسْمَ الْمَرْكَبَيْنِ الْأَتِيِّينِ وَفِقْ قَوَاعِدِ الْاِتَّحَادِ الدُّولِيِّ IUPAC :



3-4- مَيْتِيلِ الْهِيْكَسَانَال

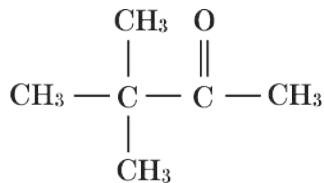


3,2- ثَانِي مَيْتِيلِ الْبِيْتَانَال

## ثانياً: تسمية الكيتونات:

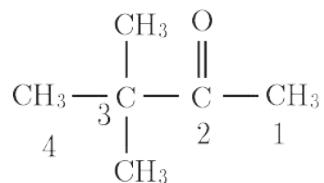
#### نشاط (4):

**اسمي الكيتون الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :**



خطوات الحل:

- ١.** أرقام أطول سلسلة كربونية بدءاً من الطرف الأقرب لذرة كربون زمرة الكربونيل:



2. أسمى الفروع المرتبطة بالسلسلة مسبوقة برقم ذرة الكربون المرتبطة بها.

3. أكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم رقم ذرة كربون زمرة الكربونيل وأضيف اللاحقة (ون).

-3.3 -ثنائي متيل بوتان -2-ون

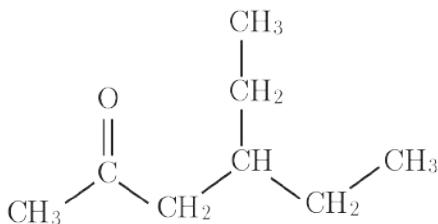


تكتب أسماء الكيتونات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء IUPAC وفق الآتي:

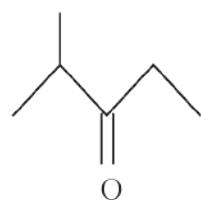
- ثُرَّقْم أطْوَل سَلْسَلَة كَرْبُونِيَّة مِن الطَّرْفِ الأَقْرَب لِذَرَّة كَرْبُون زَمْرَدَ الْكَرْبُونِيَّل.
  - يُكتَب اسْمَ كُلّ فَرْع (مُتَبَادِل) إِنْ وُجِد مُسْبِوق بِرْقَم ذَرَّة الْكَرْبُون المُرْتَبَتُ بِهَا.
  - يُكتَب اسْمَ الْأَلْكَانِ الْمُوَافِق لِأطْوَل سَلْسَلَة كَرْبُونِيَّة، ثُمَّ تُكتَب الْلَّاحِقَة (ون) مُسْبِوَقَة بِرْقَم ارْتِبَاطَهَا بِالسَّلْسَلَة.

## تطبيقات (2)

أكتب اسم المركّبين الآتَيْنِ وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



إيتا الهاكسان - 2 - ون



- متیل بنتان - 3 - ون

## نشاط (5):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكيلية للمركب الآتي:  
ـ4,2-ثنائي متيل بنتان -3-ون



**السممية الشائعة:** تطلق على بعض المركبات الصناعية من الألدهيدات والكيتونات تسمية  
شائعة:

الاسم الشائع للألدهيد أو الكيتون	الصيغة الجزيئية
فورم الألدهيد	$\text{HCHO}$
أسيت الألدهيد	$\text{CH}_3 - \text{CHO}$
أسيتون	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$

## التحضير الصناعي لبعض الألدهيدات:

تحضر الألدهيدات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الأولية على مسحوق النحاس عند الدرجة  $300^{\circ}\text{C}$  لنحصل على الألدهيدات الموافقة أو من إرجاع الحموض الكربوكسيلية باستخدام عنصر البلاديوم Pd.

## نشاط (6):

أكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل عند إمرار بخار الغول الأولي على مسحوق النحاس المسخن للدرجة  $300^{\circ}\text{C}$ .

## نشاط (7):

أكتب المعادلة المعبرة عن إرجاع الحموض الكربوكسيلي بالهدروجين بوجود البلاديوم كوسيلط.

## التحضير الصناعي لبعض الكيتونات:

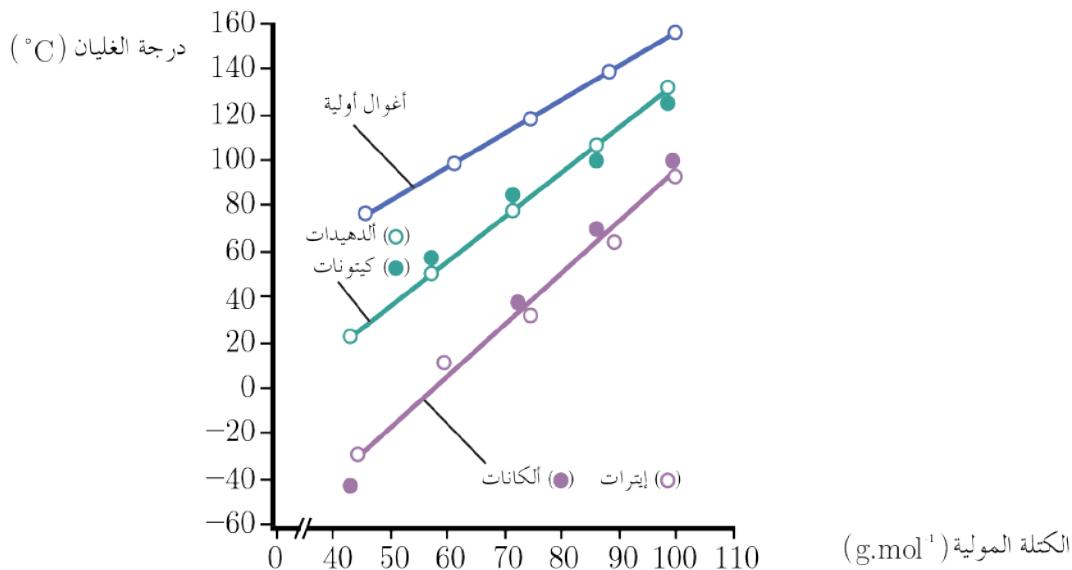
يتم تحضير الكيتونات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الثانوية على مسحوق النحاس عند الدرجة  $300^{\circ}\text{C}$  لنحصل على الكيتونات الموافقة.

## نشاط (8):

غول ثانوي يعطي عند إمرار بخاره على مسحوق النحاس المسخن للدرجة  $300^{\circ}\text{C}$  3-بوتان-2-ون أكتب  
المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.

## الخواص الفيزيائية للألدهيدات والكيتونات : نشاط (9)

الالاحظ المخطط الآتي الذي يبيّن درجات غليان مجموعة من المركبات العضوية بدلالة الكتلة المولية وأجيب عن الأسئلة الآتية:



- كيف تغيّر درجة غليان الألدهيدات ودرجة غليان الكيتونات بحسب كتلتها المولية.
- أقارن بين درجة غليان الألدهيدات والأغوال الموافقة لها مع التفسير.
- أقارن بين درجة غليان الألدهيدات والأنكاثنات الموافقة مع التفسير.
- أقارن بين درجة غليان الكيتونات والإثرات الموافقة مع التفسير.

أستنتج :

- تزداد درجة غليان الألدهيد بازدياد كتلته المولية.
- تزداد درجة غليان الكيتون بازدياد كتلته المولية.
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألدهيدات والكيتونات الموافقة لها، لأن جزيئات الأغوال تشكّل روابط هdroجينية بين جزيئاتها، بينما لا تشكّل الألدهيدات والكيتونات روابط هdroجينية.
- درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من درجة غليان الأنكاثنات الموافقة، لأن قطبية روابط الألدهيدات والكيتونات أعلى من قطبية روابط الأنكاثنات.
- درجة غليان الألدهيدات والكيتونات أعلى من الإثرات الموافقة، لأن قطبية الرابطة  $C=O$  في الألدهيدات والكيتونات أقوى من قطبية الرابطة  $C-O-C$  في الإثرات.

## نشاط (10):

الاحظ من الجدول الآتي الذي يمثل مزوجية (انحلالية) بعض الألدهيدات والكيتونات ذات السلسل النظامية وأفسر:

1. مزوجية الألدهيدات والكيتونات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة بالنسبة كافة في الماء.
2. تناقص مزوجية الألدهيدات والكيتونات بزيادة كتلها المولية.

المزوجية الكتيلية في mL 100 من الماء	الصيغة الجزيئية	المركب
مزوج بكافة النسب	$\text{CH}_3 - \text{CHO}$	إيتانال
16	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CHO}$	بروبانال
7	$\text{C}_3\text{H}_7 - \text{CHO}$	بوتانال
قابلية قليلة جداً	$\text{C}_4\text{H}_9 - \text{CHO}$	بنتانال
مزوج بكافة النسب	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$	بروبانون
26	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CO} - \text{CH}_3$	بوتان-2-ون
5	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CO} - \text{C}_2\text{H}_5$	بتنان-3-ون

– تمازج الألدهيدات والكيتونات ذات الكتل المولية المنخفضة في الماء، بسبب الصفة القطبية لمرة الكربونيل.

– يقل مزوجية الألدهيدات والكيتونات تدريجياً مع ازدياد كتلها الجزيئية، بسبب نقصان تأثير الجزء القطبي عند زيادة تأثير الجزء غير القطبي R.

## بعض الخواص اليميائية للألدهيدات والكيتونات:

### أولاً: الأكسدة:

- التفاعل مع محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم في وسٍط حمضي:

#### تجربة (1):

المواد والأدوات الازمة: محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم، ألدهيد (إيتانال)، كيتون (بروبانون)، أنيobi اختبار – محلول حمض الكبريت.

#### خطوات التجربة:

- أضع في الأنابيب الأول 5 mL من الإيتانال وفي الأنابيب الثاني 5 mL من البروبانون وأضيف إلى كل منها قطرات من محلول حمض الكبريت. أضيف محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم إلى كل من الأنابيبين السابقتين، ماذا ألاحظ؟
- أكتب معادلة التفاعل الحاصل.

أستنتج:

يتآكسد الإيتانال بمحلول ثائي كرومات البوتاسيوم في وسط حمضي، وتُرجع أيونات ثائي الكرومات ذات اللون البرتقالي إلى أيونات الكروم  $\text{Cr}^{3+}$  ذات اللون الأخضر وفق المعادلة الآتية:



- لا يتفاعل البروبانون مع ثائي كرومات البوتاسيوم.



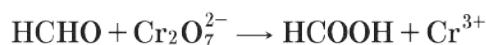
يستخدم هذا التفاعل للكشف عن الألدهيدات والتمييز بينها وبين الكيتونات.

نتيجة:

تتأكسد الألدهيدات بسهولة إلى حموض كربوكسيلية بسبب وجود ذرة هdroجين مرتبطة بذرة الكربون الزمرة الكربونيلية. بينما تقاوم الكيتونات الأكسدة بسبب عدم وجود ذرة هdroجين مرتبطة بذرة كربون الزمرة الكربونيلية.

