

الثالث الثانوي  
العلمي



الجمهورية العربية السورية  
وزارة التربية

# الكيمياء



كتاب الطالب

2024 - 2023 م  
1445 - 1444 هـ

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

طُبع لأول مرة في العام الدراسي: 2019 - 2020م

## المقدمة

نقدّم للمتعلّمين الأعزّاء كتاب الكيمياء المبنيّ وفق الإطار العام للمنهاج الوطني ووثيقة المعايير الوطنيّة المطوّرة، والتي تهدف إلى مواكبة التطوّرات الحاليّة، وتقديم منهاج قائم على البحث العلمي والتجريب يلبيّ آمال المتعلّمين من جهةٍ، ومتطلّبات سوق العمل والمجتمع المحليّ من جهةٍ أخرى.

يشهد العالم ثورةً معرفيّةً يرافقها تسارعٌ في إنتاج المعرفة وانتشارها وتطوّر التقانات المستخدمة إضافةً إلى سرعة التغيّرات في مجالات الحياة كلها.

لذلك وجب ربط المنهاج بالحياة اليوميّة للمتعلّم وبيئته، ومواكبة المستجدّات العلميّة والتقنيّة التي سيكون لها الأثر الفعّال في تنمية شخصية المتعلّم من الناحيتين الفكرية والجسديّة، وهذا ما يسمح له بالتكامل مع متطلّبات الحياة المعاصرة، والمساهمة في التّمنية الوطنيّة المستدامة.

يخاطب المحتوى العلمي المتعلّم بوصفه محور العمليّة التّربويّة، ويشجّعه على التّعلم الذاتيّ، حيث صيغت موضوعات الكتاب بأسلوب علمي مبسّط وواضح لتناسب التّمّو العقلي والعمري للمتعلّم وتثير دافعيته. كما يركّز المحتوى على المعارف والمهارات بعيداً عن الحشو والتّكرار، ويمكن المتعلّم من مواجهة المشكلات التي يتعرّض لها في حياته اليوميّة، وإيجاد الأساليب المناسبة لحلّها، وكذلك يحفز المتعلّم على اكتساب مهارات التّواصل والتّفكير والبحث والاستنتاج بدلاً من تلقّي المعلومات وحفظها واستظهارها، كما يؤكّد المحتوى على دور المعلّم بوصفه موجّهاً للمناقشة، وميسراً للعلم والعمل. وكلّنا أملٌ وثقة أن يحقّق زملاؤنا المعلّمون 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 والأسس	1
----	---------------	---

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

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

### الوحدة الخامسة: الكيمياء العضوية

134	الأغوال	1
-----	---------	---

147	الألدهيدات والكيونوات	2
-----	-----------------------	---

162	الحموض العضوية (الكربوكسيلية)	3
-----	-------------------------------	---

173	مشتقات الحموض الكربوكسيلية	4
-----	----------------------------	---

187	الأمينات	5
-----	----------	---

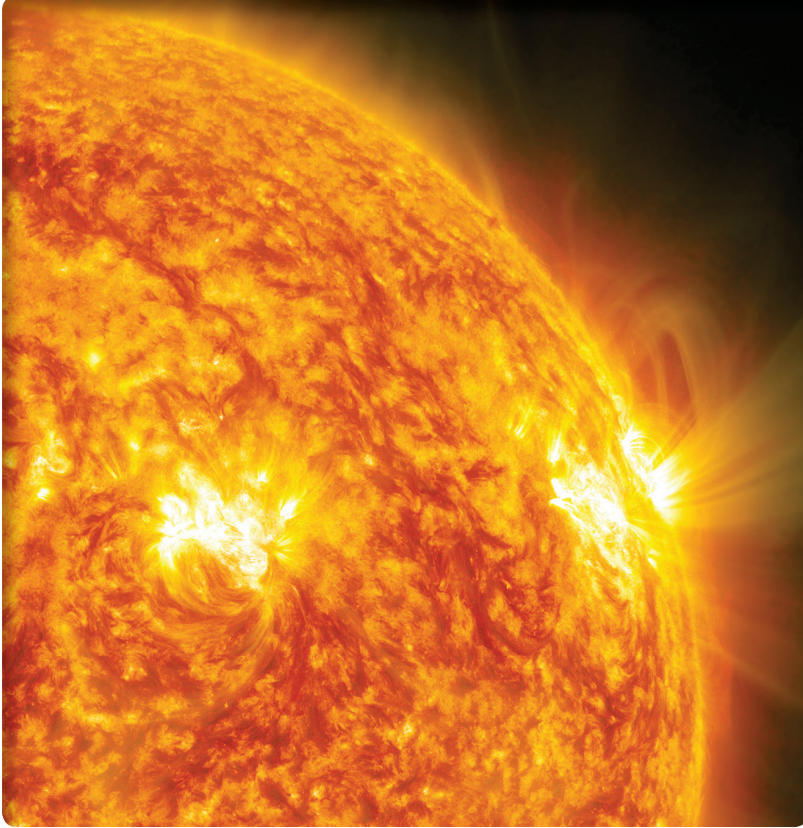
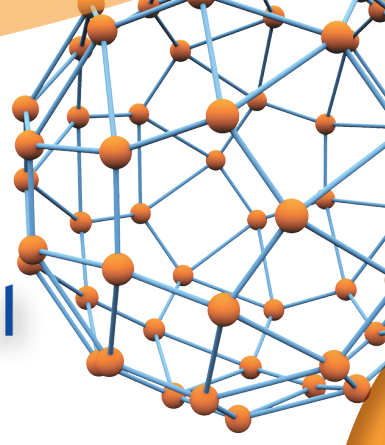
# الوحدة الأولى الكيمياء النوويّة



تُعدّ الطّاقة النّوويّة من أحد أهمّ مصادر الطّاقة، حيثُ تُستعمل في عدّة مجالاتٍ منها توليد الكهرباء، والزّراعة، والطّب، وتنقية مياه الشّرب.

# 1-1

## الكيمياء النووية



يحدث داخل الشمس تفاعلات نووية يرافقها انطلاق طاقة هائلة، تشع الشمس هذه الطاقة على شكل أمواج كهرومغناطيسية تترافق بتدفق جسيمات تُسمى الرياح الشمسية.

### الأهداف:



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

### الكلمات المفتاحية:



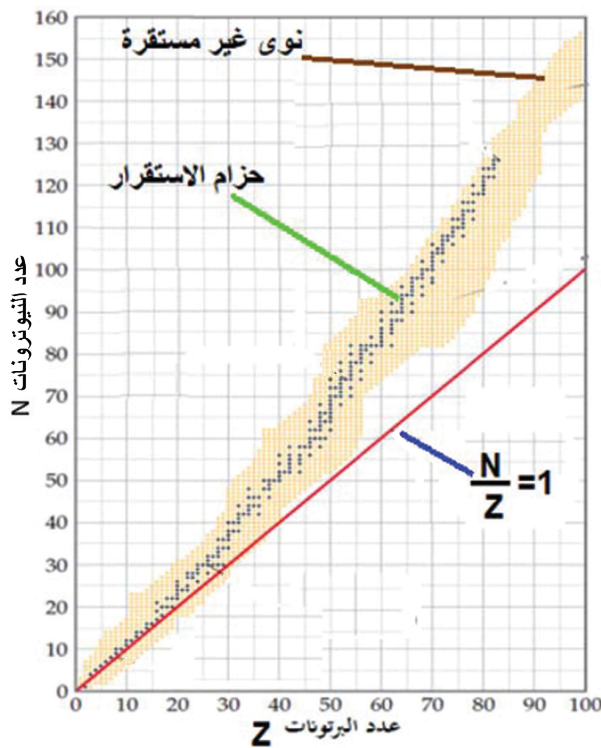
- \* الاستقرار النووي.
- \* النشاط الإشعاعي الطبيعي.
- \* طاقة ارتباط النواة.
- \* عمر النّصف لمادة مشعّة.
- \* تفاعل نووي.
- \* تفاعل تطافر.
- \* تفاعل التقاط.
- \* اندماج نووي.
- \* انشطار نووي.

## 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:  ${}^A_ZX$ .

## الاستقرار النووي:

### نشاط (1):



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

- أقران 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  $\frac{N}{Z} \approx 1$  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.



### رموز بعض الجسيمات النووية

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

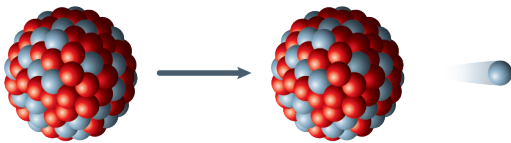
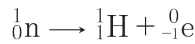
## أنواع التحوّلات النوويّة (النشاط الإشعاعيّ الطبيعيّ):

تحدث داخل النواة غير المستقرّة تحوّلات نوويّة متحوّلة إلى نواة أخرى أكثر استقراراً، يرافقها انطلاق جسيمات خارج النواة، وانطلاق طاقة على شكل أمواج كهرومغناطيسيّة.

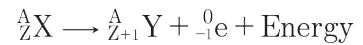
- يتحقق دوماً في أثناء التحوّلات النوويّة مصونية العدد الذري والعدد الكتلي.

### ١. تحوّل من النوع بيتا:

يحدث في النوى التي تقع فوق حزام الاستقرار نتيجة تحوّل نيوترون إلى بروتون وفق المعادلة الآتية:



يُعبّر عن هذا النوع من التحوّل بالمعادلة النوويّة العامّة الآتية:



تطبيق (1):

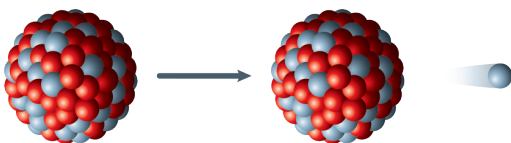
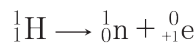
تتحوّل نواة الكربون  ${}^{14}_6C$  إلى نواة النتروجين  ${}^{14}_7N$  تلقائياً، أكتب المعادلة النوويّة المعبرة عن هذا التحوّل محدداً نوعه.



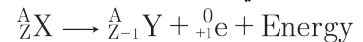
– التحوّل من نوع بيتا.

### ٢. تحوّل من النوع بوزيترون:

يحدث في النوى التي تقع تحت حزام الاستقرار نتيجة تحوّل بروتون إلى نيوترون وفق المعادلة الآتية:

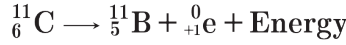


يعبّر عن هذا النوع من التحوّل بالمعادلة النوويّة العامّة الآتية:



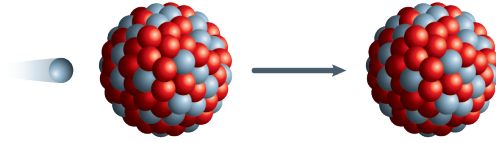
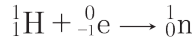
## تطبيق (2):

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

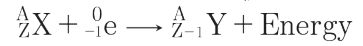


## ٣. الأسر الإلكتروني:

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

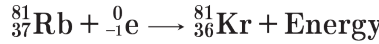


يعبر عن هذا النوع من التحول بالمعادلة النووية العامة الآتية:



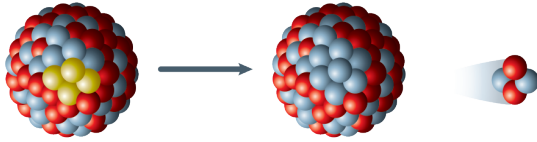
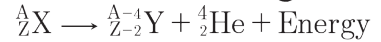
## تطبيق (3):

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



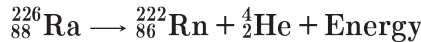
## ٤. التحول من النوع ألفا:

يمكن أن يحدث في النوى التي يزيد عددها الذري عن 83، حيث تُطلق النواة جسيم ألفا  $^4_2\text{He}$ ، ويُعبر عن هذا النوع من التحول بالمعادلة النووية العامة الآتية:



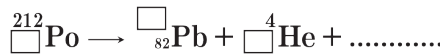
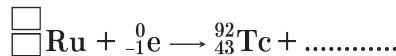
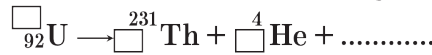
## تطبيق (4):

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



## نشاط (2):

أكمل التحولات النووية الآتية، ثم حدّد نوع كلّ منها:





أثبتت الدّراسات الحديثة التي قام بها العالم موري جيلمان أنّ البروتونات والنيوترونات يتكوّن كلّ منها من جسيمات متناهية في الصّغر تُسمّى كواركات، ولها ستة أنواع أهمّها (up, down) حيث أنّ:

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

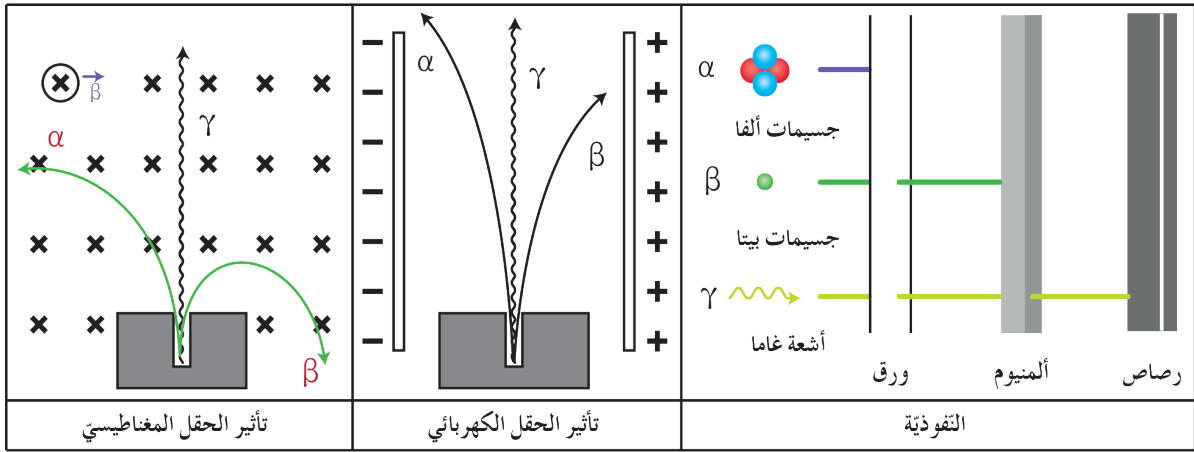
يتألّف البروتون من ثلاث كواركات  $2\text{up} + 1\text{down}$

والنيوترون من ثلاث كواركات  $1\text{up} + 2\text{down}$



## خاصّيات جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما:

ألاحظ الصّور الآتية، وأستنتج منها بعض خاصّيات جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما.



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

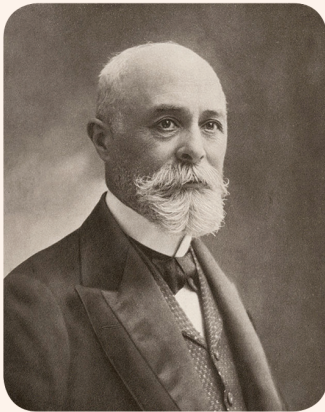
أقلّ قدرة على تأيين الغازات من جسيمات بيتا.	أقلّ قدرة على تأيين الغازات من جسيمات ألفا.	تؤيّن الغازات التي تمر من خلالها.	تأيين الغازات
نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات بيتا	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات ألفا.	نفوذيتها ضعيفة.	التفوذية
تساوي سرعة الضوء $c$	$0.9 c$	$0.05 c$	السرعة بالنسبة لسرعة الضوء
لا تتأثر.	تنحرف نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة.	تنحرف نحو اللبوس السالب لمكثفة مشحونة.	التأثر بالحقل الكهربائي
لا تتأثر.	تنحرف بتأثير القوة المغناطيسية بجهة معاكسة لجهة انحراف جسيمات ألفا.	تنحرف بتأثير القوة المغناطيسية	التأثر بالحقل المغناطيسي

### نشاط (3):

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

### إثراء:

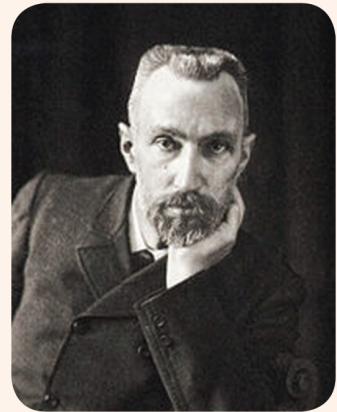
لاحظ العالم الفرنسي بيكريل انبعاث أشعة غير مرئية من خام اليورانيوم أثرت على فيلم فوتوغرافي، أدت دراسة هذه الخاصية من قبل بيكريل والزوجين بيير وماري كوري لاكتشاف النشاط الإشعاعي.



هنري بيكرل



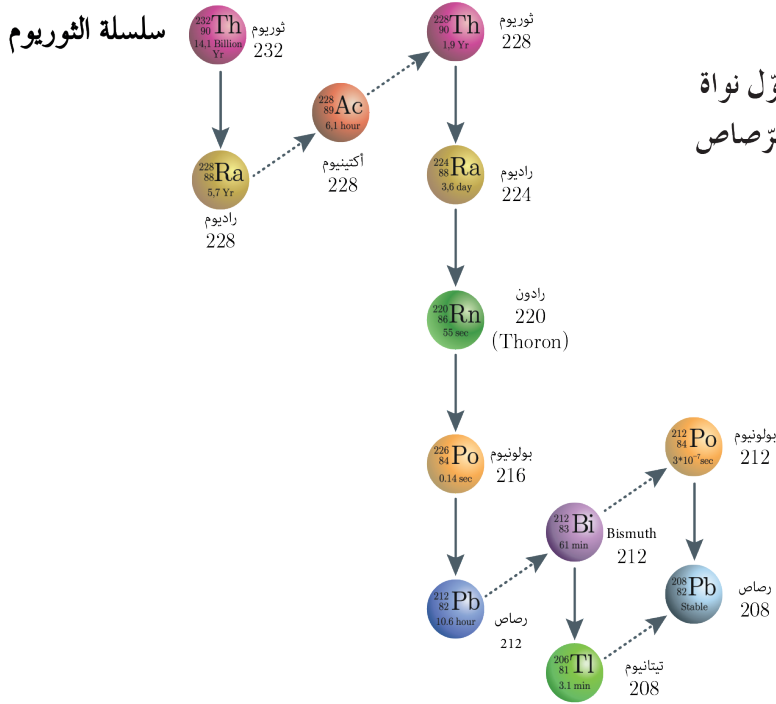
ماري كوري



بيير كوري

## سلسلة النشاط الإشعاعي:

نشاط (4):



أستنتج:

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

## إثراء:

يوجد ثلاث سلاسل 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  $^{235}_{92}\text{U}$  وتنتهي بالرصاص  $^{207}_{82}\text{Pb}$

تطبيق (5):

تحوّل نواة اليورانيوم المشعّ  $^{238}_{92}\text{U}$  إلى نواة الرصاص المستقرّ  $^{206}_{82}\text{Pb}$  وفق سلسلة نشاط إشعاعي الممثل بالمعادلة الآتية:  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow x\text{ }^4_2\text{He} + y\text{ }^0_{-1}\text{e} + ^{206}_{82}\text{Pb} + \text{Energy}$  والمطلوب حساب:

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

الحل:

1.  $238 = 4x + y(0) + 206 \Rightarrow x = 8$
2.  $92 = 2x - y + 82 \Rightarrow y = 2(8) + 82 - 92 = 6$
3.  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow 8\text{ }^4_2\text{He} + 6\text{ }^0_{-1}\text{e} + ^{206}_{82}\text{Pb} + \text{Energy}$

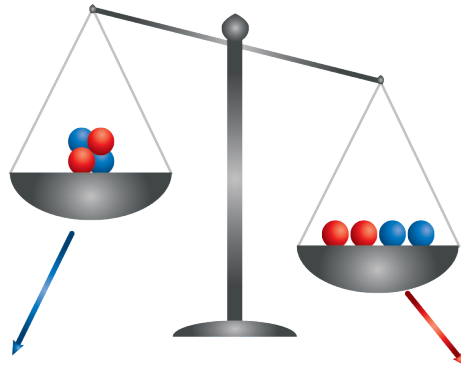
## نشاط (5):

- يتحوّل اليورانيوم المشعّ  $^{235}_{92}\text{U}$  إلى الرصاص المستقرّ  $^{207}_{82}\text{Pb}$ ، المطلوب:
1. احسب عدد التحوّلات من التّمط ألفا، والتحوّلات من التّمط بيتا التي يقوم بها اليورانيوم حتّى يستقرّ.
  2. أكتب المعادلة التّويّبة الكليّة.

## طاقة الارتباط:

## نشاط (6):

أقارن بين كتلة نواة الهليوم ومجموع كتل مكوّناتها وهي حرّة، وأفسّر ذلك.



كتلة نواة الهليوم	كتلة مكونات (نكليونات) نواة الهليوم وهي حرّة
$m_2 = 6.4024 \times 10^{-27} \text{ kg}$	كتلة البروتونات = $2 \times 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$ كتلة النيوترونات = $2 \times 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg}$
	الكتلة الكليّة للنكليونات $m_1 = 6.695 \times 10^{-27} \text{ kg}$

كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوّناتها وهي حرّة بسبب تحوّل النقص في الكتلة إلى طاقة منتشرة تُعطى بعلاقة أينشتاين:  $\Delta E = \Delta m c^2$ .

## تطبيق (6):

اعتماداً على النشاط (6):

1. أحسب الطّاقة المنتشرة في أثناء تشكّل نواة الهليوم  $^4_2\text{He}$ .
2. أستنتج قيمة طاقة الارتباط لنواة الهليوم.

**الحل:**

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

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 بإشارة الطاقة المنتشرة:

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

### نتيجة:

• عند فصل النواة إلى مكوناتها الأساسية من بروتونات ونيوترونات يجب تقديم طاقة مساوية للطاقة المنتشرة في أثناء تشكيلها، تسمى طاقة ارتباط النواة وهي مقدار موجب.

• يتحوّل النقص في الكتلة إلى طاقة منتشرة تُعطى بعلاقة أينشتاين:  $\Delta E = \Delta m c^2$ .