نشاط (11):

وازن معادلة الأكسدة والإرجاع الآتية في وسط حمضي، ثم حدد كلاً من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الإرجاع:



- التفاعل مع كاشف تولن:

تجربة (2):

المواد والأدوات الالزامية: هdroكسيد الفضة النشادي (كاشف تولن)،  
الألدهيد (ميتانال أو إيتانال)، أنبوب اختبار.

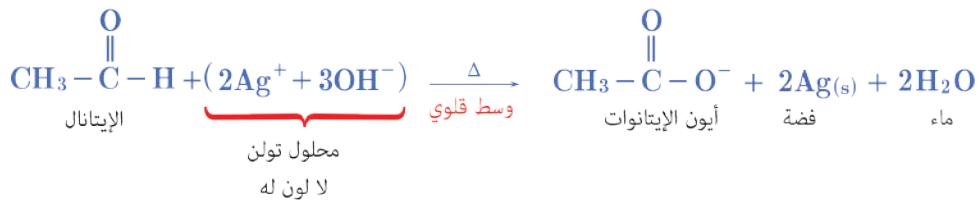
خطوات التجربة:

- أضع 5 mL من الإيتانال في أنبوب اختبار وأضيف إليه 1 mL من محلول هdroكسيد الفضة النشادي (كاشف تولن).
- أسخن الأنبوب في حمام مائي ساخن لمدة 5 دقائق، فلاحظ ترسب طبقة من الفضة على جدران الأنبوب.

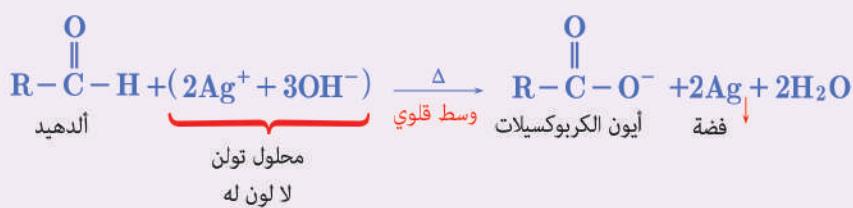


أستنتاج:

يُرجع الإيتانال أيونات الفضة إلى الفضة التي تترسب على جدران الأنوب مشكلة مرآة فضية، وتؤكسد أيونات الفضة الإيتانال إلى حمض الإيتانويك الذي يتحول إلى أيونات الإيتانوات في وسطٍ أساسٍ وفق المعادلة:



نتيجة:   
تفاعل الألدهيدات مع كاشف تولن وفق المعادلة:



إثراء: 

### تحضير كاشف تولن

يتم تحضير كاشف تولن  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  عبر مزج  $1\text{ mL}$  من نترات الفضة و  $1\text{ mL}$  من هيدروكسيد البوتاسيوم  $10\%$ ، فيتشكل راسب  $\text{AgOH}$ ، ثم يضاف هيدروكسيد الأمونيوم حتى يذوب الراسب المتشكل.

### • التفاعل مع كاشف فهلنخ:

تجربة (3):

المواد والأدوات اللازمة: مزيج لكبريتات الثحاس وطرطرات الصوديوم والبوتاسيوم (كاشف فهلنخ)، ألدهيد (ميتانال أو إيتانال)، أنبوب اختبار.

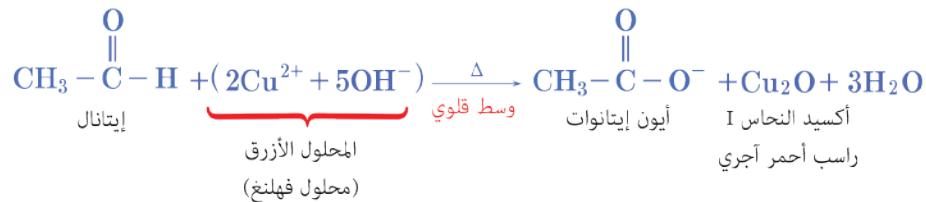
خطوات التجربة:



- أضع في أنبوب اختبار  $2\text{ mL}$  من محلول فهلنخ.
- أضيف إليه  $1\text{ mL}$  من الإيتانال.
- أمرج محتوى الأنبوب في حمام مائي ساخن.
- الاحظ تشكّل راسب أحمر أحمر أحمر.

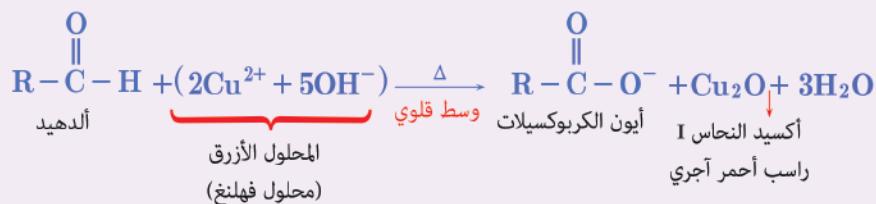
أُستنتج:

يُرجع الإيتانال أيونات النحاس II إلى أيونات النحاس I الذي يتربّس على شكل أكسيد النحاس الأحادي، وتؤكّد أيونات النحاس II الإيتانال إلى حمض الإيتانويك الذي يتحوّل إلى أيونات الإيتانوات في وسط أساسي وفق المعادلة:



### نتيجة:

تفاعل الألديهيدات مع كاشف فهلنـغ وفق المعادلة:



### نشاط (12):

أكتب معادلة تفاعل الميتانال مع كاشف فهلنـغ، ثم أحدد كلامًّا من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الإرجاع، والعامل المؤكسد والعامل المرجع.

### إثراء:

#### كاشف فهلنـغ

يُستَعملُ في الكشف عن الألديهيدات وتحديده كميّتها، يتكون من مزيج لكبريتات النحاس وطرّرات الصوديوم والبوتاسيوم في محلول أساسي.

### ثانياً: تفاعلات الإضافة:

تحوي زمرة الكربونيل  $\text{C=O}$  على الرابطين  $\sigma$ ,  $\pi$  حيث يحدث تفاعل الإضافة على الرابطة الضعيفة.

• إضافة سيانيد الهدروجين:

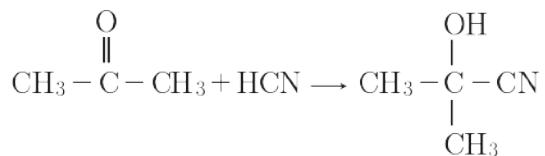
تطبيق (3):

أكتب المعادلة المعتبرة عن تفاعل ضم سيانيد الهدروجين إلى الإيتانال، وأسمّي المركب العضوي الناتج.



تطبيق (4):

أكتب تفاعل إضافة سيانيد الهدروجين للبروبانون، وأسمّي المركب العضوي الناتج.



— هيدروكسي 2-متيل بروبان نتريل

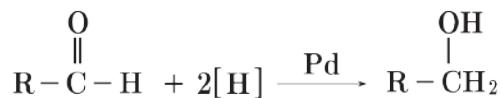
ثالثاً: تفاعلات الإرجاع

• الإرجاع بواسطة هدرید الليثيوم والألمنيوم

يمكن إرجاع الألدهيدات والكيتونات إلى الأغوال الموافقة باستخدام المرجعات مثل: رباعي هدرید الليثيوم والألمنيوم أو الهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز.

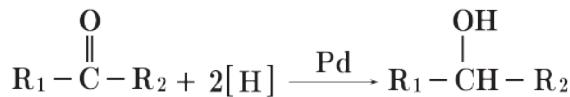
تطبيق (5):

أكتب المعادلة المعتبرة عن إرجاع الألدهيد بالهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز.



تطبيق (6):

أكتب المعادلة المعتبرة عن إرجاع الكيتون بالهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز.



### نشاط (13):

يرجع الكيتون بالهدروجين بوجود البالاديوم كحفاز فينثج البوتان - 2 - ول. المطلوب:

1. أكتب صيغة هذا الكيتون.

2. أكتب معادلة التفاعل الحالى.

### رابعاً: التفاعل مع الهالوجينات:

يؤدي إضافة محلول اليود المنحل في رباعي كلور الكربون ذو اللون البنفسجي إلى الكيتون لزوال لون اليود، حيث يستبدل اليود بذرة الهدروجين المجاورة للزمرة الوظيفية وفق التفاعل الآتى:



يتغير لون محلول اليود حسب المذيب فهو بنى اللون في الإيتانول وبنفسجي اللون في رباعي كلور الكربون

### نشاط (14):

أكتب معادلة تفاعل البروم مع الأسيتون (بروبانون)، وأسمى المركب العضوي الناتج.



- تشترك الألديهيدات والكيتونات بزمرة الكربونيل  $\text{C}=\text{O}$ .
- تحضر الألديهيدات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الأولية على مسحوق النحاس عند الدرجة  $300^\circ\text{C}$  لتحصل على الألديهيدات الموافقة أو من إرجاع الحموض الكربوكسيلية بالهدروجين بوجود البلاديوم  $\text{Pd}$ .
- تحضر الكيتونات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الثانوية على مسحوق النحاس عند الدرجة  $300^\circ\text{C}$ .
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألديهيدات والكيتونات الموافقة.
- درجة غليان الألديهيدات والكيتونات أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة.
- درجة غليان الألديهيدات والكيتونات أعلى من الإيترات الموافقة.
- تتأكسد الألديهيدات بسهولة إلى حموض كربوكسيلية.
- تضمم الألديهيدات والكيتونات سيانيد الهدروجين.
- ترجع الألديهيدات إلى أغوال أولية.
- ترجع الكيتونات إلى أغوال ثانوية.
- تفاعل الألديهيدات والكيتونات مع الهايوجينات.

### أختبر نفسك



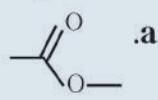
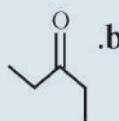
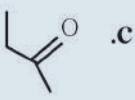
أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكلٍ مما يأتي:

1. تشترك الألديهيدات والكيتونات بوجود زمرة:

d. الكربوكسيل      c. الهدروكسيل

a. الفورميك      b. الكربونيل

2. إحدى الصيغ الآتية تمثل كيتوناً متناهراً:



3. يُرجع البروبانون بالهدروجين، بوجود البلاديوم كوسيل ويتتج:

b. بروبان -1-ول

c. بروبان -2-ول

a. بروبانال

4. المركب الذي يتفاعل مع كاشف فهلنخ من بين المركبات الآتية هو:

d. إيتانال

c. حمض الإيتانويك

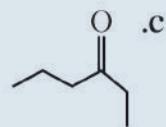
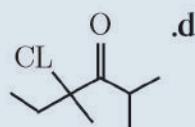
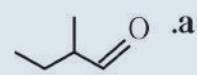
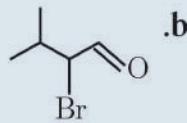
b. ميتانوات الإيتيل

a. بروبان -2-ون

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. درجات غليان الألدهيدات أقلّ من درجات غليان الأغوال الموافقة.
2. تقلّ مُروجية الكيتونات في الماء بزيادة كتلها الجزيئية.
3. تأكسد الألدهيدات بسهولة بينما تقاوم الكيتونات الأكسدة في الشروط ذاتها.