حيث  $\Delta E$  الطاقة وواحدتها J

$\Delta m$  النقص في الكتلة وواحدتها kg

$c$  سرعة انتشار الضوء في الخلاء وتُقدّر  $\text{m.s}^{-1}$

### نشاط (7):

تشعّ الشمس طاقة مقدارها  $38 \times 10^{27} \text{ J}$  في كل ثانية، احسب مقدار النقص في كتلة الشمس خلال ثلاث

دقائق علماً أنّ  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

### عمر النصف للمادة المشعّة:

### نشاط (8):

بيّن المخطط الآتي تحوّل 10g من نظير

السترونسيوم  $^{90}\text{Sr}$  بدلالة الزمن وفق نشاط

إشعاعيّ، المطلوب:

1. حدّد الكتلة المتبقية بعد 28.8 سنة.

2. حدّد الكتلة المتبقية بعد 57.6 سنة.

3. حدّد الكتلة المتبقية بعد 86.4 سنة.

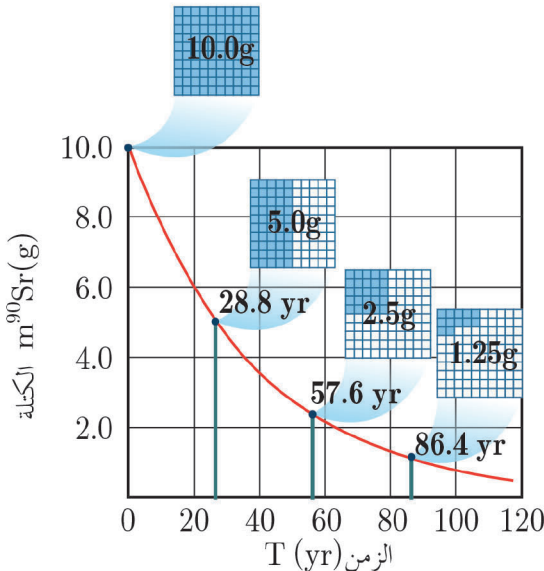
الحل:

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:

- تتحوّل نصف عدد نوى النظير المشعّ وفق نشاط إشعاعيّ محدّد إلى نوى عنصر آخر خلال أزمنة متساوية تُدعى عمر النصف للمادّة المشعّة.

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

حيث (N) يمثّل العدد الكلّي للنوى.

يُحسب عمر النصف للمادّة المشعّة من العلاقة:  $t_{1/2} = \frac{t}{n}$  حيث  $t$  الزمن الكلّي،  $n$  عدد مرّات التكرار

- يتعلّق عمر النصف بنوع المادّة المشعّة.
- لا يتعلّق عمر النصف بالحالة الفيزيائية أو الكيميائية أو الضّغط أو الحرارة.

### إثراء:

بيّن الجدول الآتي عمر النصف لبعض نوى النظائر المشعّة.

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

### تطبيق (7):

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

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

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

### تطبيق (8):

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

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

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



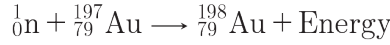
## التفاعلات النووية:

### ١. تفاعلات الالتقاط:

تحدث عندما تلتقط النواة القديفة التي قذفت بها دون أن تنقسم.

تطبيق (9):

عند قذف نواة الذهب النظير غير المشع  $^{197}_{79}\text{Au}$  بنيوترون تتحوّل إلى نواة الذهب النظير المشع أكبر المعادلة النووية المعبرة:

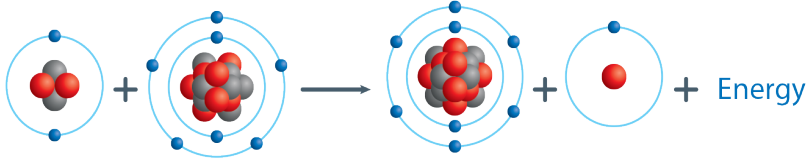


### ٢. تفاعلات التطاير:

تحدث عندما تتحوّل النواة المقذوفة بجسيم إلى عنصر جديد مُطلقة جسيم آخر.

تطبيق (10):

عند قذف نواة النتروجين  $^{14}_7\text{N}$  بجسيم ألفا تتحوّل إلى نواة الأكسجين مُطلقة بروتون، أكتب المعادلة النووية المعبرة:



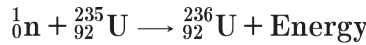
نشاط (9):

عند قذف نواة الزئبق  $^{200}_{80}\text{Hg}$  بروتون تتحوّل إلى نواة الذهب مُطلقة جسيم ألفا، اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التفاعل النووي الحاصل، ثم حدّد نوعه.

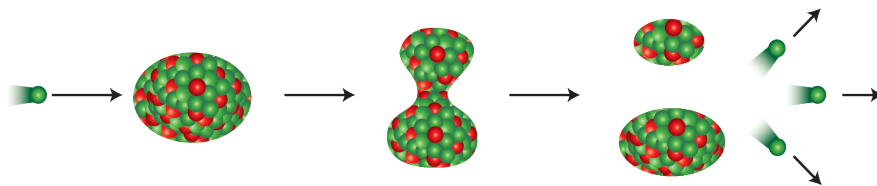
### ٣. تفاعلات الانشطار النووي:

نشاط (10):

عند قذف نواة اليورانيوم النظير  $^{235}_{92}\text{U}$  بنيوترون بطيء تلتقط النواة النيوترون وفق المعادلة:



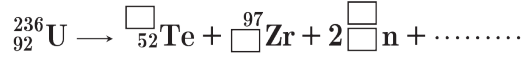
تنشط نواة اليورانيوم  $^{236}_{92}\text{U}$  إلى نواتين متوسطتي الكتلة، وينطلق نيوترونات سريعة وفق المعادلة النووية.



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

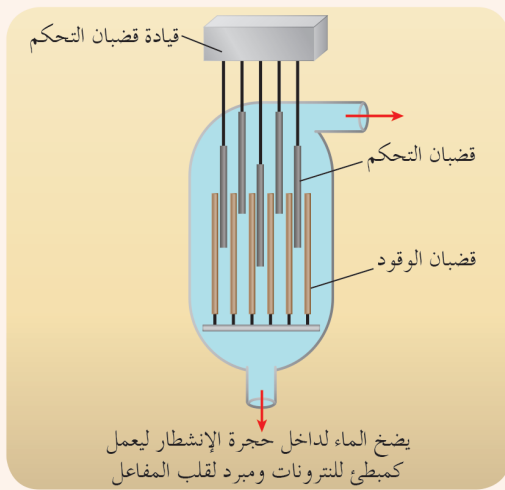
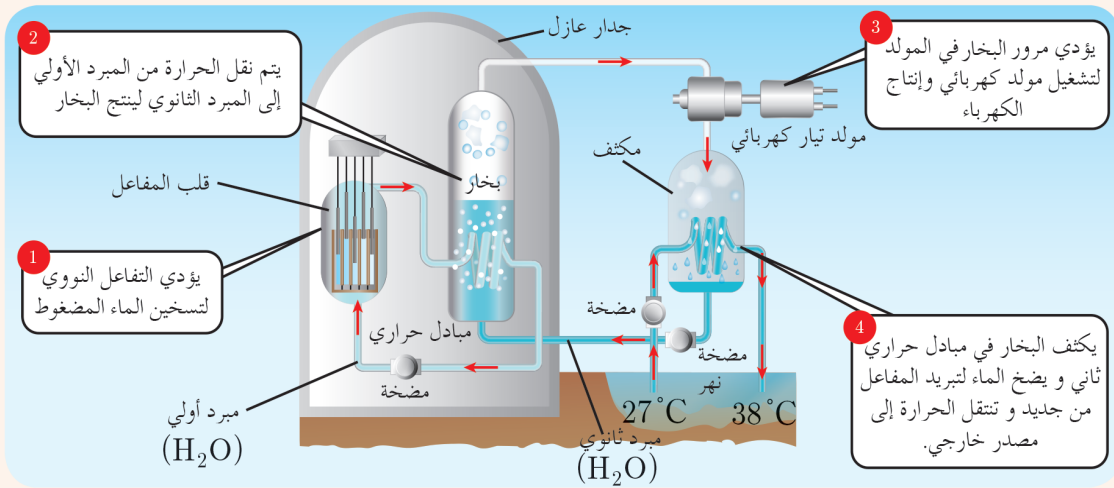
نشاط (11):

أكمل التفاعل النووي الآتي ثم حدّد نوعه:



إثراء 

يُستفاد من المفاعل النوويّ في الحصول على الطّاقة النّويّة التي تستثمر في مجالات مختلفة. يمثّل الشّكل مخطّطاً لمفاعل نوويّ.



تُستخدم قضبان تحتوي على أكسيد اليورانيوم  $^{235}\text{U}$  كوقود في المفاعل النوويّ، وبما أن نسبته طبيعياً لا تتجاوز 0.7% في عيّنة اليورانيوم الخام لذلك يتمّ زيادة نسبته عبر عملية تُدعى (تخصيب اليورانيوم) ليصبح نسبته 3% - 5%، وهي نسبة كافية لتعمل المفاعلات النوويّة التي تعتمد على الماء المضغوط لتوليد الكهرباء، ويتمّ زيادة النّسبة إلى أكثر من 20% في مفاعلات الأبحاث العلميّة وأكثر من 90% في اليورانيوم المستخدم للأسلحة النوويّة والقنابل الانشطاريّة.

## ٤. تفاعلات الاندماج النوويّة:

تندمج نواتان خفيفتان أو أكثر لتشكّل نواة أثقل.

تطبيق (11):

تندمج نواتا نظيري الهيدروجين الدّيريوم  ${}^2_1\text{H}$  والتّريتيوم  ${}^3_1\text{H}$  لينتج نواة الهليوم ونيوترون، أكتب المعادلة النوويّة المعبرة عن هذا التفاعل:



أستنتج:

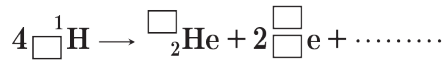
- تتعمد هذه التفاعلات على اندماج النوى الخفيفة لتكوين نواة أثقل، تكون كتلتها أصغر من مجموع كتل النوى المندمجة، وهذا التقص في الكتلة يتحوّل إلى طاقة.

## إضاءة

تحدث تفاعلات اندماج نوويّ في النجوم، وتنتج مقداراً هائلاً من الطّاقة، وينتشر ضوءها إلى مليارات الكيلومترات.

نشاط (12):

أكمل التفاعل النوويّ الآتي، ثم حدّد نوعه:



## تعلمت

- أنواع التحوّلات النوويّة (النشاط الإشعاعيّ الطبيعيّ):
  1. تحوّل من النوع بيتا.
  2. تحوّل من النوع بوزيترون.
  3. الأسر الإلكترونيّ.
  4. التحوّل من النوع ألفا.
- تحوّل نصف عدد نوى النّظير المشعّ وفق نشاط إشعاعيّ محدّد إلى نوى عنصر آخر خلال أزمنة متساوية تُدعى عمر النّصف للمادّة المشعّة.
- التفاعلات النوويّة:
  1. تفاعلات الالتقاط.
  2. تفاعلات التّطافر.
  3. تفاعلات الانشطار النوويّ.
  4. تفاعلات الاندماج النوويّة.

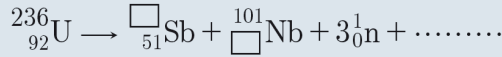
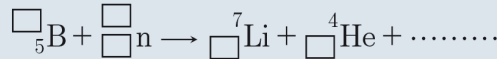
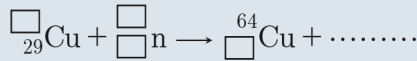
أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. يتوقف عمر النصف للعنصر المشع على:
    - a. كتلة العنصر المشع.
    - b. الروابط الكيميائية للعنصر المشع.
    - c. درجة حرارة العنصر المشع.
    - d. نوع العنصر المشع.
  2. تحدث في الشمس تفاعلات نووية من نوع:
    - a. انشطار.
    - b. اندماج.
    - c. التقاط.
    - d. تطافر.
  3. من خاصيات أشعة غاما:
    - a. تتأثر بالحقل الكهربائي.
    - b. تتأثر بالحقل المغناطيسي.
    - c. تنتشر بسرعة الضوء.
    - d. نفوذيتها أقل من جسيمات بيتا.
  4. تتفكك نواة الثوريوم  ${}_{90}^{228}\text{Th}$  بإطلاقها لجسيمات ألفا متحوّلة إلى نواة البولونيوم  ${}_{84}^{216}\text{Po}$ ، فإن عدد التحولات من النوع ألفا يساوي:
    - a. 2
    - b. 3
    - c. 4
    - d. 5
  5. تتحوّل نواة الكربون  ${}_{6}^{14}\text{C}$  إلى نواة النروجين  ${}_{7}^{14}\text{N}$ ، وتطلق عندئذٍ:
    - a. نيوترون
    - b. بوزيترون
    - c. جسيم بيتا
    - d. جسيم ألفا
  6. عند تحوّل نواة النروجين  ${}_{7}^{14}\text{N}$  إلى نواة الكربون المشع  ${}_{6}^{14}\text{C}$ ، فإنها:
    - a. تلتقط نيوترون وتطلق ألفا
    - b. تلتقط بروتون وتطلق نيوترون
    - c. تلتقط بوزيترون وتطلق نيوترون
    - d. تلتقط نيوترون وتطلق بروتون.
  7. يبلغ عمر النصف لمادّة مشعّة  $t_{\frac{1}{2}} = 24 \text{ days}$ ، تكون نسبة ما تبقى منها بعد 72 days مساوية:
    - a.  $\frac{1}{8}$
    - b.  $\frac{1}{4}$
    - c.  $\frac{1}{18}$
    - d.  $\frac{7}{8}$
  8. يبلغ عدد النوى في عيّنة مشعّة  $8 \times 10^{20}$ ، وبعد زمن قدره 120s يصبح عدد النوى  $10^{20}$ ، فيكون عمر النصف لهذه المادّة مساوياً:
    - a. 20 s
    - b. 30 s
    - c. 40 s
    - d. 60 s
  9. تطلق نواة عنصر مشعّ  ${}_{Z}^A\text{X}$  جسيم ألفا ثم تطلق النواة الناتجة جسيم بيتا، فتنتج نواة:
    - a.  ${}_{Z-3}^{A-4}\text{Y}$
    - b.  ${}_{Z-2}^{A-4}\text{Y}$
    - c.  ${}_{Z+3}^{A-4}\text{Y}$
    - d.  ${}_{Z-1}^{A-4}\text{Y}$
  10. نواة عنصر غير مستقرّة تقع فوق حزام الاستقرار، للعودة إلى حزام الاستقرار، فإنها تُطلق جسيم:
    - a.  ${}_{-1}^0\text{e}$
    - b.  ${}_{+1}^0\text{e}$
    - c.  ${}_{0}^1\text{n}$
    - d.  ${}_{1}^1\text{H}$
- ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:
1. يُعدّ النيوترون أفضل قذيفة نووية.
  2. كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرّة.
  3. إطلاق النواة للبيوترون.

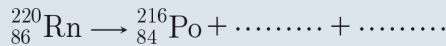
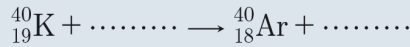
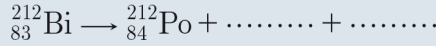
4. يرافق تفاعل الاندماج النووي انطلاق طاقة هائلة.
5. إطلاق النواة للإلكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا.
6. عدم تأثر أشعة غاما بالحقل الكهربائي.
7. تأثر كل من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا بالحقل الكهربائي.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. احسب عدد التحوّلات من التّمط ألفا، وعدد التحوّلات من التّمط بيتا عند تحوّل نظير الثوريوم  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  المشعّ إلى نظير الرصاص غير المشعّ  ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ ، ثمّ اكتب المعادلة النووية الكلية.
2. قارن بين جسيمات ألفا وبيتا من حيث (التفوذية، الشحنة، السرعة).
3. أكمل كلّ من التفاعلات النووية الآتية، ثمّ حدّد نوع كلّ منها.



4. أكمل كلّ من التحوّلات النووية الآتية:



5. تلتقط نواة عنصر الأرجون  ${}_{18}^{37}\text{Ar}$  إلكترونات من مدار داخلي لها متحوّلة إلى نواة عنصر الكلور Cl. اكتب المعادلة المعبرة عن هذا التحوّل النووي.

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

**المسألة الأولى:**

تحوّل نواة اليود المشعّ  ${}_{53}^{131}\text{I}$  إلى نواة الكزنيون Xe مطلقةً جسيم بيتا، عند معالجة مريض سرطان الغدّة الدرقيّة بجرعة منه، فإذا كان عمر النصف لليود المشعّ المُستخدَم 8 days. المطلوب:

1. اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحوّل.
2. احسب النسبة المتبقية من اليود المشعّ بعد 24 days.

**المسألة الثانية:**

تنقص كتلة نواة الأكسجين  ${}_{8}^{16}\text{O}$  عن مكوّناتها وهي حرّة بمقدار  $\Delta m = -0.23 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ، 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 مشعّ في عينته منه، إذا علمت أنّ الزمن اللازم ليصبح عدد النوى المشعّة في تلك العينّة  $\frac{1}{16}$  ممّا كان عليه يساوي 480 سنة.

### المسألة الرابعة:

احسب مقدار النقص في كتلة الشمس خلال 72 min إذا كانت تُشعّ طاقة مقدارها:  $J = 38 \times 10^{+27}$  في كلّ ثانية مع العلم أنّ سرعة انتشار الضّوء 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 الشبكة.

## مشروع الكيمياء النوويّة

تزايد اهتمام العالم بالطاقة النوويّة نظراً لضخامة كميّة الطّاقة الناتجة عن التحوّلات النوويّة من جهة، ولأهميتها في إنتاج النظائر المشعّة المستخدمة في مجالات عديدة منها الطبي والزراعي وفي تحديد عمر الأرض والمستحاثات من جهة ثانية.

### هدف المشروع:

التعرّف إلى دور النظائر المشعّة في المجالات الطبية، الزراعية وفي التاريخ.

### مراحل المشروع:

#### أولاً: التخطيط:

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

#### ثانياً: التنفيذ:

1. توزيع الطلاب إلى ست مجموعات.
2. تحديد مهمة كلّ مجموعة:  
المجموعة الأولى: تبحث في أنواع التحوّلات النوويّة والجسيمات والإشعاعات المرافقة لها.  
المجموعة الثانية: تبحث في أقسام المفاعل النووي وآلية عمله.  
المجموعة الثالثة: تبحث في دور النظائر المشعّة في تحديد عمر الأرض والمستحاثات.  
المجموعة الرابعة: تبحث في دور النظائر المشعّة في المجال الزراعي.  
المجموعة الخامسة: تبحث في دور النظائر المشعّة 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: التقييم:

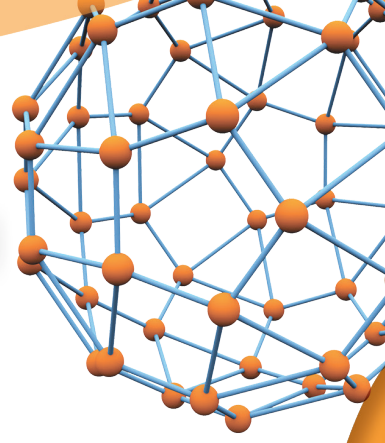
مناقشة النتائج التي تم التوصل إليها، وإعداد تقرير كامل حول النظائر المشعّة ودورها في المجالات الطبية، الزراعية وفي التاريخ خلال مدة عشرين يوماً.

# الوحدة الثانية الغازات

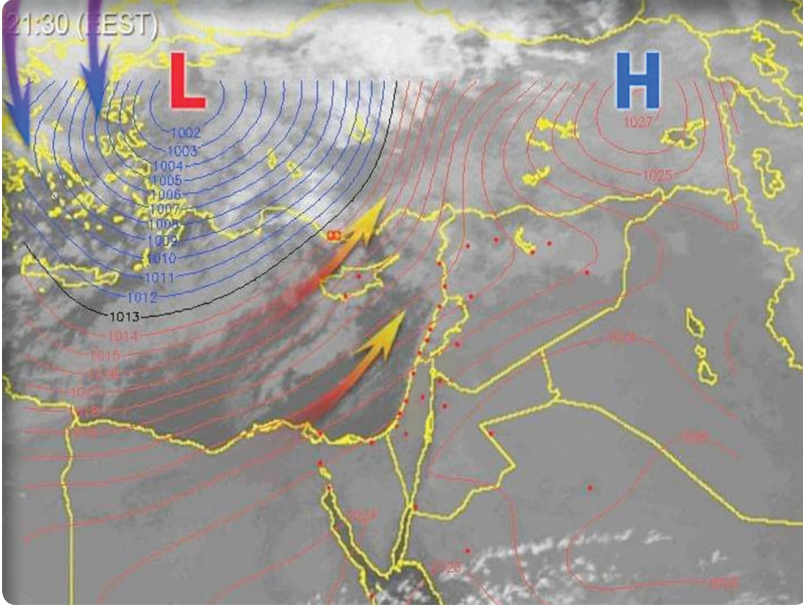


يُحيط بالكرة الأرضية خليطٌ من غازات تشكّل الغلاف الجويّ، ويحتوي على 78.09% من غاز النيتروجين، و 20.95% أكسجين، و 0.93% آرغون، و 0.04% ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء، هيدروجين، وهليوم، ونيون وكزينون.





## 2-1



تُظهر الخرائط الجوية اختلاف قيم الضَّغط الجويّ تبعاً للمكان، من حيث ارتفاعه ودرجة الحرارة والشروط المناخية.

### الأهداف:



- \* يتعرّف ضغط الغاز.
- \* يستنتج قانون بويل.
- \* يستنتج قانون شارل
- \* يستنتج قانون غاي لوساك
- \* يستنتج قانون أفوغادرو
- \* يتعرّف رسم الخطوط
- البيانية لكلّ قانون من قوانين الغازات.
- \* يتعرّف الغاز الحقيقي والغاز المثالي.
- \* يستنتج قانون كثافة الغاز.
- \* يستنتج عبارة الضَّغط الكلي لمزيج غازي بدلالة الكسر الموليّ
- \* يتعرّف قانون دالتون للضغوط الجزئية.
- \* يتعرّف قانون غراهام في الانتشار والتسرب.
- \* يتعرّف النظرية الحركية للغازات.