ثالثاً: اكتب الصيغة النصف منشورة للمركبات الآتية، ثم سُمّها وفق قواعد IUPAC.



رابعاً: اكتب الصيغة الهيكلية للمركبات الآتية:

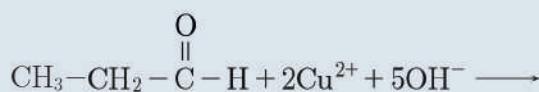
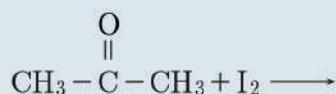
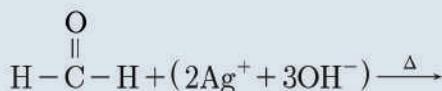
b. 3-ثنائي متيل بوتانال

a. 3-متيل هكسان - 2 - ون

d. 3-متيل بutan - 2 - ون

c. 2- كلورو بروبانال

خامساً: أكمل المعادلات الآتية:



سادساً: وازن معادلة الأكسدة والإرجاع الآتية في وسط حمضيّ، واكتب نصفي تفاعل الأكسدة، وتفاعل الإرجاع، ثم حدد العامل المؤكسد، والعامل المرجع:



سابعاً: حل المسألتين الآتتين:

**المسألة الأولى:**

كيتون متوازن النسبة المئوية الكتليلية للأكسجين فيه 18.6% ، المطلوب:

1. احسب الكتلة المولية لهذا الكيتون.

(C:12 , O:16 , H:1)

2. استخرج صيغته النصف منشورة، واكتب اسمه.

### المسألة الثانية:

يممر بخار غول أولي على مسحوق النحاس المسخن إلى الدرجة  $300^{\circ}\text{C}$ ، فيتشكل  $2.2\text{ g}$  من الألدهيد، ثم يعامل هذا الألدهيد مع كمية كافية من محلول تولن، فيتشكل راسب كتنته  $10.8\text{ g}$ . المطلوب:

1. اكتب المعادلتين المعتبرتين عن التفاعلين الحاصلين.

2. احسب الكتلة المولية لكل من الألدهيد والغول.

3. استنتج الصيغة النصف منشورة لكل من الألدهيد والغول، واكتب اسم كلّ منهما.

( C:12 , O:16 , H:1 , Ag:108 )

### تفكير ناقد

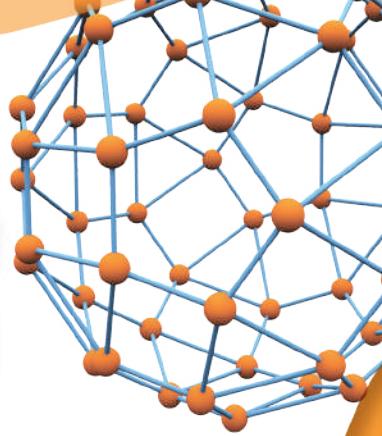
وضح كيف تميز بين الألدهيد والكيتون بتجربة مناسبة.

### أبحث أكثر

للميتوانال استخدامات عديدة في الصناعة، ابحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو في الشبكة.

5-3

## الحموض العضوية (الكريبوكسيلية)



### الأهداف:

- \* يصنف الحموض الكريبوكسيلية.
- \* يسمّي الحموض الكريبوكسيلية وفق نمط الاتحاد الدولي (IUPAC).
- \* يتعرّف بعض الخصائص الفيزيائية للحموض الكريبوكسيلية.
- \* يتعرّف بعض الخصائص الكيميائية للحموض الكريبوكسيلية.
- \* يستنتج تجريبياً قوّة الحموض الكريبوكسيلية.
- \* يتعرّف بعض طرائق استحصلان حمض الـ-إيتانوئيك.

### ؟ الكلمات المفتاحية:

- \* الحموض الكريبوكسيلية
- \* زمرة الكريبوكسيل

تعدّ نبتة الصفصفاف من النباتات الطّيّبة التي عُرفت منذ القديم كمادة مسكة للألم وخافضة للحرارة، يعود ذلك لاحتواها على حمض الساليسيليك، وهو من الحموض الكريبوكسيلية الأروماتيّة والذي يوجد أيضاً في نسخ نبات التين.

## تصنيف الحموض الكربوكسيليّة:

### نشاط (1)

الاحظ الصيغ الكيميائية الآتية:



- أصنّف الحموض الكربوكسيليّة حسب عدد الزمر الوظيفيّة.
- أصنّف الحموض الكربوكسيليّة حسب نوع الجذر الذي ترتبط فيه الزمرة الوظيفيّة.
- أحدد نمط تهجين ذرة الكربون المرتبطة بالزمرة الوظيفيّة.

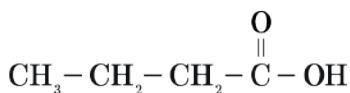
أستنتج:

	$\text{R}-\underset{\text{COOH}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{COOH}$	$\text{R}-\underset{\text{COOH}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{H}$	$\text{R}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
أحادي الوظيفة	ثلاثي الوظيفة	ثنائي الوظيفة	أحادي الوظيفة
حمض أريلي (عطري)	حمض إليفاتي	حمض إليفاتي	حمض إليفاتي
$sp^2$	$sp^3$	$sp^3$	$sp^3$

## نسمة الحموض الكربوكسيليّة بحسب الاتحاد الدولي للكلمياء البحتة والتطبيقية IUPAC :

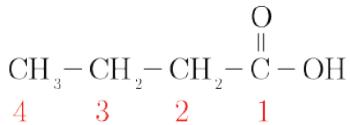
### نشاط (2):

أسمى الحموض الكربوكسيليّة الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :



خطوات الحل:

1. أرقّم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الكربوكسيليّة:



2. أسمى الألكان المُوافق لأطول سلسلة كربونية مسبوقة بكلمة حمض، مع إضافة اللاحقة (وئيك)، حمض البوتانويك.

## نتيجة:

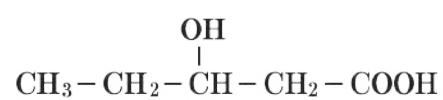
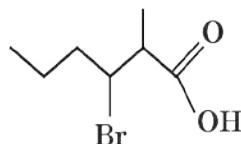


تُكتب أسماء الحموض الكربوكسيليّة حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يأتي:

- تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الكربوكسيليّة.
- تُكتب الكلمة حمض ثم اسم كل فرع (مُتبادل) - إن وجد - مسبوقة برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان المُوافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تضاف اللاحقة (وئيك oic).

## تطبيق (1):

أكتب اسم كل من المركّبين الآتيين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :



حمض 3-برومو 2-متيل الهكسانويك

حمض 3-هيدرو كسي البتانويك

## نشاط (3):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:

حمض 3-إتيل - 2-متيل البتانويك.



التسمية الشائعة لبعض الحموض الكربوكسيليّة:

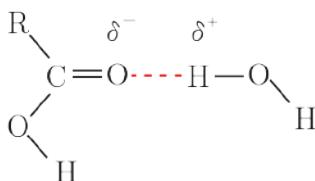
حمض الخل	حمض الزبدة	حمض التمل	الاسم
$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$	$\text{HCOOH}$	الصيغة

## الخاصيات الفيزيائية: نشاط (4):

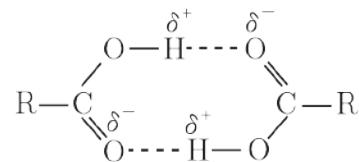
الاحظ من الجدول الآتي الذي يمثل مزوجية بعض الحموض الكربوكسيلية النظامية، وأفسّر ما يأتي:

اسم الحمض النظامي	درجة الغليان °C	المزوجية في 100 g ماء عند 20°C
حمض الميتانويك	101	مزوج بأية نسبة
حمض الإيتانويك	118	مزوج بأية نسبة
حمض البروبانويك	141	مزوج بأية نسبة
حمض البوتانويك	164	مزوج بأية نسبة
حمض البتانويك	187	3.7
حمض الهكسانويك	205	1.08

1. الحموض الكربوكسيلية التي تحوي 1 – 4 ذرات كربون تتمازج في الماء بالنسبة كافية.
  2. نقصان مزوجية الحموض الكربوكسيلية في الماء بازدياد كتلها الجزيئية.
  3. درجة غليان الحموض الكربوكسيلية مرتفعة مقارنة مع المركبات العضوية الموافقة.
- تتمازج الحموض الكربوكسيلية التي تحوي 1 – 4 ذرات كربون في الماء، بالنسبة كافيةً بسبب تشكّل الروابط الهدروجينية بين جزيئات الحموض الكربوكسيلية وجزيئات الماء.
  - يتناقص تمازج الحموض الكربوكسيلية في الماء بازدياد كتلها الجزيئية بسبب نقصان تأثير الجزء القطبي  $\text{COOH}$  – عند زيادة تأثير الجزء غير القطبي  $\text{R}$ .
  - درجة غليان الحموض الكربوكسيلية مرتفعة مقارنة مع المركبات العضوية الموافقة، بسبب تفوق الصفة القطبية للحموض الكربوكسيلية حيث أنّ زمرة الكربوكسيل تتكون من زمرتين قطبيتين هما الهدروكسيل والكربونيل بالإضافة إلى تشكيل رابطتين هdroجينيتين بين كل جزيئين من الحمض الكربوكسيلي.



الروابط الهدروجينية بين جزيئات الحمض الكربوكسيلي والماء

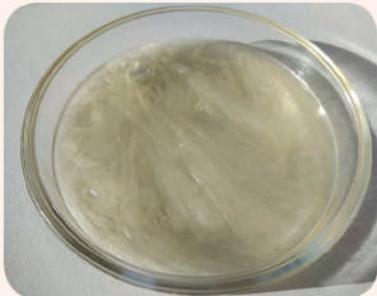


الروابط الهدروجينية بين جزيئي الحمض الكربوكسيلي والماء

## نشاط (5):

تجمّع جزيئات حمض الخل على شكل جزيئات ثنائية، وضح ذلك مستعيناً بالرسم.

## إثراء:



حمض الخل النقي يسمى حمض الخل الثلجي ويوجد على شكل بلورات بيضاء نقاء تنصهر عند الدرجة  $16.6^{\circ}\text{C}$ .

## تحضير الحموضن الكربوكسيليّة:

### الأكسدة التامة للأغوال الأولية:

نشاط (6):

أكتب معادلة الأكسدة التامة للأغول الأولي بوجود مؤكسد قوي في وسطٍ حمضي.

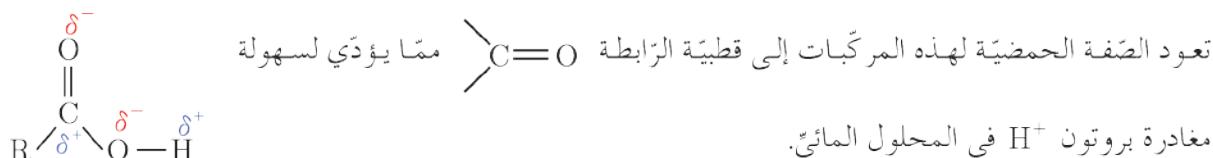
### أكسدة الألدهيدات:

نشاط (7):

يتأكسد البروبانال في شروط مناسبة، أكتب معادلة التفاعل الحاصل، وأسمى المركب العضوي الناتج.