### الكلمات المفتاحية:

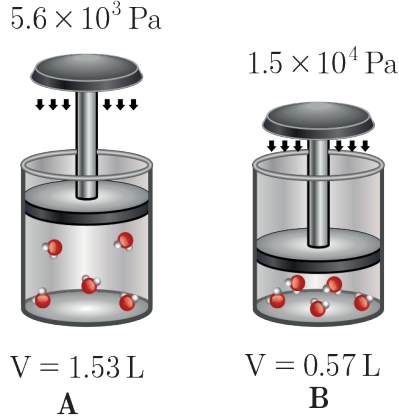


- \* ضغط الغاز
- \* الضَّغط الجوي
- \* قانون بويل
- \* قانون شارل
- \* قانون غاي لوساك
- \* قانون أفوغادرو
- \* قانون دالتون
- \* الغاز الحقيقي
- \* الغاز المثالي

## قوانين الغاز:

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

#### نشاط (1):



ألاحظ الشكل الآتي الذي يمثل مكبساً يحوي غاز SO<sub>2</sub> في حالتين A و B، عند درجة حرارة ثابتة.

1. أقرن بين الضَّغط المطبق في كلٍّ من الحالتين، ماذا ألاحظ؟
2. أقرن بين حجم الغاز في كلٍّ من الحالتين، ماذا ألاحظ؟
3. أقرن بين عدد جزيئات غاز SO<sub>2</sub> في كلٍّ من الحالتين، ماذا ألاحظ؟

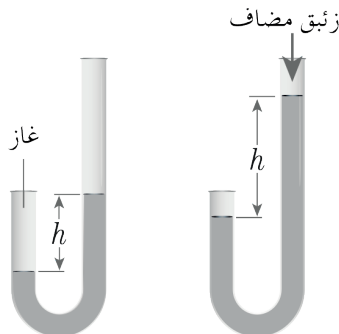
أستنتج:

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

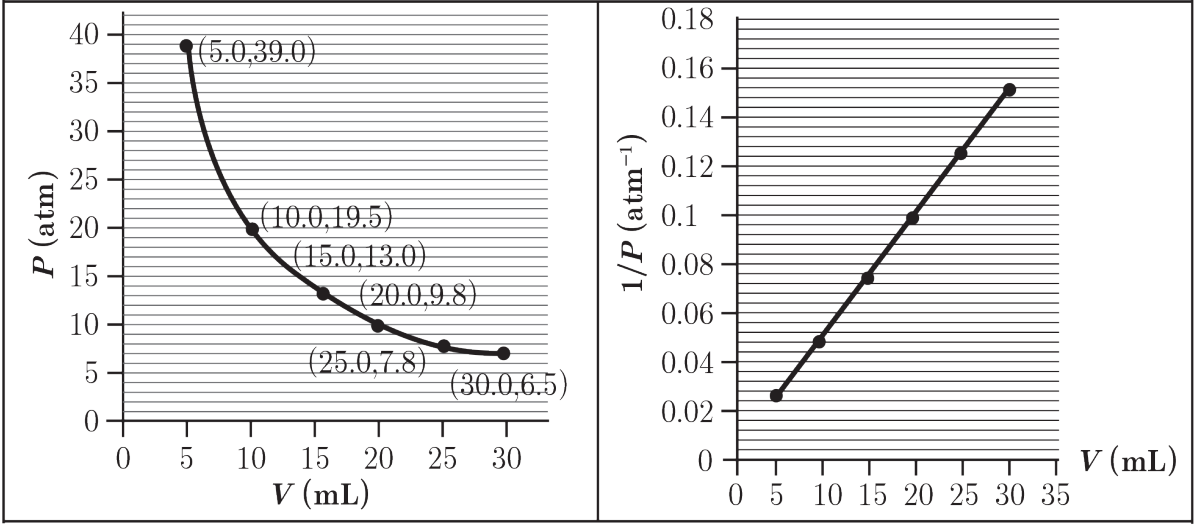
#### نشاط (2):

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

الحجم V (mL)	الضَّغط P (Pa)	P × V (Pa × mL)
5	39.00	195
10	19.50	195
15	13.00	195
20	9.75	195
25	7.80	195
30	6.50	195



مُثِلت النتائج السابقة بالمنحنيين البيانيين الآتيين:



### نتيجة:

• جداء حجم عيّنة من غاز في ضغطه مقدار ثابت عند درجة حرارة ثابتة:

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

• يتناسب حجم عيّنة من غاز عند درجة حرارة ثابتة عكساً مع ضغط ذلك الغاز.

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

### تطبيق(1):

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

### الحل:

من خلال قانون بويل:

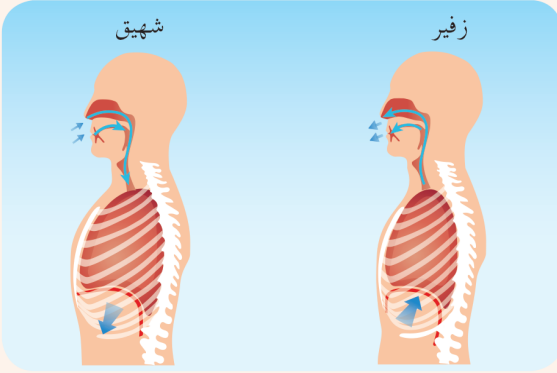
$$PV = P_1 V_1 = P_2 V_2 = \dots = \text{const.}$$

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

### نشاط (3):

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

## إثراء: ★



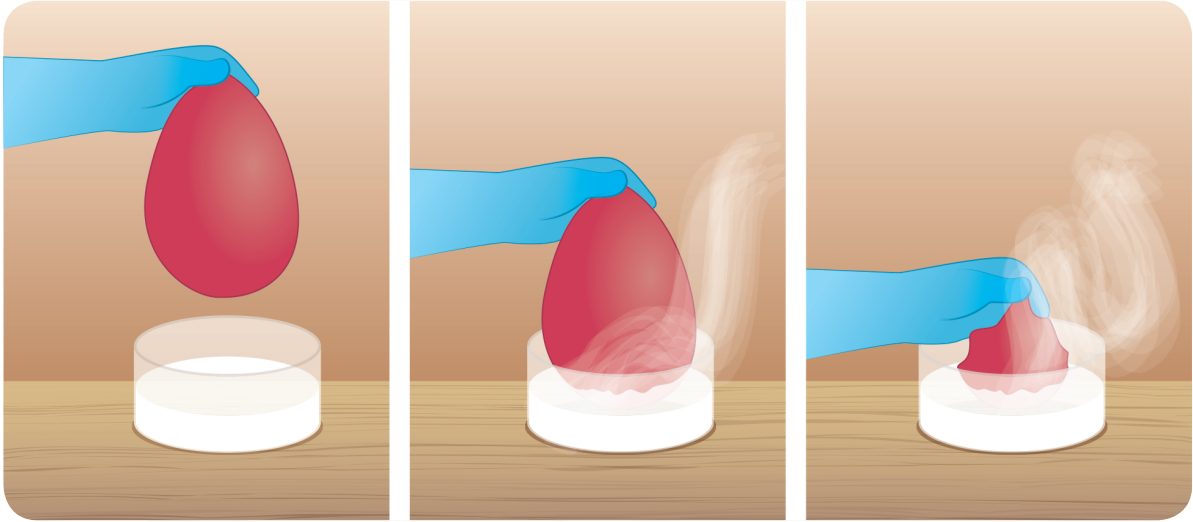
عندما ينقبض الحجاب الحاجز، يتوسّع جوف الصدر، ممّا يجعل حجم الرئة أكبر فينخفض الضّغط داخلها في أثناء الشّهيق، وتنعكس العمليّة عند الزّفير.

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

نشاط (4):

ألاحظ الصّور الآتية:

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



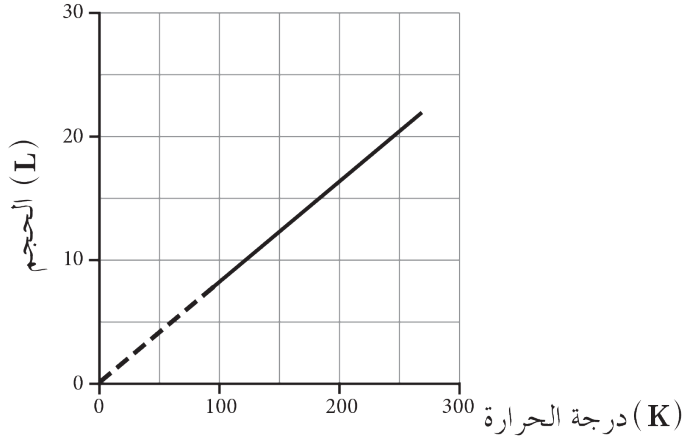
أستنتج: يتناقص حجم الهواء داخل البالون نتيجة انخفاض درجة الحرارة.

نشاط (5):

أجرّيت تجارب مخبريّة على عيّنة غازيّة، لإيجاد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ضغط ثابت، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

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

أرسم النخط 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.

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

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

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

### تطبيق (2):

يبلغ حجم عينة غاز 2.9 L عند درجة الحرارة 17°C وضغط ثابت. أحسب الحجم الذي تشغله هذه العينة عند تسخينها إلى الدرجة 38°C وبقاء الضغط ثابتاً.

الحل:

$$T_1 = 17 + 273 = 290K$$

$$T_2 = 38 + 273 = 311K$$

$$V_1 = 2.9 L$$

$$V_2 = ?$$

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

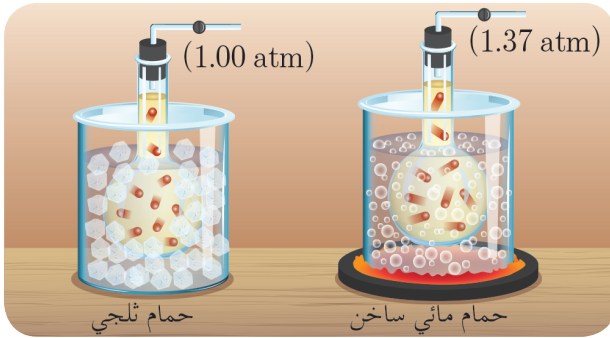
### نشاط (6):

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

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

### نشاط (7):

ألاحظ الشكلين الآتيين:



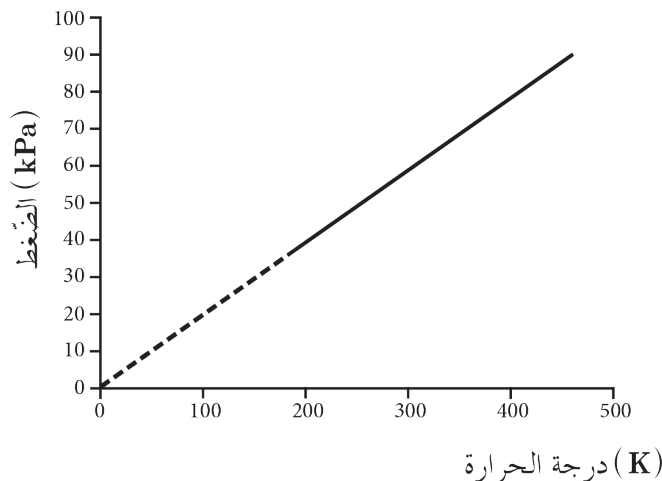
يزداد ضغط عينة من الغاز بزيادة درجة حرارتها عند حجم ثابت.

### نشاط (8):

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

$P/T$ (kPa.K <sup>-1</sup> )	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.

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

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

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

## 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 حارّ (باهمال 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:

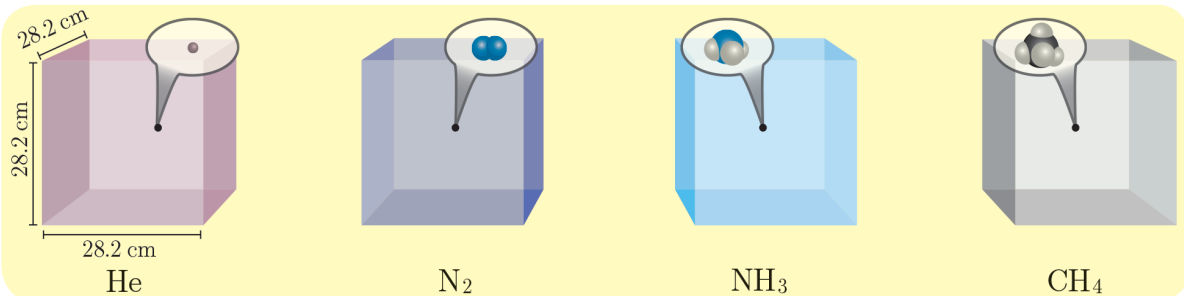


تُستخدم طناجر الضّغط في الطهي، لإنضاج الطّعام بسرعة. حيث يتبخّر الماء فيها نتيجة الحرارة ممّا يؤديّ لزيادة الضّغط، فترتفع درجة غليان الماء داخلها.

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

### نشاط (9):

أخذ حجماً ثابتاً 22.4 L من أربع أنواع مختلفة من الغازات في الشّروط النّظاميّة، أحسب عدد مولات كلّ 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	$M(g \cdot mol^{-1})$
				$n \text{ mol}$

### نتيجة:

- حجم مول واحد من أي غاز في الشّرتين النظاميين (الضّغط 1 atm، ودرجة الحرارة 0°C) يساوي 22.4 L.
- يشغل مول واحد من أي غاز الحجم ذاته في الشّروط المتماثلة من الضّغط والحرارة، ويُدعى الحجم الموليّ  $V_{mol}$ .
- قانون أفوغادرو:

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

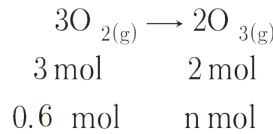
$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = \dots = \text{const.}$$

### تطبيق (4):

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

1. عدد مولات غاز الأوزون الناتج.
2. حجم غاز الأوزون الناتج.

الحل:



1. عدد مولات غاز الأوزون

$$n_{O_3} = 0.6 \times \frac{2}{3} = 0.4 \text{ mol}$$

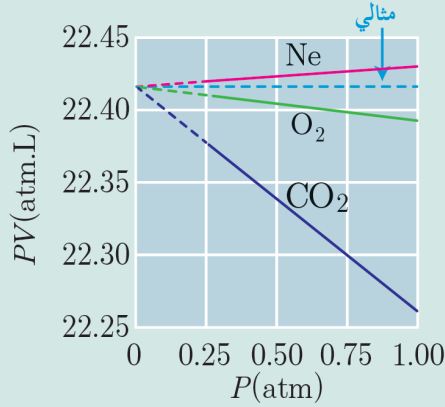
2. حجم غاز الأوزون الناتج

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 مهملة بالنسبة لحجم الوعاء الذي يحويه.
- التصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة.
- تتحرك جزيئات الغاز حركة عشوائية.

يُلاحَظ من الشكل أنّ غاز النيون يسلك سلوك غازٍ مثاليّ، في حين يُعتبر غاز CO<sub>2</sub> يسلك سلوك غاز حقيقيّ.

## 5. قانون الغازات العامّ:

ترتبط متحوّلات الغاز جميعُها بقانون يُدعى "قانون الغازات العامّ" أو "معادلة الغاز المثاليّ"

$$PV = nRT$$

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

$$\Rightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \dots = \frac{PV}{T} = nR$$

### تطبيق (5):

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

**الحل:**

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

وفي جملة الواحدات الدوليّة

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

### تطبيق (6):

أحسب ضغط عيّنة من غاز النتروجين عدد جزيئاتها  $3.011 \times 10^{23}$  في حوالة حجمها 3 L عند الدّرجة  $27^\circ \text{C}$ .

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

**الحل:**

$$n = \frac{3.011 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.5 \text{ mol} \quad \text{حساب عدد مولات غاز النتروجين}$$

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

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، أستنتج القانون الذي يعمل بموجبه المنطاد، وأفسر ذلك.

الحل:

قانون الغازات العام:  $PV = nRT$

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

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

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

تعطى كثافة الغاز بالعلاقة:  $d = \frac{m}{V}$

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



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

## نتيجة:

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

## إثراء:

إن أثقل عنصر غازي هو الرادون Rn، حيث تبلغ كتلته المولية  $222 \text{ g.mol}^{-1}$ ، أما 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.  
( $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )

الحل:

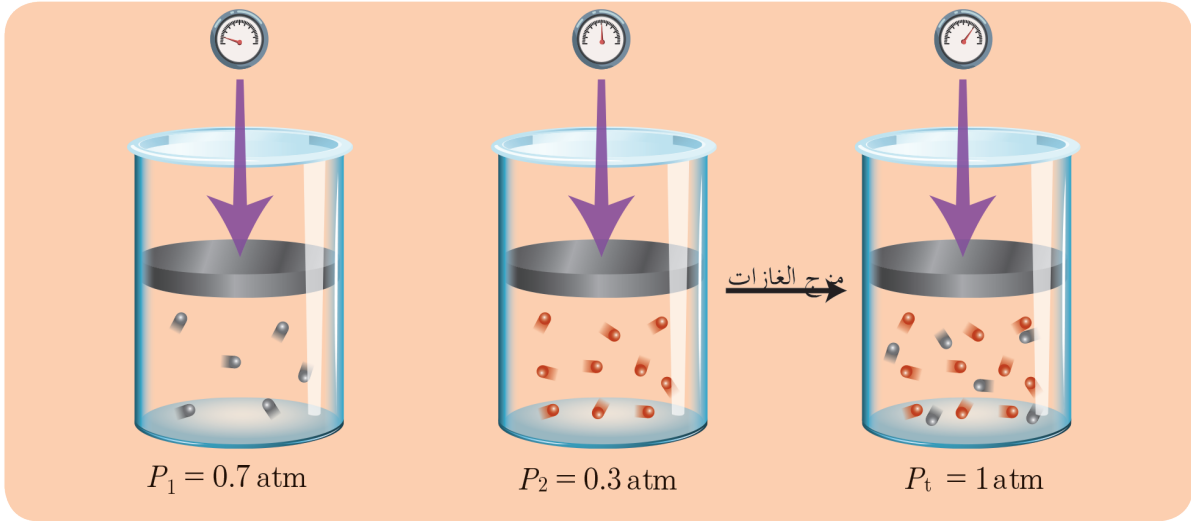
$$d = \frac{PM}{RT}$$
$$0.0847 = \frac{1 \times M}{0.082 \times 290}$$
$$M = 2.01 \text{ g.mol}^{-1}$$

نشاط (11):

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

## قانون دالتون والضغط الجزئية:

ألاحظ الشكل الآتي وأستنتج:



نتيجة:

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

• يعبر عنه بالعلاقة:  $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$

## نشاط (12):

أستنتج عبارة الصَّغَط الكليّ لمزيج مكوّنٍ من ثلاثة غازاتٍ مختلفة بثبات درجة الحرارة والحجم.

**الحل:**

أطبّق قانون دالتون  $P_t = P_1 + P_2 + P_3$  يُعطى ضغط كلّ غاز وفق قانون الغازات العامّ:

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

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

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

## علاقة الصَّغَط الجزئيّة بالسور الموليّة:

## نشاط (13):

أستنتج عبارة الصَّغَط الكليّ لمزيج غازيّ بدلالة الكسر الموليّ.

**الحل:**

الصَّغَط الجزئيّ لغاز  $P_1 = n_1 \frac{RT}{V}$  والصَّغَط الكليّ للمزيج الغازيّ  $P_t = n_t \frac{RT}{V}$  أنسب الصَّغَط الجزئيّ إلى الصَّغَط الكليّ:

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

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

**نتيجة:**

• تُدعى النسبة  $X_i = \frac{n_i}{n_t}$  بالكسر الموليّ لغاز.  $P_i = X_i P_t$

## تطبيق (8):

أحسب الصَّغَط الجزئيّ لغاز النتروجين مقدراً بـ atm عند مستوى سطح البحر، إذا علمت أنّ نسبته 78% من مجمل الغازات المكوّنة للهواء، علماً أنّ 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، ألاحظ انتشار الرائحة في كامل أرجاء الغرفة، كيف أفسر ذلك؟

أفسر:

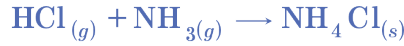
تنتشر الغازات في كل الاتجاهات بسبب الحركة العشوائية لجزيئاتها لتتلاءم الحيز الذي توجد فيه بشكل متجانس تقريباً.

نشاط (15):



إذا وضعت عبوتان من محلول حمض كلور الماء المركز، ومحلول النشادر المركز بجانب بعضهما ثم نُزِعَ غطاء كل منهما وفق الشكل الآتي:

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



نتيجة:

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

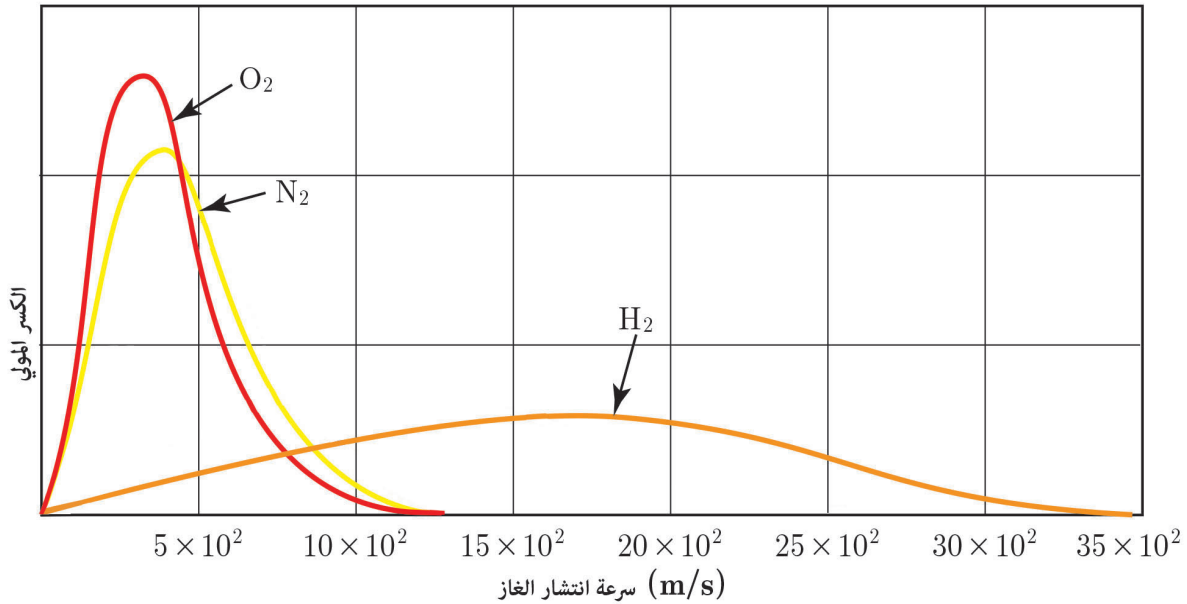
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

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

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

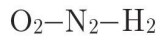
## تطبيق (9):

الشكل المرسوم أدناه يمثل سرعة انتشار بعض الغازات بدلالة الكسر المولي لكلّ منها.



### الحل:

أرتّب هذه الغازات وفق سرعة انتشارها:



تزايد سرعة الانتشار

تتزايد سرعة انتشار الغاز كلما نقصت كتلته المولية وفق قانون غراهام.

### نشاط (16):

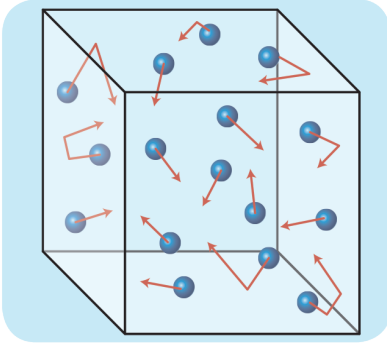
يستخدم غاز سداسي فلوريد اليورانيوم  $UF_6$  في عمليات تخصيب الوقود النوويّ في المفاعلات النووية. احسب نسبة سرعة انتشار غاز الهيدروجين  $H_2$  إلى سرعة انتشار غاز سداسي فلوريد اليورانيوم  $UF_6$ ، حيث:

$$M_{H_2} = 2 \text{ g.mol}^{-1} , \quad M_{UF_6} = 352 \text{ g.mol}^{-1}$$

## 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. يُهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات.
3. تُهمل قوى التأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.



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

5. تزداد الطاقة الحركية لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

تطبيق (10):

يُحصّر مزيج غازي مؤلف من 5% بوتان و 95% أرجون، بملء وعاء مخلى من الهواء حجمه 16.4 L بغاز البوتان حتى يصبح الضغط 1 atm ثم يضاف إليه غاز الأرجون حتى يحقق النسبة السابقة مع ثبات درجة الحرارة  $t = 127^\circ\text{C}$ . المطلوب حساب:

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

2. الضغط الكلي للمزيج النهائي.

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

الحل:

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

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

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

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

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

$$m_{\text{أرجون}} = n \times M$$

كتلة غاز الأرجون

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

2. الضغط الكلي يساوي مجموع الضغوط الجزئية في المزيج:

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

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

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

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 مقدره 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 مقدره 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 أفوغادرو).

1. حجم مول واحد من أي غاز في الشرطين النظاميين (الضغط 1 atm، ودرجة الحرارة

0°C) هو 22.4 L

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.

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

• تتناسب كثافة الغاز طرداً مع ضغطه وكتلته المولية وعكساً مع درجة حرارته.

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

• يعبر عنه بالعلاقة:  $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$

• قانون غراهام: نسبة سرعتي انتشار غازين في وسط ضمن الشروط نفسها من ضغط ودرجة الحرارة تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لنسبة كتليهما 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. يُهمل حجم جزيء الغاز مقابل حجم الغاز نتيجة تباعد الجزيئات.



3. تُهمل قوى التأثير المتبادل بين جزيئات الغاز.  
 4. لا يتغيّر متوسط الطاقة الحركية للجزيئات بمرور الزمن، وتنتقل الطاقة بين الجزيئات من خلال التصادمات، بشرط بقاء درجة الحرارة ثابتة، وينتج ضغط الغاز نتيجة تصادم جزيئاته مع جدران الإناء الذي يحويه.  
 5. تزداد الطاقة الحركية لجزيئات الغاز بازدياد درجة الحرارة.

## أختبر نفسي

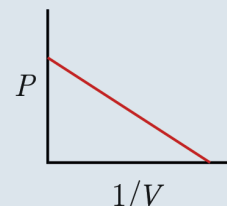
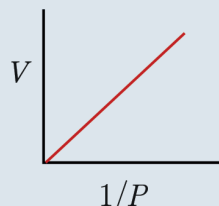
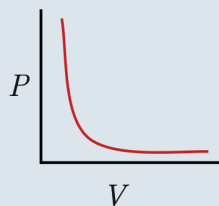
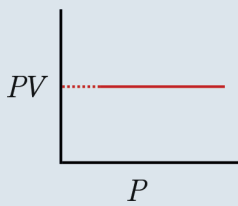


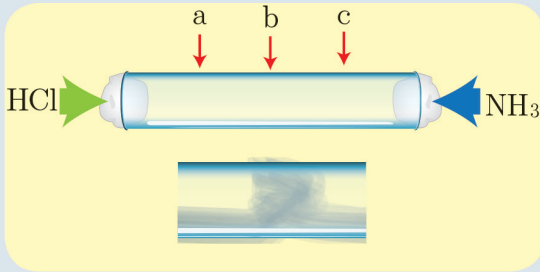
يُعطى ثابت الغازات لجميع الأسئلة والمسائل  $R = 8.314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ ,  $R = 0.082 \text{ atm.L.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. يحوي وعاء مغلق حجمه 18 L يحوي غاز الأرغون عند الدّرجة 360 K والضغط 2 atm، فيكون عدد مولات الغاز مساوياً:  
 a. 0.012 mol      b. 1.21 mol      c. 0.82 mol      d. 83.14 mol
2. يزداد ضغط غاز موجود في وعاء 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 في وعاء إذا كان:  
 a. حجمه 22.4 L يحوي مول واحد من الغاز      b. حجمه 22.4 L يحوي مولين من الغاز  
 c. حجمه 11.2 L يحوي مولين من الغاز      d. حجمه 11.2 L يحوي مول واحد من الغاز
4. تشغل عيّنة غازيّة حجماً قدره 30 mL عند الدّرجة  $27^\circ\text{C}$  وضغطاً ثابتاً، إذا سخنت العيّنة إلى الدّرجة  $50^\circ\text{C}$  يصبح حجمها مساوياً:  
 a. 60.0 mL      b. 27.5 mL      c. 15.0 mL      d. 32.3 mL
5. مزيج غازي يحتوي على 2 mol من النتروجين و 4 mol من الأكسجين عند ضغط 0.98 atm. إذا استبدل المزيج بـ 6 mol من الأكسجين تكون قيمة الضّغط الناتج:  
 a. 0.32 atm      b. 0.349 atm      c. 0.65 atm      d. 0.98 atm

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

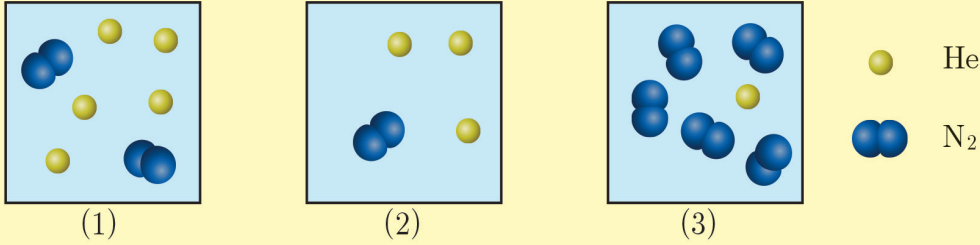
1. أيّ من الخطوط البيانيّة الآتية لا يمثّل قانون بويل، بفرض ثبات درجة الحرارة وعدد المولات؟ فسّر إجابتك.





2. يُمَلَأ أنبوب زجاجي طوله 1 m بغاز الأروغون عند الضَّغط 1 atm، ويُغلق طرفيه بالقطن كما في الشَّكل المجاور: يُضخَّ غاز HCl من أحد طرفيه، وغاز NH<sub>3</sub> من الطَّرَف الأخر في الوقت ذاته. يتفاعل الغازان ضمن الأنبوب الزجاجي ليتكوَّن ملح NH<sub>4</sub>Cl الصَّلب، في أيِّ نقطة a أو b أو c تتوقَّع أن يتكوَّن هذا الملح، ولماذا؟

3. يمثِّل الشَّكل الآتي عيَّناَت غازية:



إذا علمت أنَّ هذه العيَّناَت موجودة عند درجة الحرارة ذاتها، رتَّب هذه العيَّناَت حسب:

a. تزايد الضَّغط الكلِّي.

b. تزايد الضَّغط الجزئي للهليوم.

ثالثاً: حلِّ المسائل الآتية:

### المسألة الأولى:

منطاد مليء بـ غاز الهيدروجين يستخدمه مستكشف ليصل به إلى القطب الشمالي، وقد حصل على غاز الهيدروجين من خلال تفاعل حمض الكبريت الممدد مع برادة الحديد، فإذا كان حجم المنطاد في الشرطين النظاميين 4800 m<sup>3</sup>، ونسبة غاز الهيدروجين الضائع المتسرَّب خلال عمليَّة الملء 20% المطلوب:

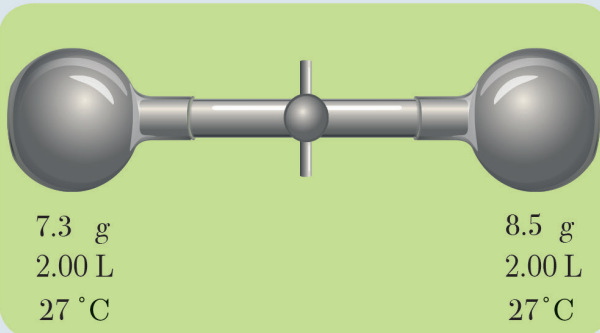
1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

2. احسب كتلة الحديد المستخدم.

3. احسب كتلة حمض الكبريت.

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

### المسألة الثانية:



يُمثِّل الشَّكل المجاور حوجلتين متماثلتين متصلتان ببعضهما بصمَّام، تحوي الحوجلة الأولى غاز النشادر (الأمونيا) NH<sub>3</sub> كتلة 8.5g، بينما تحوي الحوجلة الثانية غاز كلور الهيدروجين HCl كتلة 7.3g، فإذا علمت أنَّ حجم كلِّ حوجلة 2.0 L، ودرجة حرارتها 27 °C، عند فتح الصمَّام يتفاعل غاز النشادر مع غاز كلور الهيدروجين، وينتج ملح كلوريد الأمونيوم الصَّلب، المطلوب:

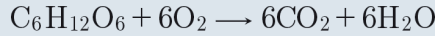
1. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.
2. بين حسابياً ما هو الغاز المتبقي بعد نهاية التفاعل؟
3. احسب الضَّغَط عند نهاية التفاعل (بإهمال حجم كلوريد الأمونيوم الصَّلب المتشكَّل).
4. احسب كتلة ملح كلوريد الأمونيوم الناتج.

#### المسألة الثالثة:

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

#### المسألة الرابعة:

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



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

1. حجم غاز  $\text{CO}_2$  المنطلق نتيجة أكسدة  $0.9\text{ g}$  من سكر العنب في جسم الإنسان، عند درجة الحرارة  $37^\circ\text{C}$  والضَّغَط  $0.93\text{ atm}$ .
2. ضَّغَط غاز الأوكسجين اللازم لأكسدة  $3\text{ g}$  إذا كان حجمه  $0.6\text{ L}$  ودرجة الحرارة  $300\text{ K}$

( C:12 , O:16 , H:1 )

#### تفكير ناقد

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

#### أبحث أكثر

ترتفع الطائرات التجارية في أثناء طيرانها إلى ارتفاع محدد يتراوح بين  $(8-12)\text{ km}$  ابحث عن سبب ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشابكة.

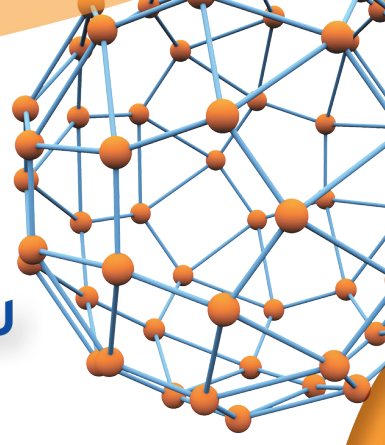
# الوحدة الثالثة

## حركية التفاعلات الكيميائية



تكمُن أهمية الكيمياء الحركية في دراسة سرعة التفاعل وآلية حدوثه، ولهذا أهمية كبيرة في الصناعة، حيث يمكن معرفة زمن انتهاء إحدى المراحل في عملية التصنيع، وما الظروف الملائمة لكل مرحلة؟ وفي مجال الصيدلة من أجل تخزين الدواء ومعرفة فعاليته داخل الجسم.

# 3-1 سرعة التفاعل الكيميائي



تُزوّد السّيارات بوسائد هوائية تنتفخ لحظة تعرّض السيارة لحادث ما، تعتمد تقنيّة انتفاخها على تفكّك مادّة كيميائيّة تُدعى أزيد الصّوديوم  $\text{NaN}_3$  خلال زمن لا يتعدّى  $0.04\text{ s}$ ، لتجنّب السائق والركاب الأذى.

## الأهداف:



- \* يصنّف التفاعلات وفقاً لسرعاتها.
- \* يتعرّف مفهوم السرعة الوسطية للتفاعل الكيميائي.
- \* يتعرّف طاقة التنشيط.
- \* يستنتج العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي.
- \* يعيّن السرعة اللحظية (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):

صنّف 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:

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

اعتماداً على النتائج المدوّنة في الجدول السابق:

1. أحسب تركيز كلّ من المادتين A و B عند الأزمنة (40, 20, 0) s.
2. أحسب تغيّر تراكيز كلّ من المادتين A و B خلال تغيّر الزمن من (20 ← 0) ومن (40 ← 20)
3. أمثل بيانياً تغيّر تراكيز كلّ من المادتين A و B خلال سير التفاعل، ماذا أستنتج؟

الحل:

1.

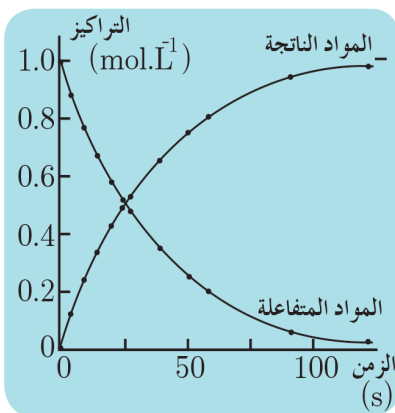
الزمن (s)	0	20	40
تركيز المادة A ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	1.00	0.54	0.30
تركيز المادة B ( $\text{mol.L}^{-1}$ )	0	0.46	0.70

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

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

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

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



**ألاحظ:**

أن قيمة تغيير تراكيز المواد المتفاعلة بالنسبة لتغيير الزمن سالبة لأن التراكيز في تناقص مستمر.

تغيير تركيز المادة B خلال الزمن من (20 ← 0)

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

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

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

**ألاحظ:**

أن قيمة تغيير تراكيز المواد الناتجة بالنسبة لتغيير الزمن موجبة لأن التراكيز في تزايد مستمر.

يعبر تغيير تركيز المادة A بتغيير الزمن عن السرعة الوسطية لاستهلاك المادة A، ويُرمز لها  $v_{\text{avg}}(A)$ .

يعبر تغيير تركيز المادة B بتغيير الزمن عن السرعة الوسطية لتشكيل المادة B، ويُرمز لها  $v_{\text{avg}}(B)$ .

**أستنتج:**

- السرعة الوسطية لاستهلاك المادة (A) المتفاعلة  $v_{\text{avg}}(A) = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ ، والسرعة الوسطية لتشكيل المادة (B) الناتجة  $v_{\text{avg}}(B) = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$

- $v_{\text{avg}}(A) = v_{\text{avg}}(B)$  بسبب تساوي عدد المولات لكل منهما في معادلة التفاعل، ويُعبّر عن سرعة التفاعل

$$v_{\text{avg}} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t} \text{ :السرعة الوسطية للتفاعل السابق}$$

**تعميم:**

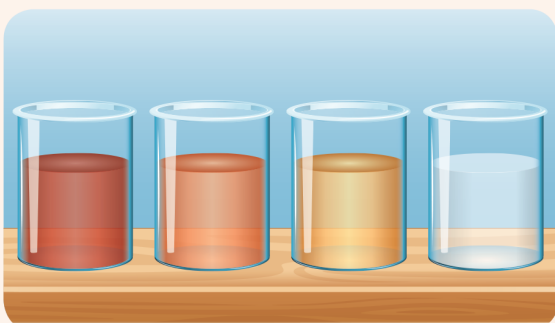
في وسط متجانس لدينا التفاعل الكيميائي العام الآتي:  $m A + n B \rightarrow p C + q D$  حيث  $n, m, q, p$  عدد المولات في المعادلة الموزونة علاقة السرعة الوسطية لتفاعل كيميائي:

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

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

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

**إثراء:** ☆



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 النمل مع ماء البروم كما في الشكل.

## مراحل حدوث التفاعل الكيميائي:

### نظرية التصادمات:

تقوم نظرية التصادم على فرضيتين:

1. لحدوث تفاعل كيميائي يجب أن تصادم دقائق المواد المتفاعلة (جزيئات أو ذرات أو أيونات) مع بعضها.

2. التصادم شرط لازم وغير كافٍ لحدوث التفاعل، حيث يوجد تصادمات فعالة وأخرى غير فعالة.

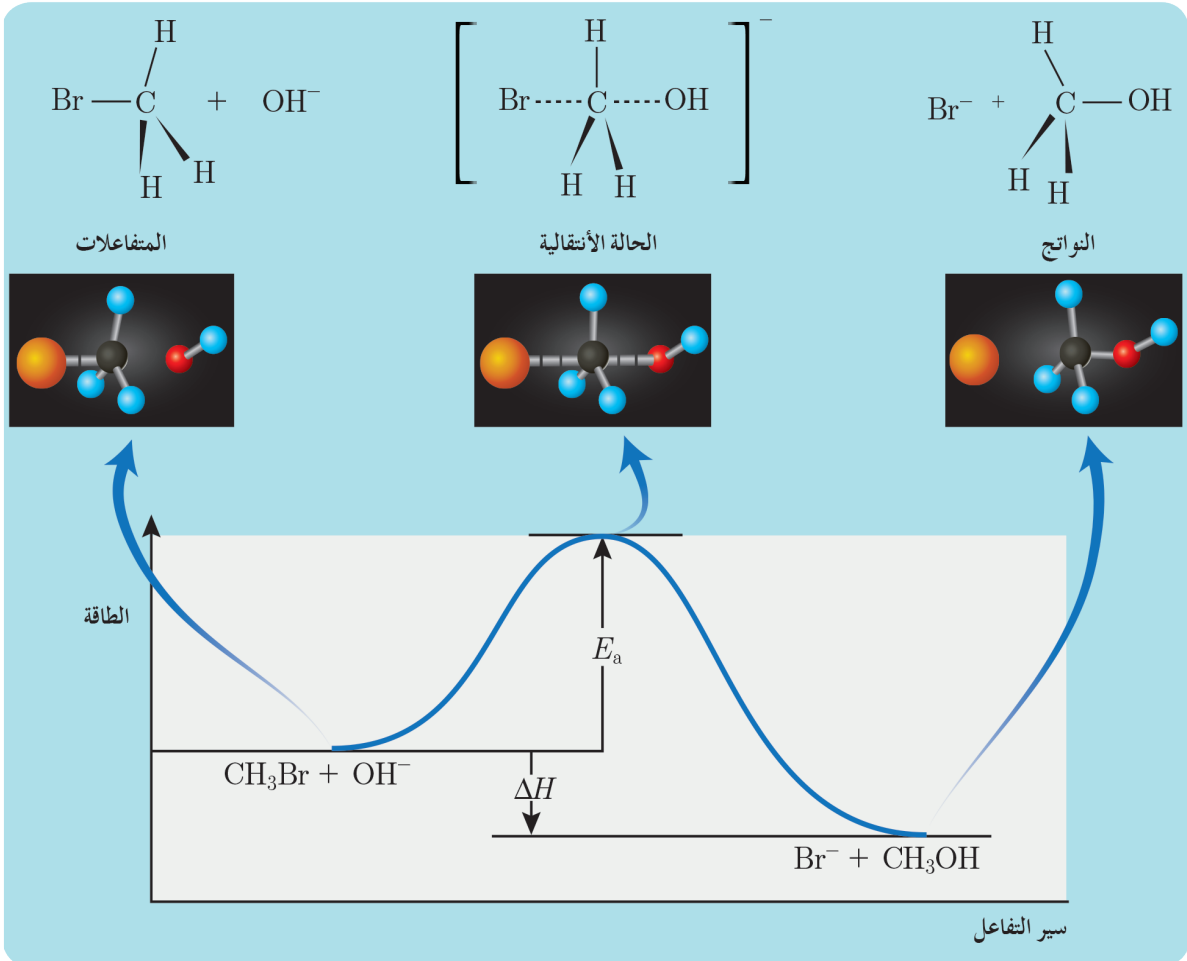
حتى يكون التصادم فعالاً لا بد من توافر شرطين هما:

- أن تأخذ دقائق المواد المتفاعلة وضعا فراغياً مناسباً.

- أن تمتلك دقائق المواد المتفاعلة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل (طاقة التنشيط).

### نشاط (3):

ألاحظ المخطط المعبر عن تغير الطاقة خلال سير التفاعل، وأحد المراحل التي يمر بها التفاعل الآتي:





أستنتج:

- تمرّ التفاعلات الكيميائية التي تحتاج إلى طاقة تنشيط بالمراحل الآتية:
  1. إضعاف روابط جزيئات المواد المتفاعلة.
  2. تشكّل الحالة الانتقالية أو ما يسمّى المعقد النشط.
  3. تفكك المعقد النشط، وتشكّل التّواتج.