## الخاصيّات الليميالية:

### أولاً: الخاصيّة الحمضيّة:



تطبيق (2):

أكتب معادلة تأين الحمض الكربوكسيّي في الماء.



نشاط (8):

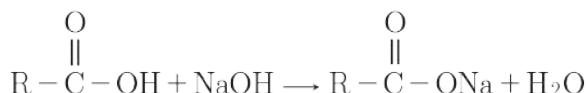
أكتب معادلة تأين حمض البروبانويك ثم أحدد الأزواج المترافقه (أساس/حمض) بحسب نظرية برونستد - لوري.

معظم الحموض الكربوكسيليّة حموض ضعيفة التّأين في الماء، حيث يتراوح ثابت تأيّنها بين ( $10^{-4}$  و  $10^{-5}$ ).

• التّفاعل مع الأسنس:

تطبيق (3)

أكتب المعادلة المعّبرة عن تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع هيدروكسيد الصوديوم.



ملح كربوكسيلات الصوديوم

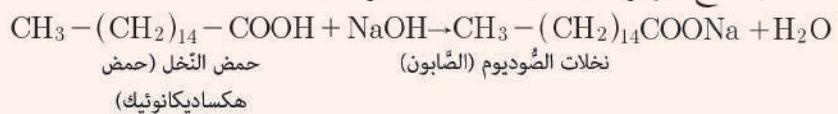
نشاط (9):

أكتب معادلة تفاعل حمض الخل مع هيدروكسيد البوتاسيوم وأسمّي النّواتج.

إثراء:



يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم مع الحموض الكربوكسيليّة ذات السلاسل الطويلة المعروفة بالحموض الدّسمة معطياً ملح كربوكسيلات المعدن الموافقة.



يستخدم هيدروكسيد الصوديوم في هذا التفاعل لإنتاج الصابون الصلب أمّا هيدروكسيد البوتاسيوم يستخدم لإنتاج الصابون السائل.

• التّفاعل مع المعادن:

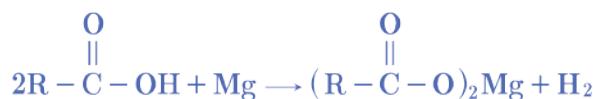
تجربة:

**المواد والأدوات الّازمة:** مسحوق المغزريوم – أنبوب اختبار – حمض الإيتانويك – عود ثقاب.

**خطوات التجربة:**

- أضع كميّة قليلة من مسحوق المغزريوم في أنبوب اختبار.
- أضيف كميّة مناسبة من حمض الإيتانويك.
- أقرب عود ثقاب من فوهة الأنبوب، ماذالاحظ؟
- أكتب معادلة التّفاعل الحاصل.

أستنتاج: يتفاعل حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة مع المغنتيوم، فيتشكل ملح كربوكسيلات المغنتيوم، وينطلق غاز الهيدروجين الذي يحترق بهبٍ أزرقٍ مع سماع صوت فرقعة خفيفة وفق المعادلة.



### نشاط (10):

أكتب معادلة تفاعل حمض الميتانوئيك مع الحديد، وأسمّي النّواتج.

- التّفاعل مع الأملح:

تجربة:

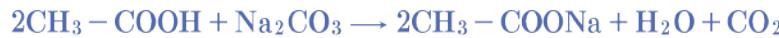
**المواضِع والأدوات اللازمَة:** (كربونات الصوديوم – أنبوب اختبار – حمض الإيتانوئيك – محلول رائق الكلس)

خطوات التجربة:

- أضع كمّيَة قليلة من كربونات الصوديوم في أنبوب اختبار.
- أضيف كمّيَة مناسبة من حمض الإيتانوئيك.
- أمرَر الغاز المنطلق على محلول رائق الكلس، ماذا لاحظ؟
- أكتب معادلة التّفاعل.

أستنتاج: يتفاعل حمض الإيتانوئيك مع كربونات الصوديوم ويُنْتَج ملح إيتانوات الصوديوم وينطلق غاز ثانوي

أكسيد الكربون الذي يعكِّر رائق الكلس.

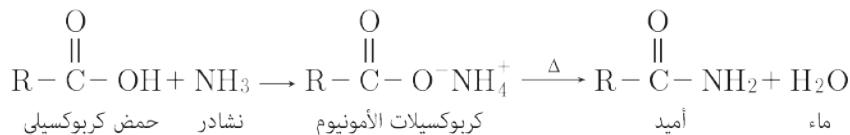


### نشاط (11):

أكتب معادلة تفاعل حمض الميتانوئيك مع كربونات الكالسيوم، وأسمّي النّواتج.

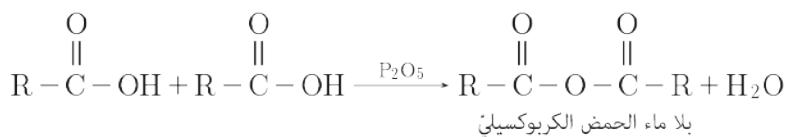
### ثانيًا: التّفاعل مع النّشادر:

تفاعل الحموض العضوية مع النّشادر وينتج ملح كربوكسيلات الأمونيوم الذي يفكُّك بالتسخين إلى الأميد المُوافق والماء وفق المعادلة الآتية:



### ثالثاً: تفاعل البلمهة ما بين الجزيئية:

يتم فيها حذف جزء ماء من جزئيتين من الحمض بوجود خماسي أكسيد الفوسفور ويشكل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي وفق المعادلة الآتية:

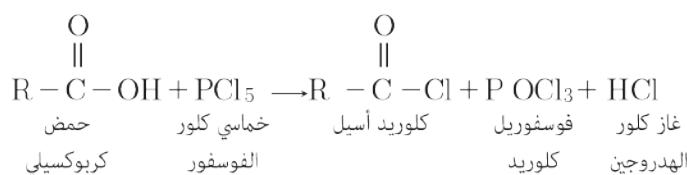


### نشاط (12):

أكتب معادلة تفاعل البلمهة ما بين الجزيئية لحمض الإيتانوئيك، ثم أكتب صيغة الوسيط المستخدم، وأسمى المركب العضوي الناتج.

### رابعاً: التفاعل مع خماسي كلور الفوسفور:

يتفاعل حمض كربوكسيلي مع خماسي كلور الفوسفور فينتج كلوريد الحمض الذي يعدّ مصدراً رئيساً للعديد من المركبات العضوية، حيث يتشكل من استبدال ذرة  $\text{Cl}^-$  بزمرة  $\text{OH}^-$  وفق المعادلة الآتية:



### نشاط (13):

أكتب معادلة تفاعل حمض الإيتانوئيك مع خماسي كلور الفوسفور.

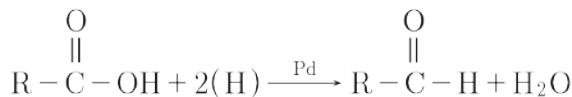
### خامسًا: تفاعلات الإرجاع:

1. ترجع الحموض الكربوكسيلية إلى الأغوال الأولية الموافقة باستخدام رباعي هدرید الليثيوم والألمونيوم وفق المعادلة الآتية:



### 2. الإرجاع بالبلاديوم:

ترجع الحموض الكربوكسيلية إلى الألدهيدات الموافقة بتفاعلها مع الهروجين بوجود حفاز (البلاديوم) وفق المعادلة الآتية:



- الحموض الكربوكسيليّة مركّبات عضويّة تتميّز بوجود زمرة أو أكثر من زمر الكربوكسيل  $\text{COOH}$  – ترتبط مع جذر الـكيل أو جذر عطري.
- تُكتب أسماء الحموض الكربوكسيليّة حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يأتي:
  1. تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الكربوكسيليّة.
  2. تُكتب الكلمة حمض، ثمَّ اسم كل فرع (مُتبادل) إنْ وُجدَ مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
  3. يُكتب اسم الألكان المُواافق لأطول سلسلة كربونية، ثمَّ تضاف اللاحقة (وئيك oic).
- تحضّر الحموض الكربوكسيليّة من الأكسدة القويّة للأغوال الأوّلية أو الألدهيدات بوجود وسطٍ حمضيٍّ.
- معظم الحموض الكربوكسيليّة حموض ضعيفة التأين في الماء، حيث يتراوح ثابت تأينها بين  $(10^{-4} \text{ و } 10^{-5})$ .
- تظهر الصفة الحمضيّة للحموض الكربوكسيليّة من خلال تفاعلاتها مع المعادن النشطة والأملاح والأسس.
- تُرجع الحموض الكربوكسيليّة إلى الـدّهيد أو غول أولي حسب الوسيط المستخدم.



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكلٍّ مما يأتي:

1. يُرجع حمض الإيتانويك بالهdroجين إلى الإيتانال بوجود خثار هو :

Pd .d

LiAlH<sub>4</sub> .c

PCl<sub>5</sub> .b

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> .a

2. يتفاعل حمض البروبانويك مع الشادر بالتسخين فيتشكل:

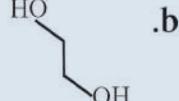
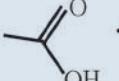
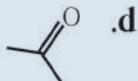
بروبان أمين .d

بروبان أميد .c

بروبان نتريل .b

البروبانال .a

3. المركب العضوي الذي يُعد حمضاً كربوكسيليًّا من المركبات الآتية:



ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلٍّ مما يأتي:

1. تفوق الصفة القطبية للحموض الكربوكسيليَّة مقارنة مع باقي المواد العضوية الموافقة.

2. نقصان مزوجية الحموض الكربوكسيليَّة في الماء بارتفاع كتلتها الجزيئية.

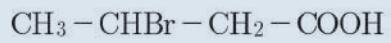
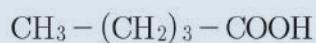
3. درجة غليان الحموض الكربوكسيليَّة أعلى من درجة غليان الألدهيدات الموافقة.

ثالثاً: اكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية لكلٍّ من المركبين الآتيين:

حمض 3-ثنائي متيل البتانويك

حمض 3- كلورو البوتانيك

رابعاً: أكتب الصيغة الهيكلية لكلٍّ من المركبين الآتيين، ثمْ أسمِيهما وفق قواعد IUPAC :



خامساً: عبر عن التفاعلات الآتية بمعادلات كيميائية، وسمِّ التواتج.

1. إرجاع حمض الإيتانويك بوجود رباعي هدرید الليثيوم والألمونيوم.

2. البلمية ما بين الجزيئية لحمض الميتانويك بوجود خماسي أكسيد الفوسفور.

3. تفاعل حمض الميتانويك مع كربونات الكالسيوم.

سادساً: حمض كربوكسيلي نظامي صيغته المجملة C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub> اكتب متصاوغاته وسمّها، ثمْ اذكر نوع التصاوغ.