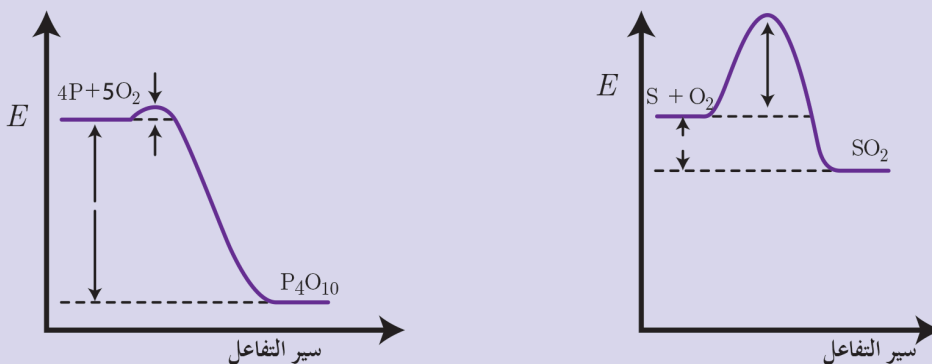
إضاءة



- المعقد النشط: مركّب مرحليّ غير ثابت يتشكّل آنياً، ولا يمكن فصله من المزيج التفاعليّ.
- طاقة التنشيط: هي الحدّ الأدنى من الطّاقة الواجب توافره لوصول طاقة الموادّ المتفاعلة إلى الحالة الانتقاليّة.
- تعلق طاقة التنشيط بطبيعة الموادّ المتفاعلة.

نشاط (4):

ألاحظ المخطّطين البيانيين الآتيين:



أيّ التفاعلين يحتاج طاقة تنشيط أكبر؟ وأيّ التفاعلين أسرع؟ أفسّر ذلك.

أستنتج:

- 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 بطيئة، لأنّ عدد الجزيئات التي تمتلك طاقة التنشيط يكون صغيراً.

## العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل الكيميائي:

تؤثر في سرعة التفاعل مجموعة من العوامل:

### 1. طبيعة المواد المتفاعلة.

نشاط (5):

ما عدد الروابط (C-H, C-C) في كل من المركبين الآتيين:

$  \begin{array}{cccccccc}  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\  &   &   &   &   &   &   &   \\  \text{H} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{H} \\  &   &   &   &   &   &   &   \\  & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H}  \end{array}  $ <p>الأوكتان (المكون الأساسي للوقود المستخدم في السيارات)</p>	$  \begin{array}{cccc}  & \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}  $ <p>غاز البوتان (المكون الأساسي للوقود المستخدم في أسطوانة الغاز المنزلية)</p>		
<p>C - H</p> <p>-----</p>	<p>C - C</p> <p>-----</p>	<p>C - H</p> <p>-----</p>	<p>C - C</p> <p>-----</p>

أحد أي المركبين السابقين يحترق بسرعة أكبر؟

أنتج:

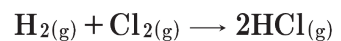
- سرعة احتراق البوتان أكبر من سرعة احتراق الأوكتان.

نشاط (6):

يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الفلور بسرعة كبيرة تصل إلى حد الانفجار في الدرجة العادية من الحرارة



يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الكلور ببطء في الدرجة العادية من الحرارة وفق المعادلة:



ما سبب اختلاف سرعتي التفاعلين السابقين؟ علماً أن:

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

أنتج:

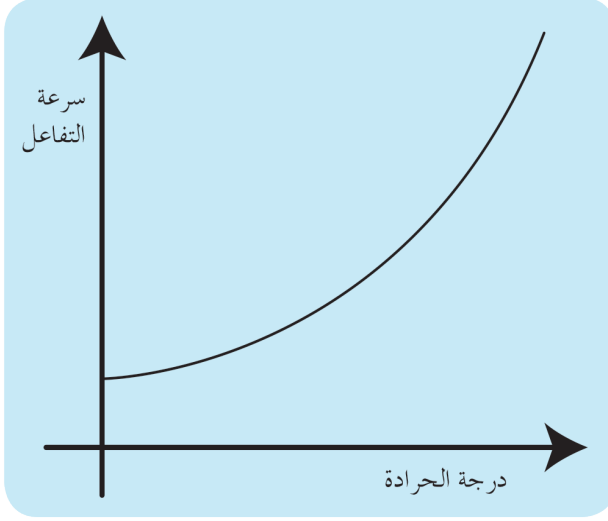
- تزداد سرعة التفاعل الكيميائي كلما قلت قيمة طاقة روابط المواد المتفاعلة.

نتيجة:

تتعلق سرعة التفاعل بطبيعة المواد المتفاعلة.

## ٢. درجة الحرارة.

نشاط (7):



تصنّف الزواحف بأنّها من الحيوانات ذات الدّم البارد، لأنّها تحتاج للحرارة حتّى تستطيع الحركة بسرعة.

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

- تؤدّي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة عدد الجزيئات التي تملك طاقة حركيّة أكبر أو تساوي طاقة التنشيط، فيزداد عدد التصادمات الفعّالة وبالتالي تزداد سرعة التفاعل.

## نتيجة:

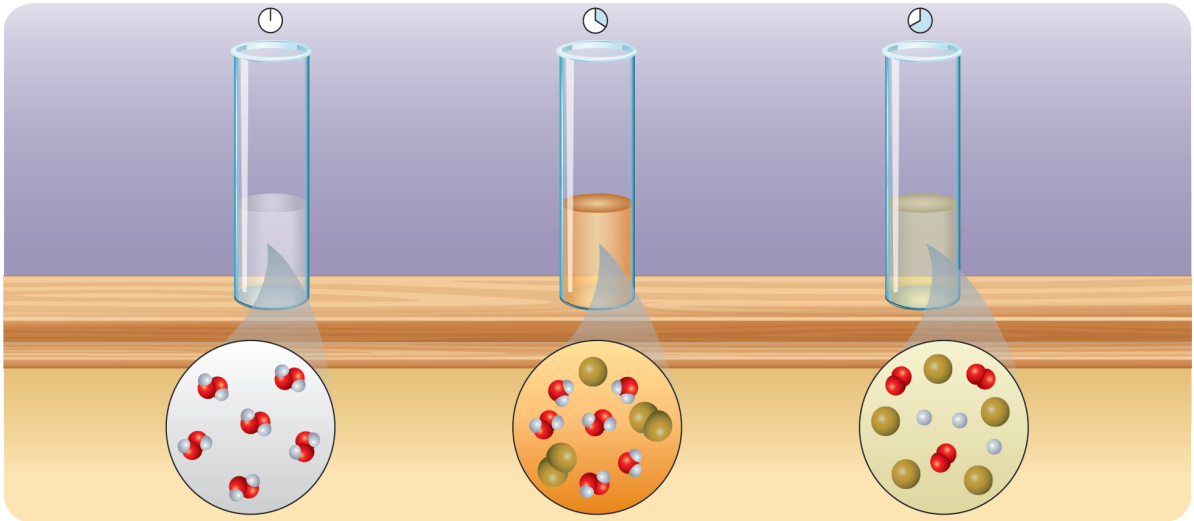
تزداد سرعة التفاعل بزيادة درجة الحرارة.

## ٣. تأثير الوسيط.

تُحفظ الأغذية المعلّبة لفترة زمنيّة طويلة دون أن تفسد بسبب إضافة موادّ حافظةٍ إليها تُبطئ سرعة تفاعل تحللها.

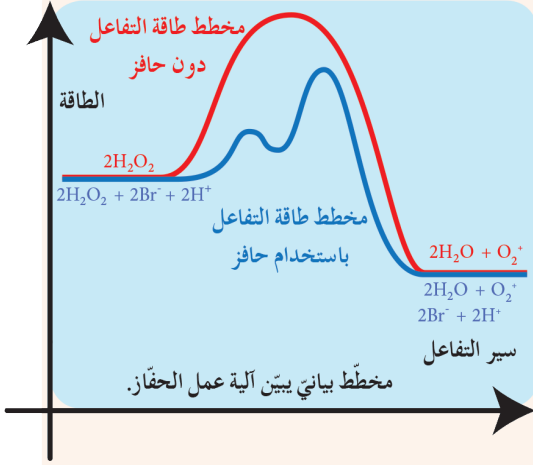
نشاط (8):

يتفكّك الماء الأكسجيني ببطء وفق المعادلة الآتية:  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$

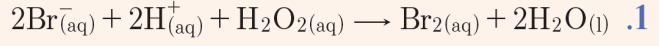


تزداد سرعة تفكّك الماء الأكسجيني عند إضافة حفّاز (أيونات البروم  $\text{Br}^-$  في وسط حمضي).

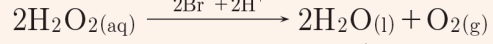
## إثراء:



يتمّ التفاعل وفق الخطوات الآتية:



بجمع المعادلتين السابقتين نجد:



نلاحظ وكأنّ أيونات البروم لم تشارك في التفاعل.

أستنتج:

- الوسيط: مادّة تُغيّر من سرعة التفاعل الكيميائي القابل للحدوث دون أن يتغيّر تركيبها الكيميائي في نهاية التفاعل، ويُقسّم الوسيط إلى مسرّع للتفاعل يُدعى حفّاز، ومُبطئ للتفاعل يُدعى مثبّط.
- يعمل الحفّاز على تغيير آلية حدوث التفاعل وفق تفاعلات طاقة تنشيطها أقلّ من طاقة تنشيط التفاعل الأصلي.

## إضاءة

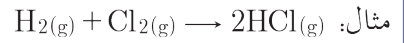


تلعب الأنزيمات دور المحفّز أو المثبّط في ضبط التفاعلات الكيميائية داخل جسم الكائن الحي، والتي تحدث جميعها بشكل دقيق للحفاظ على حياته واستمرار بقائه.

## 4. تأثير التركيز.

نميّز نوعين من التفاعلات:

تفاعلات متجانسة: تكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور واحد



في هذه الحالة تزداد سرعة التفاعل بزيادة أحد تركيزي الهيدروجين أو الكلور أو كليهما.

تفاعلات غير متجانسة: تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في أطوار مختلفة.

## نشاط (9):

يتفاعل حمض كلور الماء مع قطعة من كربونات الكالسيوم وفق المعادلة الآتية:



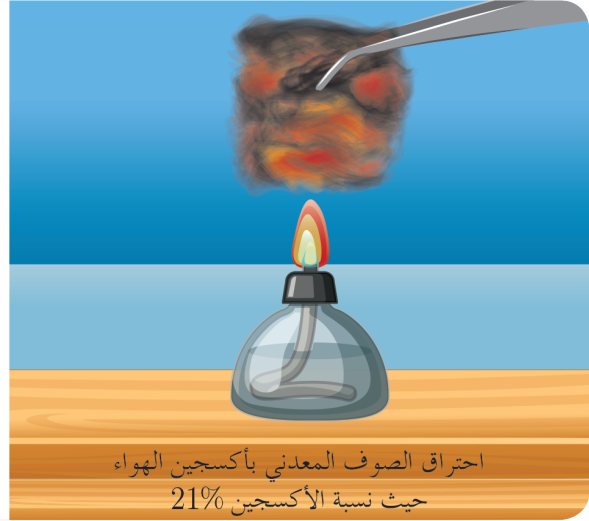
كيف يمكن زيادة سرعة هذا التفاعل؟

أنتج:

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

نشاط (10):

توضّح الصّورتان الاتيتان احتراق كتلتين متساويتين من الصّوف المعدنيّ بالأكسجين:



أيّ التفاعلين أسرع؟ فسّر إجابتك؟

إضاءة



الموادّ الصّلبة والسائلة الصّرفة ذات تركيز ثابت، لأنّ تغيّر عدد المولات يؤدي لتغيّر الحجم، والعكس صحيح، فتبقى نسبة عدد المولات إلى الحجم (التركيز) ثابتة.

نشاط (11):

يتفاعل حمض الكبريت الممدّد 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 سير التفاعل:

الزمن (s)	$[C_4H_9Cl] \text{ mol.L}^{-1}$
0.0	0.10
100	0.08
200	0.06
300	0.05
400	0.04
500	0.03
800	0.02
1000	0

أرسم المنحني البياني لتغيّر تركيز كلورو البوتان بدلالة تغيّر الزمن، وأحسب ميل المماسّ عند كلّ من اللحظتين  $t = 600 \text{ s}$ ,  $t = 0 \text{ s}$

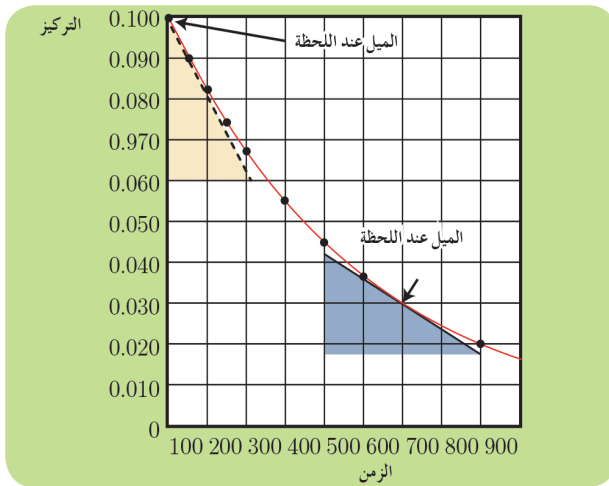
الحل:

عند بداية التفاعل  $t = 0$

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

في اللحظة  $t = 600$

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



أستنتج:

- تمثّل قيمة ميل المماسّ عند لحظة محددة قيمة السرعة اللحظية للتفاعل.

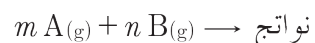
إضاءة



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

## ٢. حساب السّرعَة اللّحظيَّة رياضيًّا:

يحدث عند درجة حرارة ثابتة التّفاعل الكيميائيّ الممثّل بالمعادلة الكيميائيَّة الآتية:



في التّفاعل الأوّليّ تتناسب سرعة التّفاعل اللّحظيَّة طرديًّا مع جداء تراكيز الموادّ المتفاعلة، مرفوع كلّ منها لأسّ يساوي عدد الأمثال التّفاعليَّة (عدد المولات).

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

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

[A], [B] تراكيز الموادّ المتفاعلة واحدها mol.L<sup>-1</sup>

v سرعة التّفاعل اللّحظيَّة واحدها mol.L<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>

k ثابت سرعة التّفاعل، وتعلّق قيمته بطبيعة الموادّ المتفاعلة، ودرجة الحرارة.

تطبيق (1):

أكتب عبارة سرعة التّفاعل اللّحظيَّة لكلّ من التّفاعلات الأوّليَّة الآتية:

ملاحظات	قانون سرعة التّفاعل	المعادلة
لم يدخل تركيز الماء في عبارة سرعة التّفاعل لأنّه (مُحلّ) وتركيزه ثابت.	$v = k [C_4H_9Cl]$	$C_4H_9Cl(aq) + H_2O(l) \rightarrow C_4H_9OH(aq) + HCl(aq)$
تم استبعاد تركيز كربونات الكالسيوم لأنّه صلب تركيزه ثابت، وتمّ رفع قيمة التركيز للأسّ 2 لأنّ الأمثال الموليَّة 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، وتعلّق السّرعَة بتغيّر تركيزهما.	$v = k [SO_2]^2 [O_2]$	$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$
تفاعل من الرّتبة صفر، لا تتعلّق بتركيز كلّ من الكربون والكبريت (موادّ صلبة).	$v = k$	$C(s) + 2S(s) \rightarrow CS_2(l)$

## رتبة 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:

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

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، وأستنتج رتبته.

3. أحسب ثابت سرعة التفاعل.

الحل:

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

أعوض قيم التجربة الثانية:  $v_2 = 4 \times 10^{-5} = k[0.1]^x[0.2]^y$  (2)

أعوض قيم التجربة الثالثة:  $v_3 = 16 \times 10^{-5} = k[0.2]^x[0.1]^y$  (3)

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

$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{16 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-5}} = \frac{k[0.2]^x[0.1]^y}{k[0.1]^x[0.1]^y} \Rightarrow 4 = \frac{[0.2]^x}{[0.1]^x} \Rightarrow 4 = 2^x \Rightarrow x = 2$$

أستنتج:  $x = 2$

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

أستنتج أن التفاعل من الرتبة الثانية.  $x + y = 2 + 0 = 2$

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

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

أستنتج:

- التفاعلات الأولية: تفاعلات تتوافق فيها عبارة السرعة اللحظية مع معادلة التفاعل المعطاة.
- التفاعلات غير الأولية: تفاعلات تتم 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 رُتَبَ التفاعلات الكيميائية اعتماداً على عبارة سرعة التفاعل

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

### إضاءة



سرعة التفاعل في التفاعلات ذات الرتبة صفر تتحدّد بمجموعة من العوامل، منها مساحة سطح التماس، أو الحفّاز.

### نشاط (14):

يحدث التفاعل الآتي في شروط مناسبة:  $\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \rightarrow \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$  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:

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

• في التفاعل الكيميائي:  $mA \rightarrow nB$

حيث  $n, m$  عدد المولات في المعادلة الموزونة

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

علاقة السرعة الوسطية للتفاعل

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

علاقة السرعة الوسطية لاستهلاك المادة A

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

علاقة السرعة الوسطية لتشكيل المادة B

• تقوُّم نظرية التصادم على فرضيتين:

1. لحدوث تفاعل كيميائي يجب أن تصادم دقائق المواد المتفاعلة (جزيئات أو ذرات أو أيونات) مع بعضها.
2. التصادم شرط لازم وغير كافٍ لحدوث التفاعل، حيث يوجد تصادمات فعالة وأخرى غير فعالة.

• شرطا التصادم الفعال:

1. أن تأخذ دقائق المواد المتفاعلة وضعا فراغياً مناسباً.
2. أن تمتلك دقائق المواد المتفاعلة الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل (طاقة التنشيط).

• تمرّ التفاعلات الكيميائية التي تحتاج إلى طاقة تنشيط بالمراحل الآتية:

1. إضعاف روابط جزيئات المواد المتفاعلة.
2. تشكّل الحالة الانتقالية، أو ما يسمّى المعقد النشط.
3. تفكك المعقد النشط، وتشكّل 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 عدّة مراحل؛ لا تتوافق فيها عبارة السرعة اللحظية مع معادلة التفاعل، وتُعطى عبارة السرعة للمرحلة الأبطأ.

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



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. قيمة السرعة الوسطية لتكوّن المادّة C تساوي  $0.15 \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  فتكون السرعة الوسطية لاستهلاك المادّة A بوحدة  $\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$  في التفاعل الآتي:  $2A + B \rightarrow 3C$  مساوية:
- a. 0.1      b. 0.225      c. 0.15      d. 0.3

2. يتفكك المركّب  $\text{NO}_2$  في الدرجة  $300^\circ\text{C}$  وفق التفاعل:  $2\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$ ، فإذا علمت أنّ تركيز  $\text{NO}_2$  يتغيّر من  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$  إلى  $0.0064 \text{ mol.L}^{-1}$  خلال 100s، فتكون سرعة تشكّل الأوكسجين 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. تمّ زيادة تراكيز المواد المتفاعلة إلى مثلي ما كان عليه في التفاعل (نواتج  $A + B$ ) ولم تتغيّر سرعة التفاعل، فتكون عبارة سرعة التفاعل اللحظية .

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

4. من أجل التفاعل الأولي الآتي: نواتج  $3A(g) + B(g) \rightarrow$

إذا ازداد تركيز المادّة A مثلي ما كان عليه فإنّ سرعة التفاعل اللحظية:

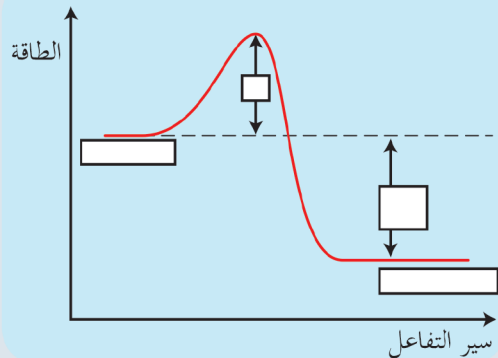
- a. تزداد أربع مرّات      b. تزداد ثمان مرّات      c. تزداد مرّتين مرّات      d. لا تتأثر سرعة التفاعل

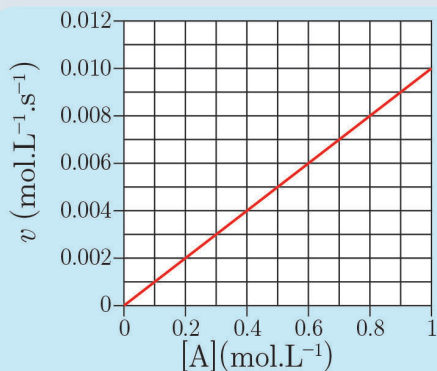
ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. احتراق مسحوق الفحم أسرع من احتراق قطعة فحم مماثلة له بالكتلة وبشروط مماثلة.
2. تؤدّي 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: حلّ الأسئلة الآتية:

1. يبيّن المخطط الآتي تغيّر الطاقة خلال مراحل حدوث التفاعل: بين اسم كلّ مرحلة، والطاقة المشار إليها.



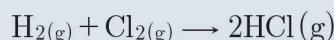


2. يبيّن الخط البياني المجاور تغيّر سرعة التفاعل بتغيّر تركيز المادة A للتفاعل (نواتج  $A \rightarrow$ )، المطلوب:

a. حدّد رتبة التفاعل، ثمّ اكتب قانون سرعة التفاعل اللحظية.

b. احسب قيمة ثابت سرعة التفاعل.

3. يتفاعل غاز الهيدروجين وغاز الكلور وفق المعادلة:



a. اكتب عبارة السّعة الوسطية لاستهلاك غاز الكلور.

b. اكتب العلاقة بين السّعة الوسطية لاستهلاك غاز الهيدروجين والسّعة الوسطية لتشكّل غاز كلور الهيدروجين.

رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

يحدث التفاعل الآتي في شروط مناسبة:  $\text{C}_4\text{H}_8(\text{g}) \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$ ، وقد تمّ تعيين تغيّر تركيز المركّب  $\text{C}_4\text{H}_8$  خلال الزمن وفق الجدول الآتي:

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

والمطلوب:

1. اكتب عبارة السّعة الوسطية لاستهلاك المادة المتفاعلة وعبارة السّعة الوسطية لتشكّل المادة الناتجة.

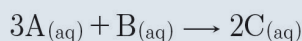
2. اكتب عبارة السّعة الوسطية للتفاعل.

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

4. احسب السّعة الوسطية لتشكّل  $\text{C}_2\text{H}_4$  بين اللحظتين  $s (20 \leftarrow 30)$ .

المسألة الثانية:

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



والمطلوب:

1. اكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية.

2. احسب سرعة التفاعل الابتدائيّ 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.

### المسألة الثالثة:

يبين الجدول الآتي تغير سرعة التفاعل الابتدائية للتفاعل نواتج  $A(g) \rightarrow$  عند تراكيز مختلفة.

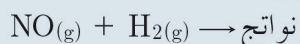
0.4	0.2	0.1	$[A](\text{mol.L}^{-1})$
0.032	0.016	0.008	$v_0(\text{mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1})$

والمطلوب:

1. أثبت أن التفاعل من الرتبة الأولى، واكتب عبارة سرعة التفاعل اللحظية.
2. احسب ثابت سرعة التفاعل.

### المسألة الرابعة:

يتفاعل أكسيد النيتروجين مع الهيدروجين وفق المعادلة:



وسُجّلت البيانات الآتية عند إجراء التجربة لعدة مرّات.

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

والمطلوب:

1. أوجد علاقة سرعة التفاعل اللحظية، وحدد رتبة التفاعل.
2. احسب قيمة ثابت السرعة.
3. احسب سرعة التفاعل عندما يكون  $[\text{H}_2] = 0.15 \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $[\text{NO}] = 0.05 \text{ mol.L}^{-1}$

## تفكير ناقذ

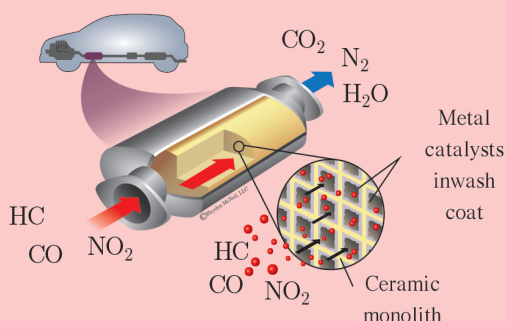
يحدث التفاعل الآتي:  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$  في شروط مناسبة، وقد قيست سرعة التفاعل الابتدائية عند التراكيز الآتية فحصلنا على ما يلي:

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

— أثبت أن التفاعل من الرتبة الأولى.

— أحسب ثابت سرعة التفاعل.

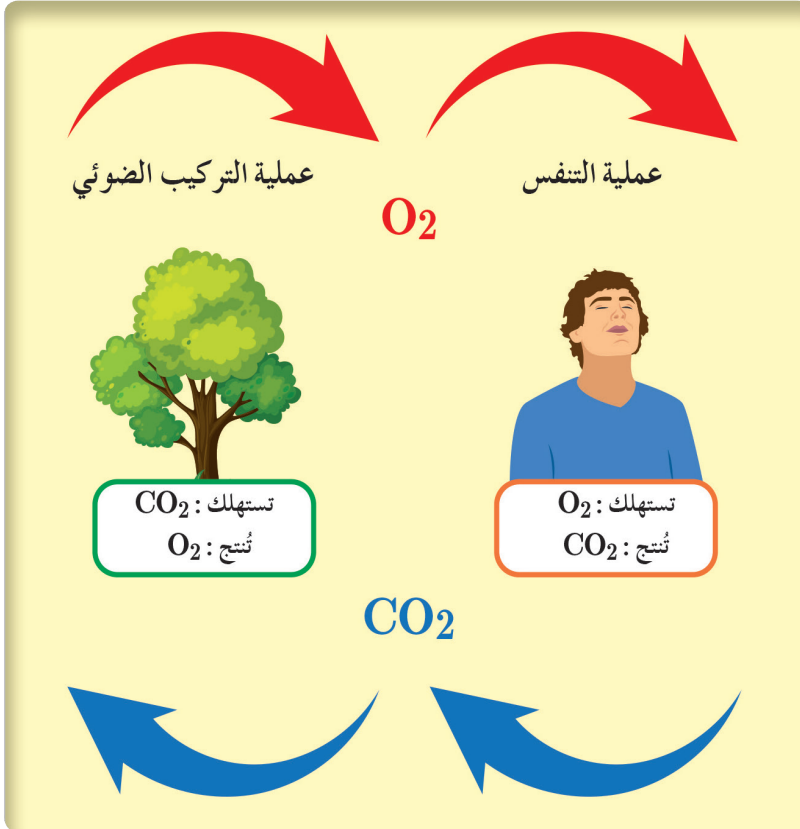
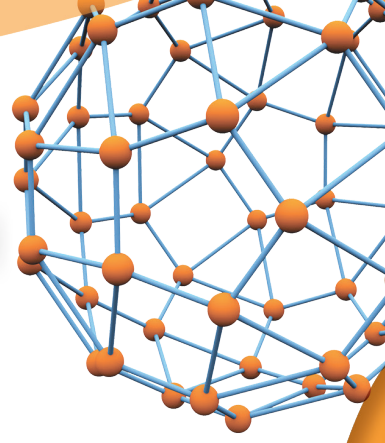
## أبحث أكثر



تزود عوادم السيارات الحديثة بحفّازاتٍ مطليّة بالبالاديوم أو البلاتين تعمل هذه الحفّازات على تفكيك الجزيئات الضّارة والملوثة للبيئة الناتجة عن احتراق الوقود وتحويلها إلى موادّ غير ضارة ابحت في ذلك مستعينا بمكتبة مدرستك أو بالشابكة.

# التوازن الكيميائي

## 3-2



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

### الأهداف:

- \* يتعرّف التفاعل التام والتفاعل المتوازن.
- \* يفهم حالة التوازن.
- \* يستنتج علاقة ثابت التوازن بدلالة التراكيز  $K_c$ .
- \* يتعرّف علاقة ثابت التوازن بدلالة الضغط  $K_p$ .
- \* يبين أهمية ثابت التوازن  $K_c$ .
- \* يحسب قيمة ثابت التوازن لبعض التفاعلات الكيميائية.
- \* يبين أهمية ثابت التوازن.
- \* يتعرّف حاصل التفاعل  $Q$ .
- \* يتعرّف العوامل المؤثرة في حالة التوازن.

### الكلمات المفتاحية:

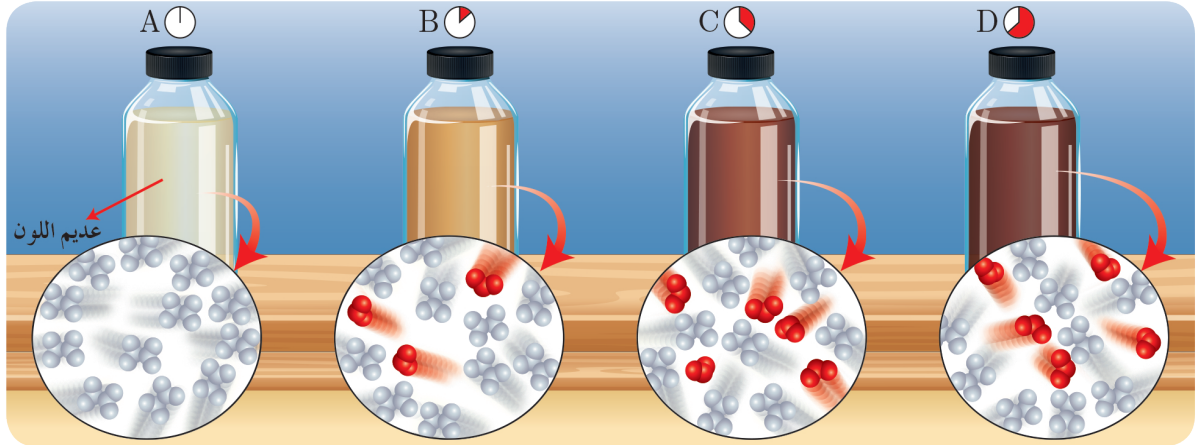
- \* حالة التوازن
- \* ثابت التوازن بدلالة التراكيز
- \* حاصل التفاعل
- \* ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية
- \* مبدأ لوشاتوليه

## حالة التوازن:

نشاط (1):

ألاحظ:

يتفكك غاز  $N_2O_4(g)$  عديم اللون بالتسخين إلى غاز  $NO_2(g)$  ذي اللون البني كما في الصور الآتية:



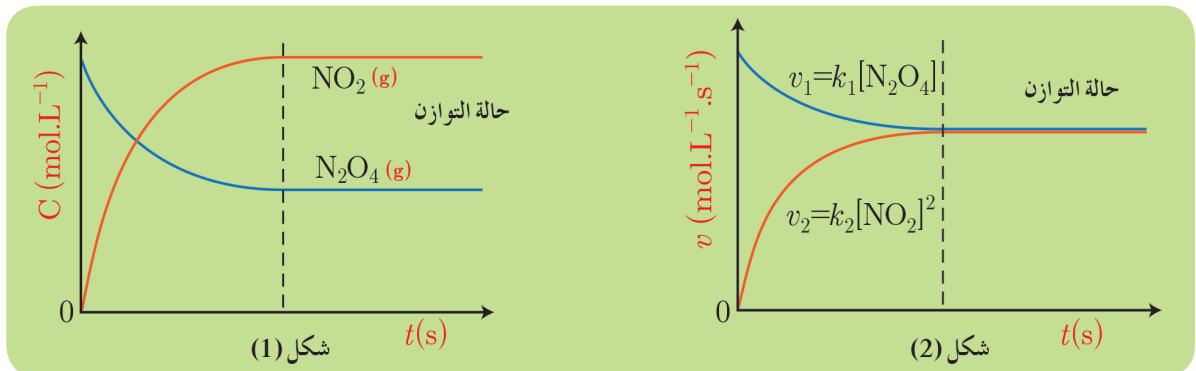
1. هل جزيئات الغاز متماثلة في النوع والعدد في الصورتين A, D؟
2. ما سبب ثبات اللون في الصورتين C, D بمرور الزمن؟
3. هل التفاعل الحاصل تام أم متوازن؟ أفسر ذلك.
4. أكتب معادلة التفاعل الحاصل.

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:  $N_2O_4(g) \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} 2NO_2(g)$ .

ألاحظ:

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





1. كيف يتغيّر تركيز كلّ من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل المتوازن؟
2. أحدّد 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 التراكيز يدلّ على تساوي سرعتي التفاعلين: المباشر  $v_1$  والعكسي  $v_2$  وتسمّى حالة التوازن.

### نتيجة:

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

### نشاط (2):

يسمّى التوازن في حالة التفاعلات الكيميائية بالتوازن الحركي، فسّر ذلك.

## ثابت التوازن الكيميائي:

### تطبيق (1):

أستنتج 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:  $v_1 = k_1[A]^m[B]^n$  ،  $v_2 = k_2[C]^p[D]^q$

عند التوازن:  $k_2[C]^p[D]^q = k_1[A]^m[B]^n \Leftarrow v_1 = v_2$

من خواص التناسب:  $\frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^p[D]^q}{[A]^m[B]^n}$  حيث أنّ النسبة  $\frac{k_1}{k_2}$  مقدار ثابت نرسم 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



يمثل الجدول الآتي تراكيز التوازن لأربع تجارب مختلفة للتفاعل السابق مقدرة  $\text{mol.L}^{-1}$ .

رقم التجربة	$[COCl_2(g)]$	$[Cl_2(g)]_{eq}$	$[CO(g)]_{eq}$	$K_c$
1	0.79	0.21	1.21	-----
2	3.11	1.00	1.00	-----
3	0.575	0.43	0.43	-----

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 وكلٌّ منها مرفوع إلى الأس الذي يساوي عدد الأمثال التفاعلية المشاركة بها في المعادلة الموزونة (عدد المولات).

في التفاعلات الغازية يمكن التعبير عن تراكيز الغازات بدلالة الضغوط الجزئية مقدرة بـ atm وبالتالي تعطى عبارة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية بالعلاقة:

$$K_P = \frac{P_{(C)}^p \cdot P_{(D)}^q}{P_{(A)}^m \cdot P_{(B)}^n}$$

### ملاحظات:

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

### نشاط (4):

عند مزج حجمين متساويين من غازي الهيدروجين وبخار اليود ذي اللون البنفسجي في شروط مناسبة، يُلاحظ تضائل اللون البنفسجي ثم ثباته، اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل مفسراً بقاء اللون البنفسجي، ثم اكتب عبارة كل من  $K_P$  و  $K_c$ .

### العلاقة بين $K_P$ و $K_c$

تعطى العلاقة بين قيمة ثابتي التوازن بدلالة التراكيز والضغوط الجزئية:  $K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$  الفرق بين عدد المولات الغازية الناتجة  $n_2$ ، وعدد المولات الغازية المتفاعلة  $n_1$ .

### تطبيق (2):

أكتب علاقة ثابت التوازن  $K_P$  و  $K_c$ ، ثم اكتب العلاقة بينهما للتفاعل المتوازن الآتي:  $C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)}$

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

$$K_P = K_C (RT)^{-1}$$

$$K_P = \frac{K_C}{(RT)}$$

$$K_P = \frac{P_{(CH_4)}}{P_{(H_2)}^2}$$

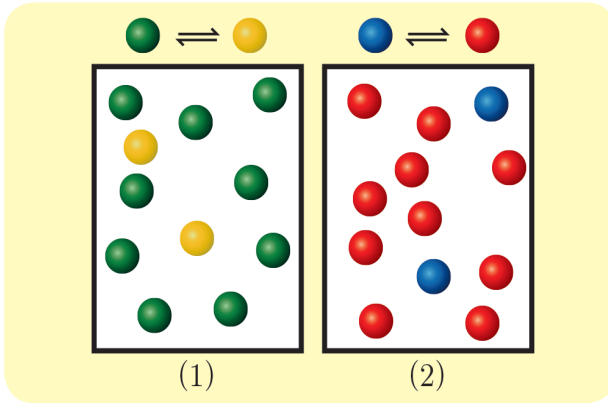
$$K_C = \frac{[CH_4]}{[H_2]^2}$$

### نشاط (5):

اكتب علاقة ثابت التوازن  $K_P$  و  $K_c$ ، ثم اكتب العلاقة بينهما للتفاعل الآتي:  $H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftharpoons H_2S_{(g)}$

## أهمية ثابت التوازن:

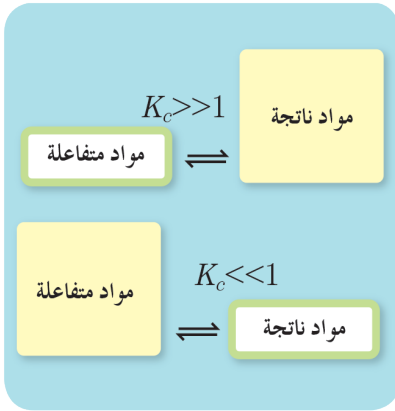
نشاط (6):



ألاحظ الشكّلين الآتيين اللّذين يمثّلان حالة توازن:

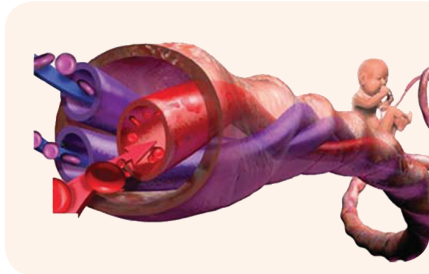
1. أقارن بين كميّة المواد المتفاعلة وكميّة المواد الناتجة في كلّ من الشكّلين.
2. أقارن بين قيمة  $K_c$  في كلّ من التفاعلين.
3. على ماذا تدل قيمة  $K_c$ .

أستنتج:



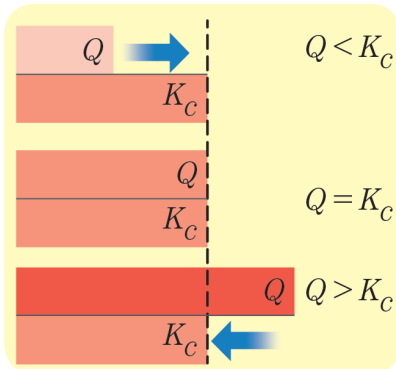
- تُبيّن قيمة ثابت التوازن لتفاعل ما، مدى تحوّل المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التوازن.
- إذا كانت قيمته كبيرة  $K_c \gg 1$  فالتفاعل يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.
- إذا كانت قيمته صغيرة  $K_c \ll 1$  فالتفاعل لا يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر.

## إثراء:



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

## حاصل التفاعل Q



ثمّائل عبارة حاصل التفاعل  $Q$  عبارة ثابت التوازن  $K_c$  حيث تُؤخذ التراكيز في لحظة ما (دون شرط الوصول لحالة التوازن)، ونميّر ثلاث 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  $440^\circ\text{C}$  للتفاعل الآتي:  $\text{I}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ ، فإذا وضع  $4 \times 10^{-2} \text{ mol}$  من  $\text{HI}_{(g)}$  مع  $10^{-2} \text{ mol}$  من  $\text{H}_{2(g)}$  و  $2 \times 10^{-2} \text{ mol}$  من  $\text{I}_{2(g)}$  في وعاء سعته  $2\text{L}$ . المطلوب:

1. أحسب حاصل التفاعل  $Q$ .

2. أحدد التفاعل الراجح (المباشر / العكسي)، مع التعليل.

الحل:

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

$$[\text{H}_2] = \frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{I}_2] = \frac{2 \times 10^{-2}}{2} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

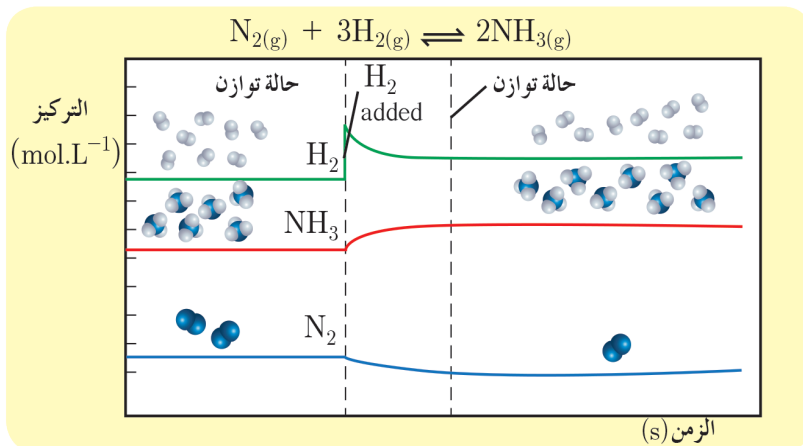
$$Q = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(2 \times 10^{-2})^2}{(5 \times 10^{-3})(10^{-2})} = 8$$

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

## العوامل المؤثرة في حالة التوازن:

يلجأ الكيميائيون إلى زيادة مردود بعض التفاعلات المتوازنة مثل زيادة كمية النشادر الناتج من تفاعل غازي النروجين والهيدروجين بحدوث بعض التغيرات بتأثير عوامل خارجية. ومن هذه التغيرات تغير التراكيز أو تغير الضغوط الجزئية أو تغير درجة حرارة التفاعل. درس العالم لوشاتولييه التغيرات التي تؤثر في حالة التوازن الكيميائي، ووضع قاعدة تنص على ما يلي: إذا حدث تغير 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 التغير.

### 1. تأثير تغير التراكيز:



### نشاط (7):

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

- حالة التوازن.
- كمية النشادر.
- كمية النروجين.

أستنتج:

- عند إضافة كمّية من الهيدروجين، يختلّ التوازن فيرجح التفاعل المباشر على التفاعل العكسيّ حتّى بلوغ حالة توازن جديدة.
- تزداد كمّية النشادر.
- تقلّ كمّية التتروجين.

### نتيجة:

- عند زيادة تركيز إحدى موادّ الجملة المتوازنة يختلّ التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه الذي ينقص فيه تركيز هذه المادّة.
- عند نقصان تركيز إحدى موادّ الجملة المتوازنة يختلّ التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه الذي يزداد فيه تركيز هذه المادّة.

### تطبيق (3):

يحدث التفاعل المتوازن في شروط مناسبة والممثّل بالمعادلة الآتية:  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$   
المطلوب:

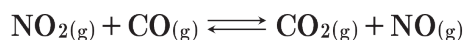
1. ما تأثير زيادة تركيز  $PCl_5$  على حالة التوازن؟
2. ما تأثير زيادة تركيز  $Cl_2$  على حالة التوازن؟
3. ما تأثير إنقاص تركيز  $PCl_3$  على حالة التوازن؟

الحل:

1. عند زيادة تركيز  $PCl_5$  يختلّ التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه المباشر ممّا ينقص من تركيز  $PCl_5$ .
2. عند زيادة تركيز  $Cl_2$  يختلّ التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه العكسيّ لإنقاص تركيز  $Cl_2$ .
3. عند إنقاص تركيز  $PCl_3$  يختلّ التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه المباشر لزيادة تركيز  $PCl_3$ .

### نشاط (8):

يحدث التفاعل المتوازن الممثّل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

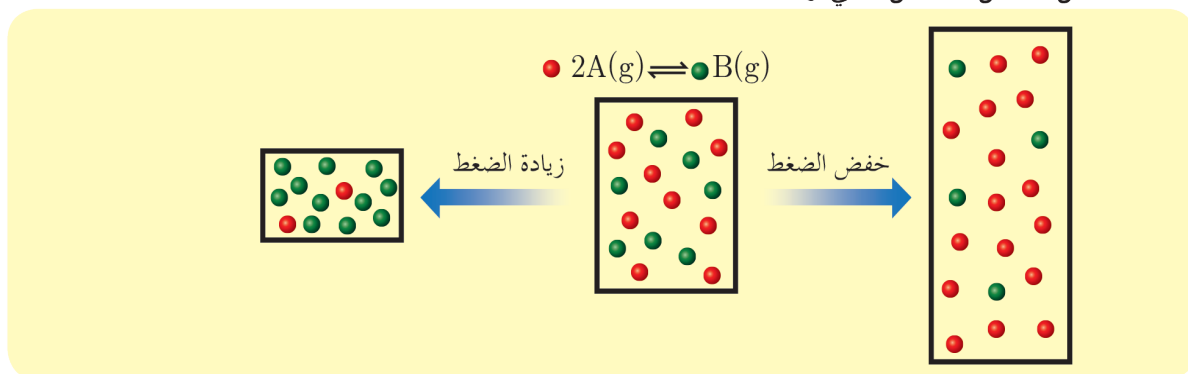


المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	التأثير على التغيّر
				زيادة كمية $NO_2$
				نقصان كمية $NO$
				زيادة كمية $CO_2$
				نقصان كمية $CO$

## ٢. تأثير تغيير الضغط:

ألاحظ التفاعل الممثل بالشكل الآتي وأجيب:



ما أثر زيادة الضَّغط على:

1. حالة التوازن  
2. كمية المواد المتفاعلة  
3. كمية المواد الناتجة.