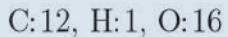
سابعاً: حل المسائل الآتية:

المُسألة الأولى:

حمض كربوكسيلي يحتوي على 69.56% من كتلته أكسجين. المطلوب:

1. احسب الكتلة الجزيئية المولية للحمض.

2. اكتب الصيغة النصف منشورة للحمض، وسمّه.



### المسألة الثانية:

يتفاعل حمض كربوكسيلي نظامي وحيد الوظيفة  $\text{R}-\text{COOH}$  مع هيدروكسيد الصوديوم ويعطي ملحًا كتله  $\frac{5}{4}$  من كتلة الحمض. المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعتبرة عن التفاعل الحاصل.

2. احسب الكتلة المولية للحمض.

3. استنتج صيغة الحمض، وسمّه.

C:12, H:1, Na:23, O:16

### المسألة الثالثة:

يتتج عن تفاعل البلمية ما بين الجزيئية لحمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة  $\text{R}-\text{COOH}$  مركب عضوي كتله المولية تساوي  $102 \text{ g.mol}^{-1}$ . المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعتبرة عن تفاعل البلمية ما بين الجزيئية لحمض.

2. احسب الكتلة المولية للحمض الكربوكسيلي.

3. استنتاج صيغة الحمض الكربوكسيلي وسمّه.

4. استنتاج صيغة المركب العضوي الناتج وسمّه.

C:12, H:1, O:16

### المسألة الرابعة:

غول أولي مشبع وحيد الوظيفة  $\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$  يؤكسد أكسدة تامة، ثم يعامل ناتج الأكسدة مع هيدروكسيد البوتاسيوم فينتج ملحًا كتله  $\frac{56}{37}$  من كتلة ناتج الأكسدة. المطلوب:

1. اكتب معادلات التفاعل الحاصلة.

2. استنتاج صيغة ناتج الأكسدة وسمّه.

3. استنتاج صيغة الغول المستعمل وسمّه.

C:12, H:1, K:39, O:16

### تفكير ناقد

تتأكل طاولات المطابخ المصنوعة من الرخام مع مرور الزمن، ما تقسيرك لذلك؟

### أبحث أكثر

للأسبرين استخدامات طبية عديدة، حيث يحضر من حمض السالسيليك، ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشابكة عن طرائق تصنيع الأسبرين.

## 5-4

# مشتقات الحموض الكريوكسيلية

أولاً: الإسترات



توجد الإسترات بشكل طبيعي في الفواكه وتكسبها روائح ونكهات مميزة وتستخدم في المنكهات الاصطناعية والعطور.

### الأهداف:

- \* يتعرف الزمرة الإسترية.
- \* يتعرف الزمرة الأميدية.
- \* يسمى الإسترات حسب قواعد الاتحاد الدولي .IUPAC
- \* يسمى الأميدات حسب قواعد الاتحاد الدولي .IUPAC
- \* يستنتج بعض الخصائص الفيزيائية للإسترات.
- \* يوضح بعض طائق تحضير الإسترات.
- \* يستنتج بعض الخصائص الفيزيائية للأميدات.
- \* يوضح بعض طائق تحضير الأميدات.
- \* يتعرف من خلال التجارب الخصائص الكيميائية للإسترات.
- \* يتعرف من خلال التجارب الخصائص الكيميائية للأميدات.

### الكلمات المفتاحية:

- \* إستر
- \* أميد
- \* الزمرة الأميدية
- \* الزمرة الإستيرية

## الصيغة العامة للإسترات :

### نشاط (1):

الاحظ الجدول الآتي الذي يحتوي على صيغ إسترات:

$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_3$	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_3$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{R}'$
---	--	--

1. ما الصيغة العامة للإسترات؟
2. ما الزمرة الوظيفية التي تميز الصيغة السابقة؟
3. لماذا تختلف الصيغة السابقة عن الحموض الكربوكسيلية؟

أستنتج:

- الصيغة العامة للإسترات  $\text{RCOOR}'$  أو  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{R}'$
- تحتوي الإسترات على الزمرة  $\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-$  الإسترية.
- $\text{R}' \neq \text{H}$  في الإسترات.

## نسمة الإسترات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكليمات البحثة والتطبيقية IUPAC :

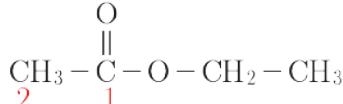
### نشاط (2):

أسمى الإستر الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :



خطوات الحل:

1. أرقّم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون  $\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-$  الزمرة الإسترية:



2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية وأتبعه باللاحقة (وات)، ثم أتبعه باسم الجذر الألكيلي ( $\text{R}'$ ) إيتانوات الإتيل

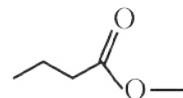
## نتيجة:

- ٣- تكتب أسماء الإسترات حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق الآتي:
- ١- تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الإسترية.
  - ٢- يُكتب اسم كل فرع (متبادل) إن وجد مسبوق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
  - ٣- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية مضافاً له الألache (وات) متبعاً باسم الجذر الألكيلي (R').

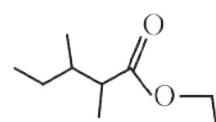
## تطبيق (١):

اكتب اسم كل من المركبين الآتيين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :

بوتانيات المتيل



٣,٢-ثنائي متيل بوتانيات الإتيل



## نشاط (٣):

اكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:

٢,٢-ثنائي متيل بروپانوات الإتيل

## إضاءة

التسمية الشائعة لبعض الإسترات.

الاسم الشائع للإستر	الصيغةجزئية
خلات المتيل (أسيتات المتيل)	$\text{CH}_3\text{--COO--CH}_3$
نملات الإتيل (فورمات الإتيل)	$\text{H--COO--C}_2\text{H}_5$

## تحضير الأسترات :

### ١- تفاعل الإسترة :

يسمى تفاعل الحمض الكربوكسيلي مع الغول بتفاعل الأسترة، يحدث على الرابطة  $O-C$  في الحمض وعلى الرابطة  $H-O$  في الغول كما يأتي:



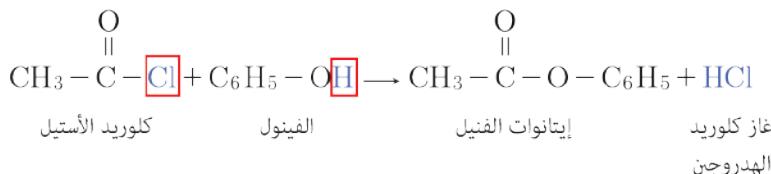
### نشاط (4):

أكتب معادلة تفاعل حمض الميتانويك مع البروبان - 1 - ول، وأسمى المركب العضوي الناتج.

### ٢- تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع الغول أو الفينول:

#### تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل (كلور حمض الأستيك) مع الفينول، وأسمى المركب العضوي الناتج.



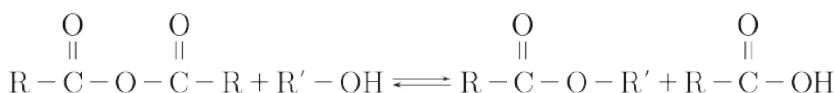
### نشاط (5):

أكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل مع الإيتانول، وأسمى المركب العضوي الناتج.

### ٣- تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الغول.

#### تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الغول.



### نشاط (6):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء حمض الميتانويك مع الإيتانول وأسمى المركبات العضوية الناتجة.

## **الخاصّيات الفيزيائّية للإسّترات :**

- تزداد درجة غليان الإسترات بازدياد كتلتها الجزيئية، إلا أنها أقل من درجات غليان الحموض الكربوكسيلية المواتقة، ويعود ذلك إلى تشكّل روابط هdroوجينيّة بين جزيئات الحموض الكربوكسيلية وعدم تشكيّلها بين جزيئات الإسترات.
  - لا تتحلّ الإسترات في الماء، ولكتتها تتحلّ في معظم محلّات (المذيبات) العضوّية.

**نشاط (7):**

فستر سبب عدم قدرة الإستراتيجيات على تشكيل روابط هدروجينية بين جزيئاتها.

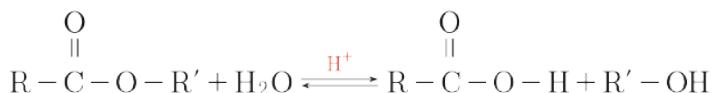
**بعض الخصائص الستة للاستدانت:**

## ١- حلمة الاسترات:

تفاعل الإسترات مع الماء معطيةً الحمض الكربوكسيلي والغول حيث تزداد سرعة التفاعل بوجود الحموض اللاعضوية كحفازات.

#### تطبيقات (4):

أكتب معادلة تفاعل حلمة الإستر بوجود حمض لا عضوي كحفاز.



## نشاط (8):

اكتسب معاًدة تفاعل حلمة إيتانوات المثيل، وأسمى المركبات العضوية الناتجة.

إثراء:

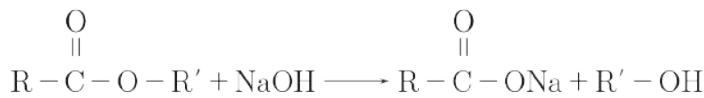
يمكن الاستفادة من تفاعل حلمة الإسترات في حلمة الدهون (إعادة تدوير الزيوت المستعملة) عند درجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع، حيث نحصل على الحموض الكربوكسيلية الدسمة التي تُعد مادة أولية في صناعة الصابون والغليسرين الذي يُستخدم في المجال الطبي وفي الصناعة.

### ٢- تفاعل الإسترارات مع القلوبيات:

يتفاعل الإستر مع هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم تفاعلاً تماماً معطياً الغول وملح الحمض الكربوكسيلي المُوافق.

## تطبيق (5):

أكتب معادلة تفاعل الإستر مع هيدروكسيد الصوديوم.



## نشاط (9):

أكتب معادلة تفاعل إيتانوات الإتيل مع هيدروكسيد البوتاسيوم وأسمى المركبات العضوية الناتجة.

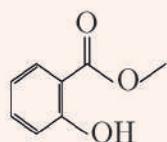
### إثراء:

يعد تفاعل الإستر مع القلوبيات (تفاعل تصبغ) من الطرائق التقليدية في صناعة الصابون حيث تعتمد الصناعة الحديثة على تفاعل الحمض الدّسم مع الأسّاس بشكل مباشر.

## ٣- إرجاع الإسترات:

ترجع الإسترات بوجود رباعي هيدрид الليثيوم والألمنيوم إلى الأغوال الموافقة.

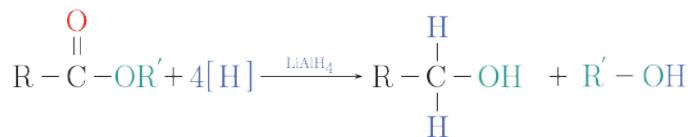
### إثراء:



يستخدم ساليسيلات المتيل الذي يُعد من الإسترات، في معالجة تقلصات العضلات ويمتاز برائحته النّفاذة.

## تطبيق (6):

أكتب المعادلة المعبرة عن إرجاع الإستر بوجود رباعي هيدрид الليثيوم والألمنيوم.

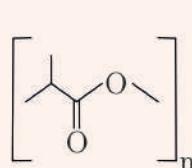


## نشاط (10):

أكتب المعادلة المعبرة عن تفاعل إرجاع ميتانوات الإتيل بوجود رباعي هيدрид الليثيوم والألمنيوم، وأسمى المركبات العضوية الناتجة.

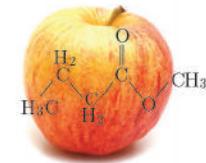
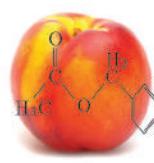
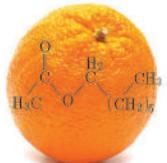
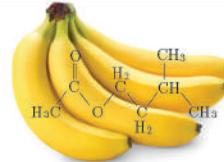
## إثراء:

تستخدم بوليمرات الإستر (بوليستر) في صناعة الأقمشة الصناعية التي تميّز باليافها القوية وذو طبيعة كارهة للماء، مما يسهل عملية الغسيل والتجفيف.

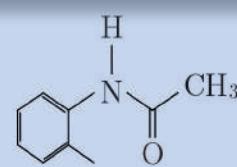
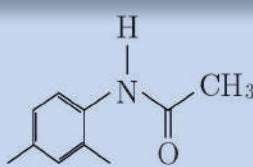


## إثراء:

بعض الفواكه التي تميّز نكحتها الإسترات:



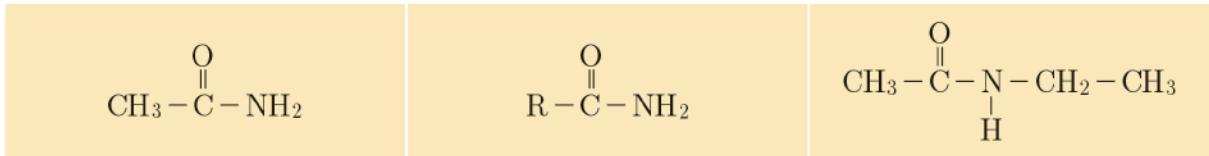
## ثانياً: الأميدات



في عام 1886 تم تحضير الأست أنييلid (N - فينيل أيتان أميد) كمسكن للألم وخافض للحرارة ونظرًا لآثاره الجانبيّة العديدة طُور إلى الباراسيتامول، حيث تعد هذه المركبات من الأميدات.

## المُبَيْغَةُ الْعَامَّةُ لِلْأَسْبَابِ :

الاحظ الجدول الآتي الذي يحتوي على صيغ أميدات:



١. ما الزمرة الوظيفية التي تميز الصيغ السابقة؟
  ٢. ما الصيغة العامة للأميدات؟

**أُستَنْتَجْ:**

- تحتوي الأميدات على الزمرة الأميدية.
  - الصيغة العامة للأميدات  $\text{R}-\text{CO}-\text{NH}_2$  أو  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{NH}_2$



**تصنّف الأميدات إلى أولية وثانوية وثالثية:**



**السمينة الأميدات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكليمات البحثة والتطبيقية IUPAC :**

**اسمي الأميد الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي : IUPAC**



خطوات الحل:

- خطوات الحل:** ١. أرقّم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الأميدية

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{N} \\ | \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}}-\text{NH}_2 \\ | \\ 3 \quad 2 \quad 1 \end{array}$$

2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية ونتبعه باللاحقة (أميد) بروبان أميد.

### نتيجة:



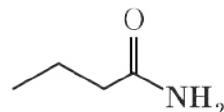
تُكتب أسماء الأميدات حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يلي:

- ثُرّقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من كربون الزمرة الأميدية.
- يُكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبوقاً برقم ذرّاً، الكربون المرتبط بها، وإذا كان المتبادل مرتبط بذرة التتروجين يسبق بالحرف N.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تُكتب اللاحقة (أميد).

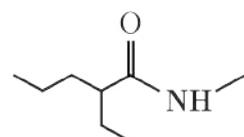
### تطبيق (1):

أكتب اسم كلٍّ من المركبين الآتيين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :

بوتان أميد



2-إتيل- $\text{N}$ -متيل بنتان أميد



### نشاط (3):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:

$\text{N},\text{N}$ -ثنائي متيل بروبان أميد



التسمية الشائعة للمركب أسيت أميد



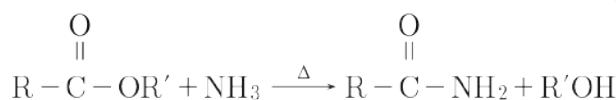
## تحضير الأميدات:

حيث تُحضر الأميدات بتفاعل النشادر أو مشتقاته (الأمينات) مع الحموض الكربوكسيلية أو مشتقاتها (الإسترات، كلور الحمض، بلا ماء الحمض)

### ١- تفاعل النشادر مع الإستر:

تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل الإستر مع النشادر بالتسخين:



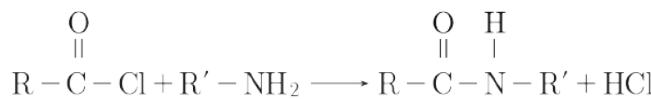
نشاط (4):

أكتب معادلة تفاعل إيتانوات الإتيل مع النشادر بالتسخين وأسمّي الناتج.

### ٢- تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع النشادر أو الأمينات الأولية:

تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي.



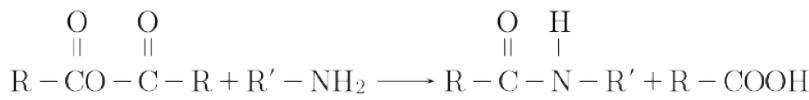
نشاط (5):

أكتب معادلة تفاعل كلوري الأستيل مع النشادر، وأسمّي المركب العضوي الناتج.

### ٣- تفاعل بلا ماء الحموض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي.

تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء الحموض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي.



نشاط (6):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء حمض الإيتانويك مع إيتان أمين، وأسمّي المركبات العضوية الناتجة.

## **الخَاصِّيَاتُ الْفِيزيائِيَّةُ لِلأَمْبِدَاتِ :**

الأميدات مواد صلبة أو سائلة ذات درجات غليان وانصهار مرتفعة نسبياً، حيث تتشكل روابط هdroجينية بين جزيئات الأميدات الأولية والثانوية.

## نشاط (7):

أفسر سبب عدم تشكيل روابط هدروجينية بين جزيئات الأميدات الثالثية.

**بعض الخصائص اليمانية للأمسدات:**

## ا- إرجاع الأميدات:

ترجع الأمidas إلى أمينات بوجود رباعي هدريد الليثيوم والألمانيوم وفق المعادلة:



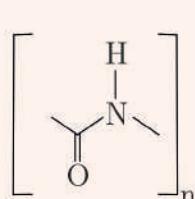
## ٢- حلمة الأميدات:

ينتج عن حلمة الأميد في وسط حمضي، الحمض الكربوكسيلي والنشادر وفق المعادلة:



اِثْرَاعٌ

تستخدم بعض أنواع البولي أميد في صناعة الجلد الصناعي حيث تساهم في التقليل من استهلاك الموارد الطبيعية كما أن البروتينات تُعد من البولي أميد والتي يمكن تحضيرها صناعياً.



• تحتوي الإسترات على الزمرة الإسترية.

$$\text{---} \text{C} \text{---} \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{O}}} \text{---}$$

• الصيغة العامة للإسترات  $\text{RCOOR}'$  أو  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{R}'$

• تحضر الإسترات بعدة طرائق منها:

1. تفاعل الإسترة.

2. تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع الغول أو الفينول.

3. تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الغول.

• تزداد درجات غليان الإسترات بازدياد كتلها الجزيئية، إلا أنها أقل من درجات غليان الحموض الكربوكسيلية المخالفة.

• لا تنحل الإسترات في الماء، ولكنها تنحل في معظم محللات (المذيبات) العضوية.

• تحلمه الإسترات بتفاعلها مع الماء معطية الحمض الكربوكسيلي والغول.

• تتفاعل الإسترات مع القلوبيات معطية غول وملح الحمض الكربوكسيلي.

• تحتوي الأميدات على الزمرة الأميدية  $\text{---} \overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{N}(\text{---})-$ .

• الصيغة العامة للأميدات  $\text{R}-\text{CO}-\text{NH}_2$  أو  $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{NH}_2$

• تحضير الأميدات بعدة طرائق منها:

1. تفاعل النشادر مع الإستر.

2. تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع النشادر أو الأمينات الأولية.

3. تفاعل بلا ماء الحموض مع الأمين الأولي.

• الأميدات مواد صلبة أو سائلة ذات درجات غليان وانصهار مرتفعة نسبياً.

• ثرجم الأميدات إلى أمينات بوجود رباعي هدرید الليثيوم والألمنيوم.

• ينتج عن حلمهة الأميد في وسط حمضي، الحمض الكربوكسيلي والنشادر.

## أختبر نفسك



أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكلٍ مما يأتي:

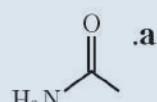
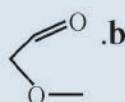
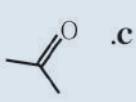
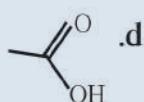
1. ينتج من تفاعل ميتانولات الإتيل مع النشادر:

d. ميتان أميد

c. إيتان أميد

b. ميتانول

a. إيتان



2. المركب العضوي الذي يُعدَّ أميد من المركبات الآتية:

C - O . d

C - C . c

O - H . b

C = O . a

4. أحد المركبات الآتية يشكّل روابط هdroجينية بين جزيئاته:

a. بروبان -<sup>2</sup>-ون

c. N - مثيل بوتانوات الإتيل

b. 2 - مثيل بوتانوات الإتيل

d. ميتانول

5. الزمرة <sup>O</sup><sub>||</sub>-N-C- تميّز المركب العضوي الآتي:

d. أستر

c. تتريل

b. أمين

a. أميد

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلٍ مما يأتي:

1. درجات غليان الإسترات أقل من درجات غليان الحموض الكربوكسيلية الموافقة.

2. المركب N,N-ثنائي مثيل إيتان أميد غير قادر على تشكيل روابط هdroجينية بين جزيئاته.

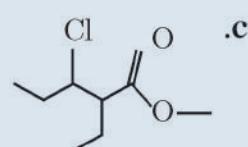
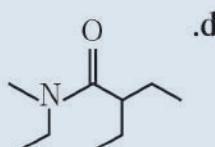
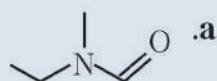
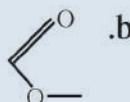
ثالثاً: مركب عضوي يتفاعل مع بلا ماء حمض الإيتانويك فينتج حمض الإيتانويك و N-إيتيل إيتان أميد

والمطلوب:

1. ما صيغة هذا المركب؟

2. اكتب المعادلة المعتبرة عن التفاعل الحاصل.

رابعاً: اكتب الصيغة التصف منشورة للمركبات الآتية، ثمَّ سُمِّها وفق قواعد IUPAC.