ما أثر خفض الضَّغط على:

1. حالة التوازن  
2. كمية المواد المتفاعلة  
3. كمية المواد الناتجة.

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

أستنتج:

- عند خفض الضَّغط يختلّ التوازن فيرجح التفاعل العكسي أي باتجاه عدد المولات الغازية الأكثر فتزداد كمية المواد المتفاعلة وتنقص كمية المواد الناتجة حتى بلوغ حالة توازن جديدة.
- عند زيادة الضَّغط يختلّ التوازن فيرجح التفاعل المباشر أي باتجاه عدد المولات الغازية الأقل فتزداد كمية المواد الناتجة وتنقص كمية المواد المتفاعلة حتى بلوغ حالة توازن جديدة.

نشاط (9):

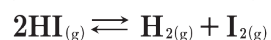
يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:  $H_2O_2(g) \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} H_2O(g) + \frac{1}{2} O_2(g)$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

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

نشاط (10):

في التفاعل المتوازن الآتي:



بيّن أثر زيادة الضَّغط الكلي على حالة التوازن، فسّر إجابتك.

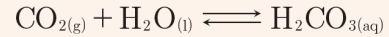
## نتيجة:

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

## إثراء:



تحضّر المياه الغازية عن طريق تعريض سطح الماء لغاز ثنائي 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:

نميّز نوعين من التفاعلات:

1. التفاعلات الناشئة للحرارة  $\Delta H_{\text{rxn}} < 0$

2. التفاعلات الماصة للحرارة  $\Delta H_{\text{rxn}} > 0$

نشاط (11):



((وردي))

تبريد

((أزرق))

تسخين

خفض الحرارة يرجع التفاعل باتجاه تشكل المزيد من  $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}(\text{aq})$  فيظهر المحلول باللون الوردي

لون المحلول بنفسجي بسبب احتواء  $\text{CoCl}_4^{2-}(\text{aq})$  و  $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}(\text{aq})$

زيادة الحرارة يرجع التفاعل باتجاه تشكل المزيد من  $\text{CoCl}_4^{2-}(\text{aq})$  فيظهر المحلول 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 يختلّ التوازن فيرجح التفاعل المباشر (الماصّ للحرارة) فتزداد كمية المواد الناتجة وتنقص كمية المواد المتفاعلة.
- عند خفض درجة الحرارة يختلّ التوازن فيرجح التفاعل العكسي (الناشر للحرارة) فتزداد كمية المواد المتفاعلة وتنقص كمية المواد الناتجة.

### نتيجة:



- زيادة درجة الحرارة يختلّ التوازن فيرجح التفاعل الماصّ للحرارة.
- خفض درجة الحرارة يختلّ التوازن فيرجح التفاعل الناشر للحرارة.
- عندما يرجح التفاعل المباشر بتأثير تغيير درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التوازن بسبب زيادة كمية المواد الناتجة ونقصان كمية المواد المتفاعلة.
- -عندما يرجح التفاعل العكسي بتأثير تغيير درجة الحرارة تنقص قيمة ثابت التوازن بسبب نقصان كمية المواد الناتجة وزيادة كمية المواد المتفاعلة.

### تطبيق (4):

يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:



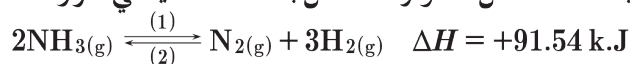
المطلوب أكمل الجدول الآتي:

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



## نشاط (12):

يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:



المطلوب أكمل الجدول الآتي:

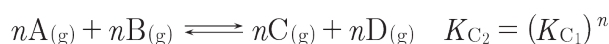
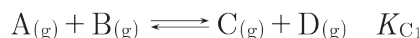
قيمة ثابت التوازن	كميات المواد الناتجة	كميات المواد المتفاعلة	حالة التوازن	التأثير على التغير
				رفع درجة الحرارة
				خفض درجة الحرارة

## ع. تأثير الحفاز في التوازن:

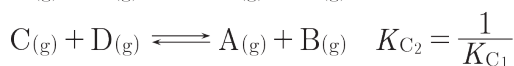
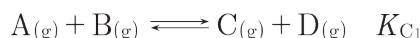
عند إضافة حفاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التفاعل المباشر وبالمقدار نفسه سوف تزداد سرعة التفاعل العكسي أي أنه يسرع الوصول إلى حالة التوازن ولا يؤثر على قيمة ثابت التوازن.

## حساب قيمة ثابت التوازن من خلال المعادلات:

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

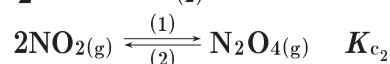


إذا عكس التفاعل فإن قيمة ثابت التوازن الجديد يساوي مقلوب قيمة ثابت التوازن الأول.



## تطبيق (5):

إذا علمت أن قيمة  $K_C = 0.36$  للتفاعل:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} 2\text{NO}_2(\text{g})$  المطلوب: أحسب  $K_C$  لكل من التفاعلين الآتيين:  $\frac{1}{2}\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} \text{NO}_2(\text{g}) \quad K_{C1}$

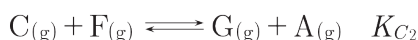
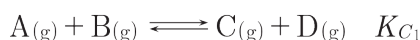


الحل:

$$K_{C1} = (K_C)^{\frac{1}{2}} = (0.36)^{\frac{1}{2}} = 0.6$$

$$K_{C2} = \frac{1}{K_C} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

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



## تطبيق (6):

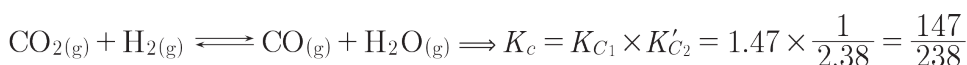
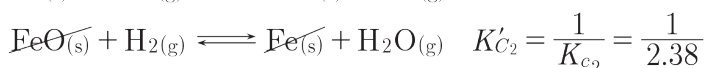
أحسب ثابت التوازن بدلالة التراكيز  $K_c$  للتفاعل:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

اعتماداً على التفاعلات:  $\text{Fe}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeO}(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \quad K_{C1} = 1.47$

$\text{Fe}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeO}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \quad K_{C2} = 2.38$

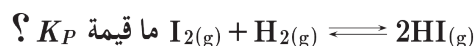
**الحل:**

تبقى المعادلة الأولى كما هي وتُعكس الثانية:



## تطبيق (7):

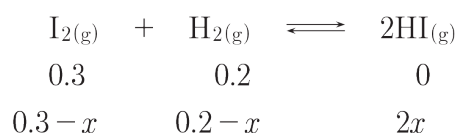
مُزج 2 mol من الهيدروجين  $\text{H}_2$  مع 3 mol من اليود  $\text{I}_2$  في وعاء مغلق سعته 10 L، وكانت كمية يود الهيدروجين HI عند التوازن 3.6 mol، أحسب قيمة ثابت التوازن  $K_c$  للتفاعل المتوازن الآتي:



**الحل:**

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

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



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

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

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

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

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

## تطبيق (8):

وضع 4 mol من  $\text{PCl}_5$  في وعاء سعته 2 L وسخّن الوعاء إلى درجة 500 K يتفكك منه 10% عند بلوغ التوازن

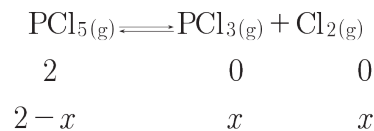
وفق المعادلة:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  المطلوب حساب:

1. قيمة  $K_c$

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

الحل:

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



كل 100 يتفكك منها 10

كل 2 يتفكك منها  $x$

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

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

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

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

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

- يحدث التوازن الكيميائي عندما تثبت تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد الناتجة وتتساوى سرعة التفاعل المباشر مع سرعة التفاعل العكسي.
- العلاقة بين قيمة ثابتي التوازن بدلالة التراكيز والضغوط الجزئية:  $K_P = K_c(RT)^{\Delta n}$
- ثابت التوازن الكيميائي عند درجة حرارة معيّنة يساوي نسبة جداء تراكيز المواد الناتجة إلى جداء تراكيز المواد المتفاعلة عند التوازن وكل منها مرفوعاً إلى الأس الذي يساوي عدد الأمثال التفاعلية المشاركة بها في المعادلة الموزونة.
- تُبين قيمة ثابت التوازن لتفاعل ما مدى تحوُّل المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التوازن.
- قاعدة لوشاتولييه: 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
- العوامل المؤثرة في حالة التوازن:

#### 1. تأثير تغيير التراكيز:

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

#### 2. تأثير تغيير الضغط:

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

#### 3. تأثير تغيير درجة الحرارة:

- زيادة درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل الماص للحرارة.
- خفض درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل الناشر للحرارة.
- عندما يرجح التفاعل المباشر بتأثير تغيير درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التوازن بسبب زيادة كمية المواد الناتجة ونقصان كمية المواد المتفاعلة.
- عندما يرجح التفاعل العكسي بتأثير تغيير درجة الحرارة تنقص قيمة ثابت التوازن بسبب نقصان كمية المواد الناتجة وزيادة كمية المواد المتفاعلة.

#### 4. تأثير الحفاز في التوازن:

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



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

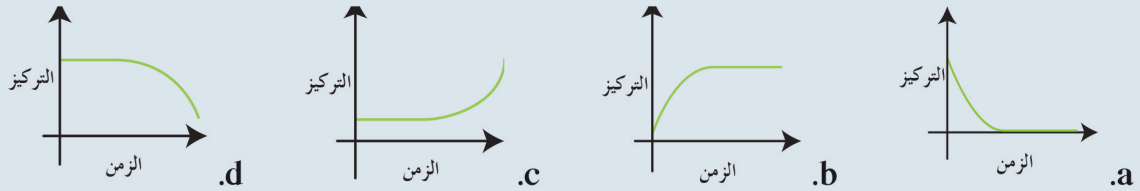
1. تغيير قيمة ثابت التوازن  $K_c$  في التفاعلات المتوازنة:

- a. بتغيير الضغط  
b. بإضافة حفّاز  
c. بخفض درجة الحرارة  
d. بزيادة تركيز المواد الناتجة

2. عند بلوغ حالة التوازن في التفاعلات المتوازنة:

- a. ينخفض تركيز المواد الناتجة  
b. تنخفض سرعة التفاعل المباشر  
c. تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة  
d. تزداد سرعة التفاعل المباشر

3. أحد الخطوط البيانية يمثل تغيير تركيز مادة ناتجة في تفاعل متوازن.



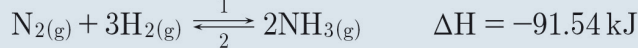
4. بفرض أن  $K_c$  ثابت التوازن للتفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:  $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$  فتكون قيمة ثابت التوازن بدلالة التراكيز  $K'_c$  للتفاعل الآتي  $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$  مساويةً:

- a.  $2K_c$   
b.  $\frac{1}{2K_c}$   
c.  $\frac{1}{K_c^2}$   
d.  $K_c^2$

5. أي من التفاعلات المتوازنة الآتية سوف يرجح التفاعل العكسي عند نقصان حجم الوعاء الذي يحدث فيه التفاعل:

- a.  $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$   
b.  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   
c.  $4Fe(s) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2Fe_2O_3(s)$   
d.  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

6. أي من المتغيرات الآتية سوف يؤدي إلى زيادة كمية النشادر في التفاعل المتوازن الآتي:



- a. زيادة درجة الحرارة  
b. خفض كمية  $N_2$   
c. زيادة الضغط الكلي  
d. إضافة حفّاز.

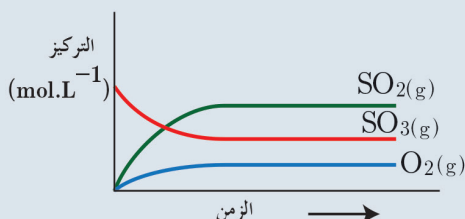
ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. لا تستهلك المواد المتفاعلة كلياً في التفاعلات المتوازنة.  
2. إضافة حفّاز تسرع الوصول إلى حالة التوازن.  
3. في التفاعل الآتي:  $C(s) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g)$  يرجح التفاعل المباشر بزيادة الضغط.  
4. في التفاعل الماص للحرارة تقل قيمة ثابت التوازن عند خفض درجة الحرارة.

ثالثاً: لديك التفاعل الآتي  $\Delta H < 0$   $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$  المطلوب:

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

رابعاً: لديك الشكل المجاور الذي يمثل تفاعل متوازن:



المطلوب:

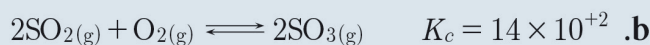
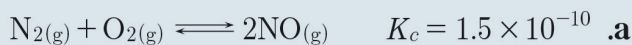
1. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل.
2. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز.

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

$3\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$	
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 ماص للحرارة؟ فسر إجابتك.

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



سابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

وعاء حجمه 2L يحتوي على 0.08 mol من  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  و 0.4 mol من  $\text{H}_2(\text{g})$  و 0.2 mol من  $\text{CO}(\text{g})$  يحدث التفاعل وفق المعادلة  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  فإذا علمت أن قيمة  $K_c = 7.3$  بين بالحساب إذا كان هذا التفاعل بحالة توازن أم لا وإذا لم يكن بحالة توازن حدّد التفاعل الرّاجح (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.

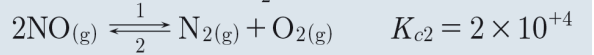
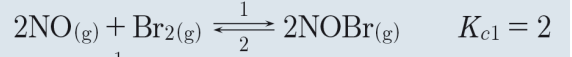
### المسألة الثالثة:

يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة:  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$  في وعاء حجمه 10 L، عند بلوغ التوازن كان عدد مولات اليودوجين 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 الدرجة 298K:



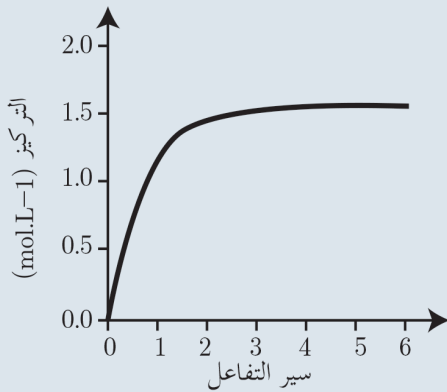
المطلوب: احسب قيمة  $K_c$  ثم  $K_p$  للتفاعل الآتي:  $N_2(g) + O_2(g) + Br_2(g) \xrightleftharpoons{1} 2NOBr(g)$

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

### المسألة الخامسة:

يتفاعل 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 يبين المخطط الآتي تغيّر 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 بيانياً يوضّح تغيّر تركيز الهيدروجين بدلالة الزمن.



## تفكير ناقذ



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

## أبحث أكثر



عند تغيّر في تركيز أحد المواد أو تغيّر الضّغط لا تتغيّر قيمة ثابت التوازن بينما عند تغيّر درجة الحرارة تتغيّر قيمة ثابت التوازن، ابحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو بالشّابكة.

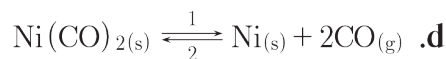
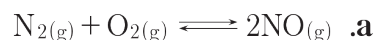


## أسئلة الوحدة الثالثة

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. في التفاعل الأولي الآتي:  $A(g) + 2B(g) \rightarrow$  نواتج عندما يزداد حجم الوعاء مرتين فإن سرعة التفاعل:
- a. تنخفض أربع مرّات.  
b. تنخفض ثماني مرّات.  
c. تزداد مرتين.  
d. تزداد أربع مرّات.

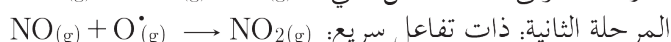
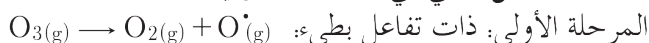
2. أيّ من التفاعلات الآتية تكون فيه النسبة  $\frac{K_p}{K_c}$  أكبر في الشروط ذاتها:



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

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

4. يحدث التفاعل الآتي في الغلاف الجوّي  $NO(g) + O_3(g) \rightarrow NO_2(g) + O_2(g)$  على مرحلتين:



فكّتب عبارة السّعة على الشكل:

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

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

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

a. يتوقّف التفاعل المباشر فقط.

b. يتوقف التفاعل العكسي فقط.

c. تتساوى قيمة ثابت سرعة التفاعل المباشر وقيمة ثابت سرعة التفاعل العكسي.

d. تتساوى سرعتنا التفاعلين المباشر والعكسي.

6. إذا علمت أن قيمة  $K_c = 10$  للتفاعل المتوازن الآتي:  $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ ، فتكون قيمة  $K_c$  للتفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:  $4C(g) \rightleftharpoons 4A(g) + 2B(g)$  مساوية:
- a. 0.1      b. 20      c. 0.01      d. 100

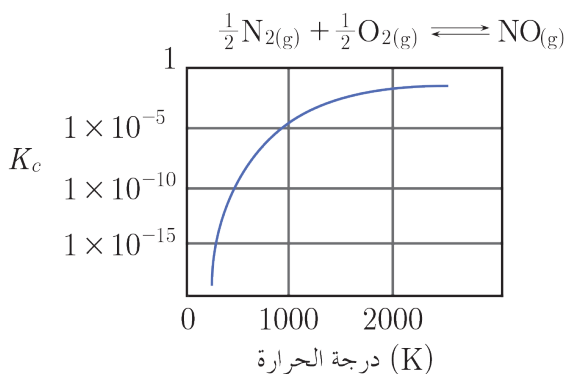
ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

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 البنتان في الشروط المتماثلة.
4. بعض التصادمات ينتج عنها تفاعل كيميائي وليس جميعها.

ثالثاً أجب عن الأسئلة الآتية:

1. لديك التفاعل المتوازن الآتي  $\Delta H > 0$   $\frac{1}{2}H_2O_2(g) \rightleftharpoons H_2O(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ ، المطلوب:

- a. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية
- b. اقترح طريقة لزيادة قيمة ثابت التوازن مع التفسير.



3. اقترح الطرائق التي تزيد من سرعة التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:  $2Al(s) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2AlCl_3(s)$

رابعاً: حلّ 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:

- يتفكك يود الهيدروجين وفق المعادلة:  $2\text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$
- فإذا كان التّركيز 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 التّوازن.
  2. النسبة المئوية المتفكّكة من HI عند التّوازن.

### المسألة الثالثة:

- لديك التفاعل المتوازن الآتي:  $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$  فإذا علمت أن تراكيز التوازن بوحدة  $\text{mol.L}^{-1}$  هي:  $[\text{O}_2]_{\text{eq}} = 0.12$ ,  $[\text{NO}]_{\text{eq}} = 0.24$ ,  $[\text{NO}_2]_{\text{eq}} = 0.06$  والمطلوب حساب:
1. قيمة  $K_c$ .
  2. التّركيز الابتدائيّ لغاز  $[\text{NO}_2]_0$ .
  3. النسبة المئوية المتفكّكة من غاز  $\text{NO}_2$  عند بلوغ التّوازن.

### المسألة الرابعة:

- يُضاف 200 mL تحوي على 1.2 mol من المادة A إلى 200 mL تحوي على 0.8 mol من المادة B فيتمّ التفاعل الأولي الآتي  $2\text{A}_{(aq)} + \text{B}_{(aq)} \rightarrow 2\text{C}_{(aq)} + \text{D}_{(aq)}$  إذا علمت أن ثابت سرعة التفاعل  $2 \times 10^{-2}$  المطلوب حساب:
1. السرعة الابتدائية للتفاعل.
  2. سرعة التفاعل بعد زمن يتشكّل فيها 0.4 mol من المادة D
  3. تركيز كلّ من المادتين C, B عند توقّف التفاعل.

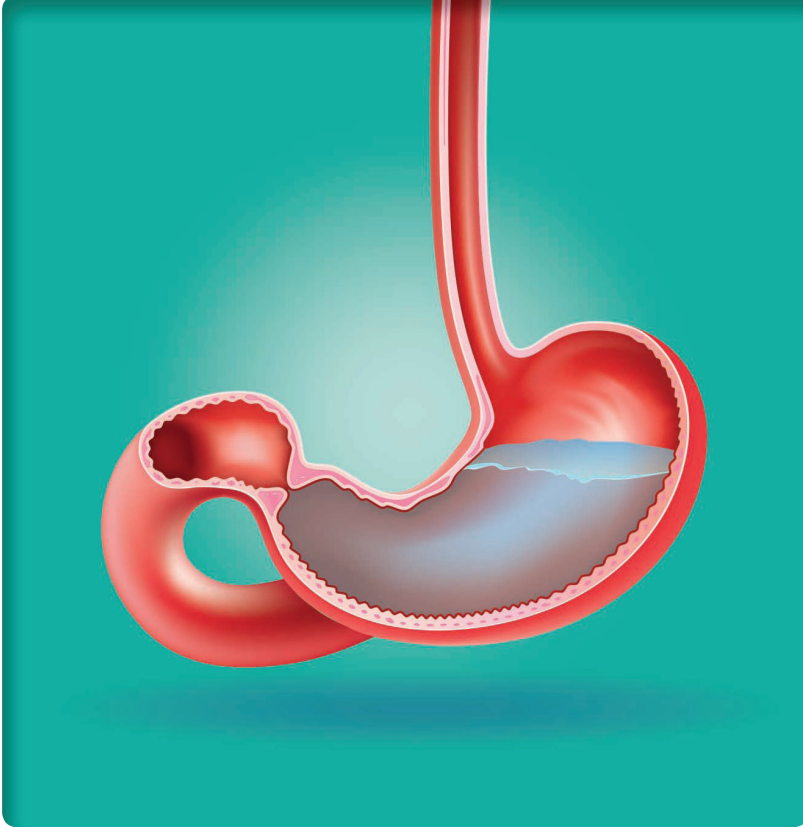
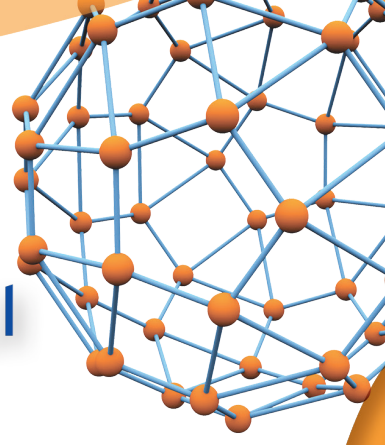
# الوحدة الرابعة الكيمياء التحليلية



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 وتراكيزها.