خامساً: اكتب الصيغة الهيكلية لكل المركبات الآتية:

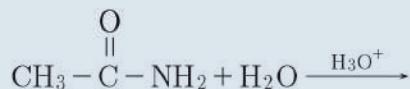
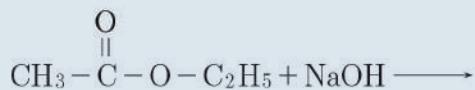
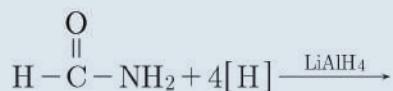
a. ميتانولات نظامي البروبيل

b. إيتيل ميتان أميد

d. 2-برومو بروبانوات الميتييل

c. 2,N,N-ثلاثي مثيل بروبان أميد

سادساً: أكمل المعادلات الآتية:



سابعاً: حل المسألتين الآتتين:

المسألة الأولى:

أميد أولي نسبة التتروجين فيه 19.17% ، المطلوب:

1. احسب كتلته المولية.

2. استنتج صيغته نصف المنشورة ، وسمّه.

(H:1, C:12, N:14, O:16)

المسألة الثانية:

يتفاعل الإيتانول مع حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة فيتشكل مركب عضوي كتلته المولية  $88 \text{ g.mol}^{-1}$  ، المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

2. استنتاج صيغة الحمض الكربوكسيلي ، وسمّه.

3. استنتاج صيغة المركب العضوي الناتج ، وسمّه.

(H:1, C:12, O:16)

تفكيير ناقد

لتحضير مركب بروبان أميد يتفاعل بلا ماء حمض كربوكسيلي مع النشادر بالتسخين، اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن التفاعل الحاصل.

ابحث أكثر

ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشابكة عن طرائق تصنيع الباراسيتامول.

# الأمينات

5-5



## الأهداف:

- \* يصنف الأمينات إلى أولية ، ثانوية ، ثالثية.
- \* يسمّي الأمينات وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC.
- \* يوضح بعض طرائق تحضير الأمينات.
- \* يفسّر بعض الخصائص الفيزيائية للأمينات.
- \* يعرّف بعض الخصائص الكيميائية للأمينات.

## الكلمات المفتاحية:

- \* أمينات أولية.
- \* أمينات ثانوية.
- \* أمينات ثالثية.

تدخل الأمينات في صناعات عديدة مثل الأدوية والمبيدات الحشرية والأصبغة.

## الصيغة العامة للأمينات :

### نشاط (1):

الاحظ الجدول الآتي الذي يحتوي على صيغ أمينات:

$\begin{array}{c} \text{R}-\text{N}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{N}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
--	--	---

1. ما الرابطة التي تميز الأمينات؟

2. ما الصيغة العامة للأمينات الأولية؟

3. ما العلاقة بين الأمينات والنشادر؟

أستنتج:

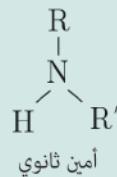
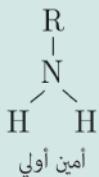
• الرابطة التي تميز الأمينات  $\text{C}-\overset{\text{N}}{\text{N}}-$ .

• الصيغة العامة للأمينات الأولية  $\text{R}-\text{NH}_2$ .

• الأمينات مركبات عضوية مشتقة من النشادر (الأمونيا)، حيث يحل جذر (ألكيل) أو جذر (أريل) أو أكثر محل ذرة هيدروجين أو أكثر.



### تصنيف الأمينات:



## نomenclature of amines according to IUPAC : IUPAC

### نشاط (2):

أسمى الأمين الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي:



### خطوات الحل:

1. أرقام أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب للزمرة الأمينية.



2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية ونتبعه باللاحقة (أمين). إيتان أمين.

## نتيجة:

- تُكتب أسماء الأمينات حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يلي:
- ترقم أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب للذرة الأمينية.
  - يُكتب اسم كل فرع (متبادل) إن وُجد مسبوقاً برقم ذرة الكربون المرتبطة بها، وإذا كان المتبادل مرتبط بذرّة التروجين يسبق بالحرف N.
  - يُكتب رقم ذرة الكربون المرتبطة بها ذرة التروجين بعد اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تُكتب الأل浣قة (أمين).

## تطبيق (1):

أكتب اسم كل من المركبات الآتية وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:

N-متيل بروبان - 1-أمين	
N,N-ثنائي متيل إيتان أمين	
N-ثنائي متيل هكسان - 3-أمين	

## نشاط (3):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:

N,N-ثنائي متيل بروبان - 1-أمين

## بعض طرائق تحضير الأمينات:

١- تفاعل النشادر مع هاليد الألكيل:

## تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل هاليد الألكيل مع النشادر في شروط مناسبة.

## نشاط (4):

أكتب معادلة تفاعل بودو الإيتان مع النشادر.

٢- تفاعل الغول مع النشادر:

## تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل الميتانول مع النشادر بشروط مناسبة وبوجود أكسيد الألミニوم ك وسيط.



## نشاط (5):

أكتب معادلة تفاعل ميتان أمين مع الميتانول بشروط مناسبة وبوجود أكسيد الألمنيوم ك وسيط، ثم أصنف الأمين الناتج (أولي - ثانوي - ثالثي)

### ٣- إرجاع النتريلات:

#### تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل إرجاع بروبان نتريل بوجود الهدروجين على سطح حفاز من النيكل، وأسمى المركب العضوي الناتج.



بروبان - 1-أمين

## نشاط (6):

أكتب معادلة تفاعل إرجاع الإيتان نتريل بوجود الهدروجين على سطح حفاز من النيكل وأسمى المركب العضوي الناتج.

## الخصائص الفيزيائية للأمينات:

- الأمينات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة مزوجيتها شديدة في الماء، وتقلّ مزوجيتها في الماء بزيادة كتلها الجزيئية.
- تمتاز الأمينات بروائح نشادرية وآخرة مميزة، والأمينات العليا روانحها كريهة جداً.
- الأمينات الأولية والثانوية تشكّل روابط هدروجينية بين جزيئاتها مما يرفع من درجة غليانها.

#### نشاط (7):

درجة غليان الأمينات الأولية والثانوية أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة، أفسر ذلك؟

## بعض الخواص التي يتمثل بها للأمينات:

### الخاصية الأساسية:

تحتوي الأمينات على زوج إلكتروني غير رابط على ذرة التتروجين قادرة على منحه أو استقبال بروتون مما يكسبها خصائص أساسية.

- تأيّن الأمينات في الماء:

#### تطبيق (5):

أكتب معادلة تأيّن الأمين الأولي.

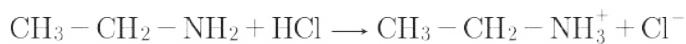


## نشاط (8):

- اكتب معادلة تأين أمين، ثم أحدد الأزواج المترافقية أساساً / حمض بحسب نظرية برونشتاد - لوري.
- تفاعل الأمينات مع الحمض.

## تطبيق (6):

اكتب معادلة تفاعل إيتان أمين مع حمض كلور الماء.



### إثراء:

الأمينات ومشتقاتها تساعد الملايين في أفريقيا في علاج المalaria ومرض النوم.



## تعلمت

- الرابطة التي تميز الأمينات  $\text{C}-\text{N}^+$ .
- الصيغة العامة للأمينات الأولية  $\text{R}-\text{NH}_2$ .
- الأمينات مرتبات عضوية مشتقة من النشادر (الأمونيا)، حيث يحلّ جذر جذر (الكيل) أو جذر (أريل) أو أكثر محلّ ذرة هدروجين أو أكثر.
- تصنّف الأمينات إلى أمينات أولية، ثانوية، ثالثية.
- تحضر الأمينات بعدة طرائق منها:
  1. تفاعل النشادر مع هاليد الألكيل.
  2. تفاعل الغول مع النشادر.
  3. إرجاع التتريلات.
- الأمينات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة مزوجيتها شديدة في الماء، وتقلّ مزوجيتها في الماء بزيادة كتلها الجزيئية.
- الأمينات الأولية والثانوية تشكّل روابط هdroجينية بين جزيئاتها مما يرفع من درجة غليانها.
- تتّصف الأمينات بصفة أساسية، حيث تتفاعل مع الحمض وتشكل الأملاح.

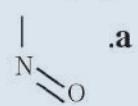
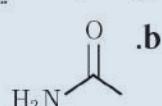
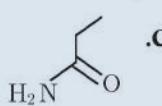
## أختبر نفسك



أولاً: اختار الإجابة الصحيحة لكلّ مما يأتي:

1. ينتج من تفاعل إرجاع بروبان نتريل: a. بروبان أميد      b. بروبان -1-أمين      c. إيتان أمين      d. إيتان أميد

2. المركب العضوي الذي يُعدّ من الأمينات في المركبات الآتية:



ثانياً: إذا علمت أن قيمة ثابت تأين التشادر  $K_b = 2 \times 10^{-5}$  وقيمة ثابت تأين ميتان أمين  $K_b = 2 \times 10^{-4}$  المطلوب:

1. اكتب معادلة تأين كلّ منها.

2. حدد أيهما أساس أقوى؟ مفسراً إجابتك.

ثالثاً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ مما يأتي:

1. درجات غليان الأمينات الأولية والثانوية أعلى من درجة غليان الألkanات الموافقة.

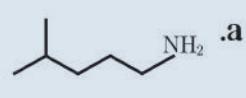
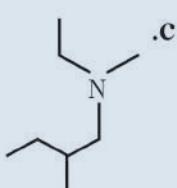
2. مزوجية ميتان أمين شديدة في الماء.

رابعاً: مركب عضوي يتفاعل مع الإيثanol ويتحـ N,N ثـيـ إـتـيلـ إـيتـانـ أـمـيـنـ وـ المـاءـ، المـطلـوبـ:

1. ما صيغة هذا المركب؟

2. اكتب المعادلة المعتبرة عن التفاعل الحاصل.

خامساً: لديك الصيغة الهيكلية للأمينات الآتية المطلوب:



1. اكتب الصيغة النصف منشورة لكلّ منها، ثمّ سماها وفق قواعد IUPAC.

2. صنفها إلى أمينات (أولية - ثانية - ثالثية)

سادساً: اكتب الصيغة الهيكلية للمركبات الآتية:

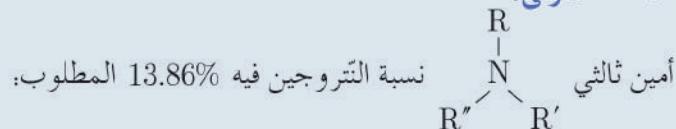
- a. بروبان -1-أمين      b. إيتيل بوتان -2-أمين      c. إيتيل N-متيل بنتان -1-أمين

سابعاً: أكمل المعادلات الآتية:



ثامناً: حل المسألتين الآتتين:

**المسألة الأولى:**



1. احسب كتلته المولية.

2. استنتج صيغته نصف المنشورة وسمّه علمًا أنّ  $\text{R} = \text{R}' = \text{R}''$   
(H:1, C:12, N:14)

**المسألة الثانية:**

محلول مائي للميتان أمين تركيزه  $0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  وقيمة  $\text{pH} = 12$  المطلوب،

1. اكتب معادلة تأينه، ثم حدد الأزواج المترافقه أساس/حمض بحسب برونشتاد لوري.

2. احسب قيمة درجة تأينه.

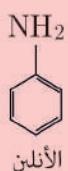
3. احسب قيمة ثابت تأينه.

**تفكير ناقد** 

يعدّ إيتان أمين أساساً أقوى من ميتان أمين ما تفسيرك لذلك؟

**أبحث أكثر** 

يُعدّ الأنلين من الأمينات العطرية والذي له استخدامات صناعية عديدة،  
ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشابكة عن طريقة تحضيره  
عن أهم استخداماته.



## أسئلة الوحدة الخامسة

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكلٍ مما يأتي:

1. الرابطة  $\text{C}-\text{N}$  تميز المركب العضوي الآتي:

- a. أميد      b. نتريل      c. أمين      d. أستر
2. يتتج حمض البروبانوئيك من تفاعل:  
a. أكسدة البروبانون  
b. إرجاع البروبان -2-ول  
c. أكسدة البروبانال  
d. إمرار بخار البروبان -1-ول على مسحوق النحاس المسخن
3. أحد المركبات الآتية لا يشكل روابط هدروجينية بين جزيئاته:  
a. بروبان -2-ول      b. حمض الميتانوئيك      c. N-متيل إيتان أمين      d. إيتانال

ثانياً: اكتب الصيغة نصف المنشورة ثم الصيغة الهيكلية لكلٍ من المركبات الآتية:

حمض 2- كلورو البوتانيوك      2-ثنائي متيل بنتان -2-ول

N,N-ثنائي إيتيل بنتان -2-أمين      N,N-ثنائي متيل بوتان أميد

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

نأخذ 50 mL من محلول الإيتانول ونضيف إليه كمية مناسبة من البوتاسيوم، فينطلق غاز حجمه في الشرطين النظاميين 224 mL. المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

2. احسب تركيز محلول الإيتانول مقدراً بـ  $\text{mol.L}^{-1}$ ,  $\text{g.L}^{-1}$ .

3. يراد الحصول على 5 L من الإيتانول السابق من ضم الماء إلى الإيتان. احسب حجم غاز الإيتان اللازم لذلك في الشرطين النظاميين.  
(K:39, C:12, O:16, H:1)

المسألة الثانية:

نعمل 10 mL من محلول الإيتانال تركيزه  $0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  بكمية كافية من محلول فهلنغ فيتكون راسب أحمر آجري من أكسيد النحاس I المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل، واحسب كتلة الراسب.

2. للحصول على 5 L من محلول الإيتانال السابق يُؤكسد الإيتانول باماره على مسحوق النحاس المسخن، اكتب معادلة التفاعل، ثم احسب كتلة الإيتانول اللازم لذلك.  
(C:12, O:16, H:1, Cu:63.5)

### **المُسَأَلَةُ التَّالِثَةُ:**

- يُعَالِمُ 0.5 L من محلول الإيتانال بكمية كافية من كاشف تولين، فيتشكل راسب كتلته 5.4 g، المطلوب:
1. اكتب معادلة التفاعل.
  2. احسب التركيز المولى لمحلول الإيتانال.
  3. احسب كتلة الإيتانول اللازم للحصول على 10 L من محلول الإيتانال السابق.  
(Ag: 108, C: 12, O: 16, H: 1)

### **المُسَأَلَةُ الرَّابِعَةُ:**

- يُؤْكِسُدُ 23 g من الإيتانول أكسدة تامة ويُكَمِّلُ الحجم بـ الماء المقطر إلى 250 mL، ثم يُعايرُ المحلول الناتج باستعمال هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $1 \text{ mol.L}^{-1}$ ، المطلوب:
1. اكتب جميع معادلات التفاعلات الحاصلة.
  2. احسب حجم هيدروكسيد الصوديوم اللازم للمعايرة.
  3. احسب التركيز المولى لمحلول الملح الناتج بعد تمام المعايرة.
  4. تُؤخذ عينة مماثلة لهيدروكسيد الصوديوم ويُضاف إليها تسع أضعافها ماء، احسب تركيزها الجديد، واحسب pH في هذه الحالة لهذا المحلول.  
(Na: 23, C: 12, O: 16, H: 1)

### **المُسَأَلَةُ الْخَامِسَةُ:**

- محلول حمض الخل تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  ثابت تأين حمض الخل  $2 \times 10^{-5}$ ، المطلوب:
1. احسب pH المحلول.
  2. لاستحصل 5 L من المحلول السابق يُؤْكِسُدُ الإيتانول أكسدة تامة:
    - a. اكتب المعادلة الكيميائية المعتبرة عن التفاعل الحاصل.
    - b. احسب كتلة الإيتانول اللازم لذلك.  
(C: 12 , O: 16 , H: 1 )

### **المُسَأَلَةُ السَّادِسَةُ:**

- نَعَالِمُ 6 g من حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة مع ملح كربونات الصوديوم فينطلق غاز حجمه 1.12 L في الشرطين النظاميين. المطلوب:
1. اكتب معادلة التفاعل الحادثة واحسب الكتلة المولية للحمض.
  2. أوجد الصيغة نصف المنشورة للحمض، وسمّه.
  3. يُحلَّ 3 g من الحمض السابق في ليتر من الماء، فإذا علمت أن درجة تأينه 2% احسب pH المحلول  
(C: 12, H: 1, Na: 23, O: 16)

**المسألة السابعة:**

- للحصول على 5 L من محلول حمض الخلّ تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  يؤكّد الإيتانول أكسدة تامة والمطلوب:
1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
  2. احسب كتلة الإيتانول الازمة لذلك.
  3. يُفَاعِل 1L من الحمض السابق مع هيدروكسيد الصوديوم. احسب كتلة الملح الناتج.  
(C:12, H:1, Na:23, O:16)

## **مشروع الكيمياء العضوية**

اهتمت دول العالم بدراسة الكيمياء العضوية لأهميتها في حياة الكائن الحي، وظهرت صناعات عضوية عديدة منها الصناعات الدوائية - البتروكيميائية - المبيدات الحشرية والمنظفات.

### **هدف المشروع:**

التعرف إلى دور المركبات العضوية وأهميتها في الصناعات الدوائية.

### **مراحل المشروع:**

#### **أولاً: التخطيط:**

1. التعرف إلى أهمية الدواء لحياة الإنسان.
2. التعرف إلى المصادر الرئيسية للأدوية.
3. التعرف إلى التقنيات المستخدمة في دراسة الأدوية وتأثيراتها الحيوية.
4. التعرف إلى التوجهات التي انطلقت منها الصناعات الدوائية.
5. التعرف إلى أهمية عمل الكيميائيين في المنشآة.
6. اقتراح طرائق لتحسين الصناعات الدوائية.

#### **ثانياً: التنفيذ:**

1. توزيع الطلاب إلى ست مجموعات.
2. تحديد مهمة كلّ مجموعة.

المجموعة الأولى: تبحث في أهمية الدواء للإنسان وتتطور صناعته.

المجموعة الثانية: تبحث في المصادر الرئيسية للأدوية.

المجموعة الثالثة: تبحث في التقنيات المستخدمة في دراسة الأدوية وتأثيراتها الحيوية.

المجموعة الرابعة: تبحث في أهمية اصطناع الدواء من منشأ بيولوجي.

المجموعة الخامسة: تبحث في أهمية عمل الكيميائي في المنشآة.

المجموعة السادسة تبحث في طرائق تحسين الصناعات الدوائية.

3. يتم جمع المعلومات من خلال رحلة علمية إلى منشأة لصناعة الأدوية، أو من خلال رحلة إلكترونية عبر الشبكة.

4. تبادل المعلومات بين المجموعات، وتسليم نسخة ورقية أو إلكترونية حول البحث.

#### **ثالثاً: التقويم:**

مناقشة النتائج التي تم التوصل إليها، وإعداد تقرير كامل حول دور المركبات العضوية وأهميتها في الصناعات الدوائية خلال مدة عشرين يوماً.

## المصطلحات الانكليزية

English	Arabic
Nuclear Stability	الاستقرار النووي
Nuclear Transformations	التحولات النووية
Nucleus Binding Energy	طاقة ارتباط النواة
Radioactive Half Life	عمر النصف لمادة مشعة
Nuclear Reaction	تفاعل نووي
Nuclear fission	انشطار نووي
Nuclear Fusion	اندماج نووي
Gas Pressure	ضغط الغاز
Atmospheric Pressure	الضغط الجوي
Boyle's Law	قانون بويل
Charles' Law	قانون شارل
Gay Lussac's Law	قانون غاي لوساك
Avogadro's Law	قانون أفوغادرو
Dalton's Law	قانون دالتون
Real Gas	الغاز الحقيقي
Ideal Gas	الغاز المثالي
Reaction Rate	سرعة التفاعل
The Average Rate of Reaction	سرعة التفاعل الوسطية
Order of Reaction	رتبة التفاعل
Catalyst	الوسيط
Activation Energy	طاقة التنشيط
Chemical Equilibrium	التوازن الكيميائي
Equilibrium State	حالة التوازن

English	Arabic
Equilibrium Constant with Concentration (Kc)	ثابت التّوازن بدلالة التّراكيز
Reaction Product	حاصل التّفاعل
Equilibrium Constant with Partial Pressure (Kp)	ثابت التّوازن بدلالة الصّغوط الجزئيّة
Le Chatelier's Principle	مبدأ لوشاولي
Analytical Chemistry	الكيمياء التحليلية
Amphoteric Compound	مركب مذبذب
The Degree of Ionization	درجة تأين
Conjugate Pairs	أزواج متراقة
Acid Dissociation Constant (Ka)	ثابت تأين الحمض
Base Dissociation Constant (Kb)	ثابت تأين الأساس
Aqueous Solutions of Salts	المحاليل المائية للأملاح
Hydrolysis	حملمة
Rehydration	إماهة
Acidic Buffer Solution	المحلول المنظم للحموضة
Solubility of a Salt	ذوبانية ملح
Solubility Product Constant (Ksp)	جداء الذوبان
Monatomic Ion	أيون حيادي
Acid-Base Titration	معايرة حمض أساس
Equivalence Point	نقطة التكافؤ
Indicator Range	مجال المشعر
Titration Curve	منحني المعايرة
Organic Chemistry	الكيمياء العضويّة
Alcohol	الغول

English	Arabic
Markovnikov's Rule	قاعدة ماركوفينيكوف
Esterification	الاسترة
Dehydration	البلمية
Zaitsev's Rule	قاعدة زايتسف
Aldehydes	الألدهيدات
Ketones	الكيتونات
Carbonyl Group	زمرة الكربونيل
Carboxylic Acids	الحموض الكربوكسيلية
Carboxyl Group	زمرة الكربوكسيل
Ester	إستر
Amide	أميد
Amide Group	الزّمرة الأميدية
Ester Group	الزّمرة الإستيرية
Primary Amines	أمينات أولية
Secondary Amines	أمينات ثانوية
Tertiary Amines	أمينات ثالثية