# 4-1

## الحموض والأسس



تحتوي معدة الإنسان على حمض كلور الماء حيث تكون قيمة الأس 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:

- \* يتعرف نظريات في الحموض والأسس.
- \* يتعرف المركبات المذبذبة.
- \* يحدد الأزواج المترافقة (أساس / حمض).
- \* يقارن بين الحموض القوية والحموض الضعيفة.
- \* يقارن بين الأسس القوية والأسس الضعيفة.
- \* يستنتج ثابت تأين الحمض الضعيف.
- \* يستنتج ثابت تأين الأساس الضعيف.
- \* يحسب قيمة (pH) لمحاليل الحموض والأسس.

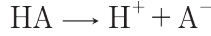
### الكلمات المفتاحية:

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

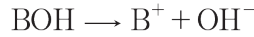
## نظريات في الحموض والأسس :

### ١. 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.



### ٢. نظرية برونشتد - 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 (١)

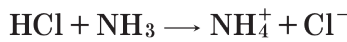
لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:  $HA + H_2O \rightarrow H_3O^+ + A^-$ . المطلوب:  
وضّح أيّ المركبين يسلك سلوك حمض، وأيّهما يسلك سلوك أساس حسب نظرية برونشتد - لوري؟

#### الحل:

$HA$  يمنح بروتون، ويسلك سلوك حمض.  
 $H_2O$  يستقبل بروتون، ويسلك سلوك أساس.

#### نشاط (1):

لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية:

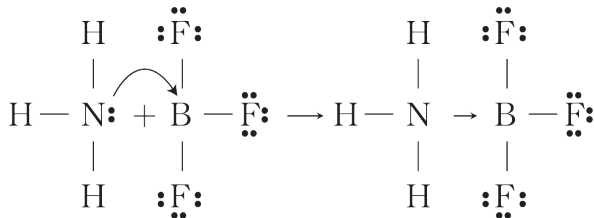


حدّد الحمض والأساس وفق نظرية برونشتد - لوري.

### ٣. نظرية لويس:

الحمض: كل مادة كيميائية قادرة على استقبال زوج إلكترونات أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.  
الأساس: كل مادة كيميائية قادرة على منح زوج إلكترونات أو أكثر لمادة أخرى تتفاعل معها.

#### تطبيق (2)



لديك التفاعل الممثل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

المطلوب:

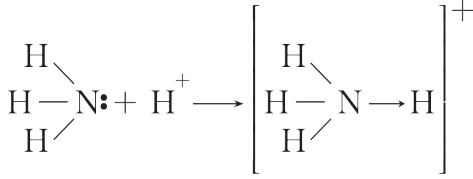
١. وضّح ما نوع الرابطة بين ذرتي البور والتروجين.

٢. حدّد الحمض والأساس حسب نظرية لويس.

الحل:

1. تمنح ذرّة النّروجين زوجاً إلكترونياً غير رابطٍ إلى ذرّة البور، فتتشكّل رابطةً تسانديّةً بين ذرتي البور والنّروجين.
2.  $\text{NH}_3$  يقوم بدورٍ أساسٍ، و  $\text{BF}_3$  يقوم بدورٍ حمضٍ.

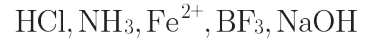
نشاط (2):



حدّد الحمض والأساس في التفاعل الآتي وفق نظرية لويس:

نشاط (3):

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



الحل:

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

أستنتج:

- نظرية أرينيوس غير كافية لتحديد الصّفة الحمضية والصّفة الأساسية لجميع المركبات الكيميائية.
- نظرية برونشيد - لوري أكثر شموليّة من نظرية أرينيوس.
- نظرية لويس فسّرت السلوك الحمضي والأساسي لبعض المركبات التي يتم فيها انتقال الأزواج الإلكترونيّة.

## الأزواج المترافقة: أساس / حمض وفق نظرية برونشيد - لوري

نشاط (4):

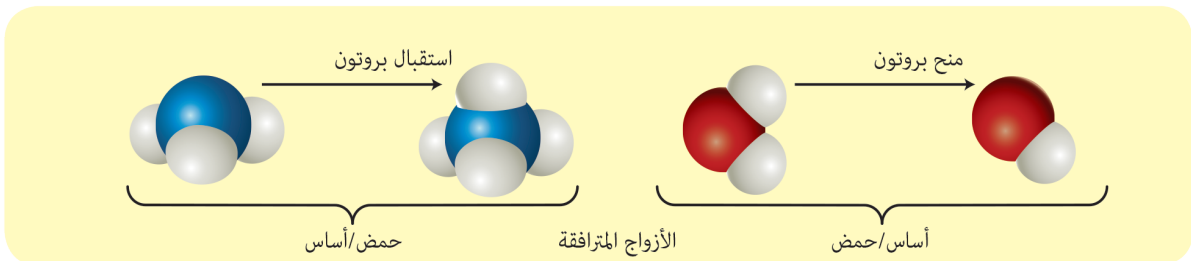
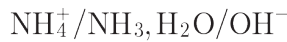
أكتب معادلة تأين غاز النّشادر في الماء، وأحدّد الأزواج المترافقة أساس / حمض وفق نظرية برونشيد -



لوري. ماذا أستنتج؟  $\text{NH}_3$  بروتون يتحوّل إلى أساس مرافق  $\text{OH}^-$ .

عندما يستقبل  $\text{NH}_3$  بروتون يتحوّل إلى حمض مرافق  $\text{NH}_4^+$ .

الأزواج المترافقة (أساس / حمض):



أستنتج:

- يرافق كل حمض أساس يُدعى أساسه المرافق.
- يرافق كل أساس، حمض يُدعى حمضه المرافق.

نشاط (5):

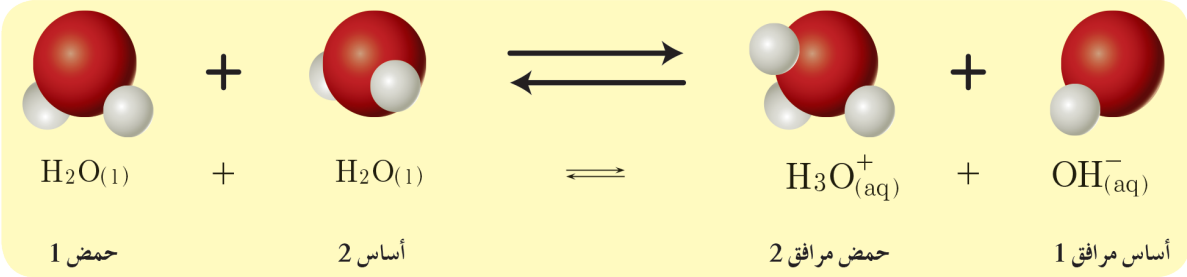
اكتب معادلة تأين حمض الأزوت، ثم حدّد الأزواج المترافقة (أساس / حمض) وفق نظرية برونشتد - لوري.

## التأين الذاتي للماء وثابت تأينه:

نشاط (6):

يعدّ الماء ناقلاً رديناً للتيار الكهربائي لاحتوائه على أيونات قليلة. المطلوب:

1. اكتب معادلة التأين الذاتي للماء وحدّد الأزواج المترافقة أساس / حمض وفق نظرية برونشتد - لوري.
2. اكتب عبارة ثابت التوازن (ثابت تأين الماء).



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

## إضاءة

• المركّب 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:

$$K_W = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$$

## قوة الحمض وقوة الأساس:

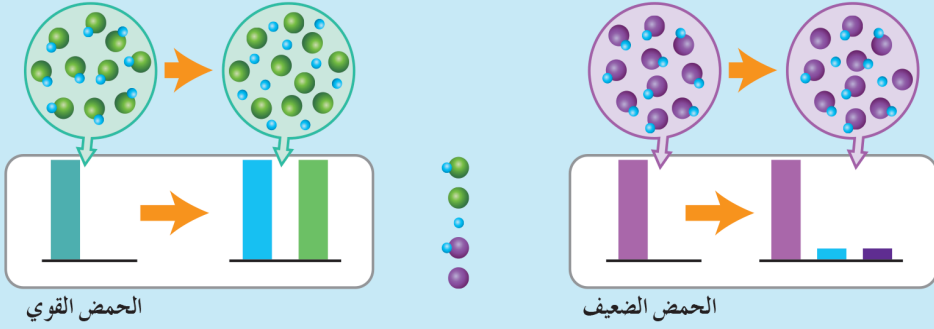
• تقاس قوة الحمض بسهولة منحه لبروتون أو أكثر، حيث يتأين الحمض القوي كلياً وفق المعادلة:



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

• يعبّر عن قوة الحمض بدرجة تأينه  $\alpha$  وفق العلاقة:  $\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_a}$ ،  $C_a$  التّركيز الابتدائي للحمض أحادي الوظيفة.



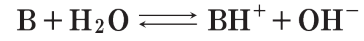


الحمض	الأساس
HCl	Cl <sup>-</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
HNO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)	H <sub>2</sub> O
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> PO <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> <sup>-</sup>

↑ ازدياد قوة الحمض  
↓ ازدياد قوة الأساس

• تقاس قوة الأساس بسهولة استقباليه لبروتون أو أكثر.

يتأين الأساس القوي كلياً، ويتأين الأساس الضعيف جزئياً وفق المعادلة:



• يعبر عن قوة الأساس بدرجة تأينه  $\alpha$  وفق العلاقة:

أحادي الوظيفة الأساسية،  $\alpha = \frac{[OH^-]}{C_b}$ ،  $C_b$  التركيز الابتدائي للأساس

• عند مقارنة قوة حمضين ضعيفين فإن الأساس المرافق للحمض الأقوى هو الأساس الأضعف، والأساس المرافق للحمض الأضعف هو الأساس الأقوى.

## إضاءة

تكتب أحياناً درجة التآين كنسبة مئوية:  $\alpha \times 100\%$

## الأس الهيدروجيني pH :

نشاط (7):

لديك محلولان لحمض قوي وحيد الوظيفة الحمضية، تركيز المحلول الأول  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ ، وتركيز المحلول الثاني  $2 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . احسب قيمة pH كل من المحلولين السابقين.  $\log 2 = 0.3$

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:

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

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

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

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

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



إضاءة

خواص اللوغاريتم العشري  $\log(x.y) = \log x + \log y$

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

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

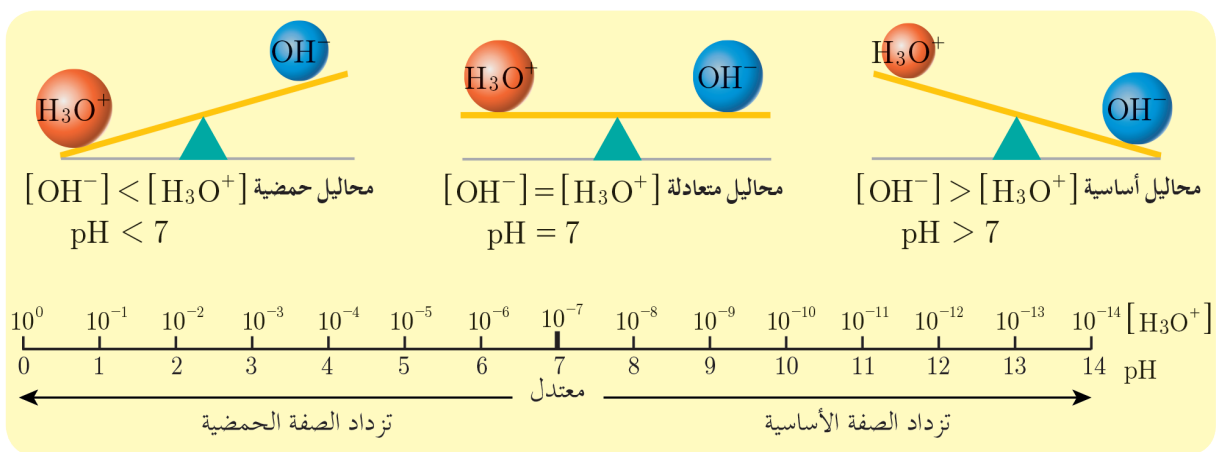
$$\log 10 = 1$$

أستنتج:

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

• الأَس الهيدروكسيدي:  $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$

•  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$



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 المحلول.

### إثراء:



إنّ قيمة pH التربة لها دور مهم في مدى استفادة النباتات من العناصر الموجودة في التربة، في الأوساط الحمضية يتحوّل 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 التربة قبل إضافة السماد إليها.

### ثابت تأيئه الحموض الضعيفة أحادية الوظيفة:

نشاط (9):

لديك محلول مائي لحمض ضعيف HA. المطلوب:

1. أكتب معادلة تأيئه.
2. أكتب عبارة ثابت تأين الحمض الضعيف  $K_a$  بدلالة التراكيز.
3. أثبت أنّ:  $[H_3O^+] = \sqrt{C_a K_a}$ .

الحل:

1. معادلة التأيّن:  $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$

$$2. K_a = \frac{[H_3O^+].[A^-]}{[HA]}$$

3. من معادلة تأين الحمض نجد:  $[H_3O^+] = [A^-]$  وبإهمال القيمة الضعيفة المتأينة من الحمض يمكن أن نعتبر:  $[HA] = C_a$  تعوّض في علاقة:  $K_a$

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C_a} \Rightarrow [H_3O^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a}$$

### إثراء:



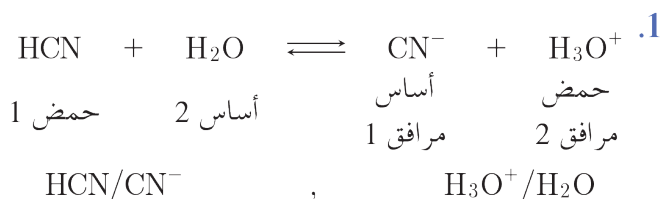
ينتج عن احتراق التبغ والخشب والبلاستيك التي تحوي النّتروجين غازات ضارّة منها غاز HCN السام. وتطلقه بعض الحشرات للدّفاع عن نفسها. كما تحوي بذور بعض الفواكه على مركبات السيانيد، والتي تتحوّل إلى مركّبات غير ضارّة داخل الثمرة لذا يمكن تناولها بأمان.

## تطبيق (6):

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

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

الحل:



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

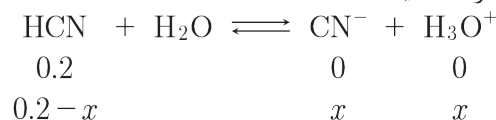
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \cdot C_a} = \sqrt{5 \times 10^{-10} \times 0.2} = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

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

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

طريقة ثانية:



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

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

تُهمل  $x$  في المقام لصغرهما 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 المحلول:

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

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

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

الحمض الضعيف	الصيغة الكيميائية	$K_a$
حمض الخل	CH <sub>3</sub> COOH	$1.8 \times 10^{-5}$
حمض البنزويك	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	$6.4 \times 10^{-5}$
حمض النمل	HCOOH	$1.8 \times 10^{-4}$
حمض سيانيد الهيدروجين	HCN	$6.2 \times 10^{-10}$
حمض فلوريد الهيدروجين	HF	$7.2 \times 10^{-4}$
حمض الآزوتي	HNO <sub>2</sub>	$4.0 \times 10^{-4}$
حمض البروبانويك	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	$1.3 \times 10^{-5}$

## ثابت تأينه 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 التآين:  $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BH}^+ + \text{OH}^-$

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:  $[\text{B}] = C_b$

تعوّض في علاقة:  $K_b$

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

جدول يبيّن قيم ثابت تأيّن بعض الأَسس الضعيفة: عند الدرجة 25 °C

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

## إضاءة



تزداد قوّة الحَمض الضّعيف أو الأَسس الضّعيف بزيادة قيمة ثابت تأيّنه.

## تطبيق (7):

a. محلولٌ لحَمض الخَلّ تركيزه  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$ ، وثابت تأيّن حمض الخَلّ  $1.8 \times 10^{-5}$  أكتب معادلة تأيّنه، وأحسب قيمة  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$

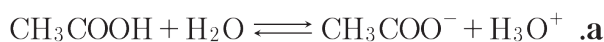
b. إذا احتوى المحلول الابتدائي حمض كلور الماء بتركيز  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  بالإضافة إلى المحلول السّابق.

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

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

3. أفسّر ذلك، ماذا أستنتج؟

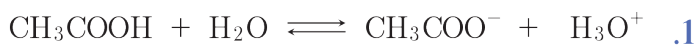
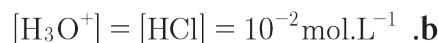
الحل:



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

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

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



التركيز الابتدائية	0.02	0	0.01
تركيز التوازن	$0.02 - x$	$x$	$0.01 + x$

$$K_a = \frac{x(0.01 + x)}{0.02 - x}$$

تُهمل  $x$  المُضافة 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:  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  في الحالة a أكبر من  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  في الحالة b
3. يضاف  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  المشترك الناتج من تأين الحمض القوي (HCl) إلى تركيزه في محلول حمض الخلل الضعيف، فيرجح التفاعل العكسي، وينقص  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  وفق قاعدة لوشاتولييه.

### نتيجة:

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

### تعلمت

المركب	نظرية أرينيوس	نظرية برونشترد - لوري	نظرية لويس
الحمض	كلّ مادة كيميائية تحرر أيون الهيدروجين $\text{H}^+$ عند انحلالها في الماء.	كلّ مادة كيميائية قادرة على منح بروتون أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.	كلّ مادة كيميائية قادرة على استقبال زوج إلكتروني أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.
الأساس	كلّ مادة كيميائية تحرر أيون الهيدروكسيد $\text{OH}^-$ عند انحلالها في الماء.	كلّ مادة كيميائية قادرة على استقبال بروتون أو أكثر من مادة أخرى تتفاعل معها.	كلّ مادة كيميائية قادرة على منح زوج إلكتروني أو أكثر إلى مادة أخرى تتفاعل معها.

- المركب المُذبذب: يسلك سلوك حمض أحياناً وسلوك أساس أحياناً أخرى، وفقاً للمادة التي يتفاعل معها.
- تتأين الحموض القويّة والأسس القويّة كلياً في الماء.
- تتأين الحموض الضعيفة والأسس الضعيفة جزئياً في الماء.
- درجة تأين الحمض:  $\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_a}$
- درجة تأين الأساس:  $\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{C_b}$

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

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

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

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

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

3. المركّب المذبذب من المركّبات الآتية هو:

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

4. المحلول المائي الذي له أصغر قيمة pH من المحاليل الآتية المتساوية التراكيز هو محلول:

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

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

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

ثانياً: بيّن الجدول الآتي قيم ثوابت التأيّن لبعض محاليل الحموض الضعيفة المتساوية التراكيز عند الدرجة  $25^\circ \text{C}$ .

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

اعتماداً على الجدول السّابق أجب عن الأسئلة الآتية:

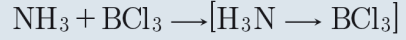
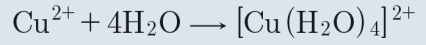
- حدّد الحمض الأقوى، وما هو أساسه المرافق؟
- حدّد الحمض الأكبر قيمة pH، والحمض الأصغر قيمة pH.
- في أيّ محلول يكون  $[\text{OH}^-]$  أكبر؟
- حدّد الأساس المرافق الأقوى للمحاليل السّابقة.

ثالثاً: أجب عن الأسئلة الآتية:

- رتّب المحاليل الآتية المتساوية التراكيز تصاعدياً حسب تزايد قيمة الـ pH.  
HNO<sub>3</sub> ، NH<sub>4</sub>OH ، KOH ، HCN
- إذا علمت أن أيون السيانيد CN<sup>-</sup> أساس أقوى من أيون الخلات CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>، ما هو الحمض المرافق لكلّ منهما وأيّ الحمضين أقوى؟ فسّر ذلك.
- يتأين هيدروكسيد المغنيزيوم وفق المعادلة الآتية:  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$  المطلوب: اشرح كيف تؤثر إضافة كميّة من محلول حمض قويّ على تأين المحلول.



4. حدّد كلاً من حمض لويس، وأساس لويس في كلّ من المعادلتين الآتيتين:



رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

**المسألة الأولى:**

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

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

2. قيمة pOH، pH للمحلول.

3. حجم الماء المقطّر اللازم إضافته إلى 50 mL من المحلول السابق ليصبح قيمة pH = 11

Na:23, O:16, H:1

**المسألة الثانية:**

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

1. اكتب معادلة تأيّن الحمض السابق.

2. احسب قيمة كلّ من التّركيز الابتدائيّ للحمض السابق، وثابت تأيّنه.

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

**المسألة الثالثة:**

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

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض حسب برونشترد - لوري.

2. احسب قيمة pOH المحلول، ثمّ احسب تركيز حمض النّمل الابتدائيّ.

3. احسب حجم الماء المقطّر اللازم إضافته إلى 10 mL منه لتصبح قيمة pH = 3.

**المسألة الرابعة:**

محلول مائي لحمض الكبريت يفرض أنه تامّ التأيّن له قيمة pH = 1، والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن هذا الحمض.

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

3. احسب كتلة حمض الكبريت في 50 mL من محلول الحمض السابق.

4. يُضاف بالتدريج 10 mL من محلول الحمض السابق إلى 90 mL من الماء المقطّر، احسب قيمة pH للمحلول

الجديد. H:1, O:16, S:32

**المسألة الخامسة:**

محلول مائيّ للنشادر له pOH = 3، ودرجة تأيّن النشادر 2% والمطلوب:

1. اكتب معادلة تأيّن النشادر ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض حسب برونشترد - لوري.

2. احسب  $[\text{OH}^-]$  للمحلول.

3. احسب التّركيز الابتدائيّ للمحلول.

4. احسب ثابت تأين التشار.

5. يُمدد المحلول السابق 10 مرّات، احسب pOH المحلول الناتج عن التمديد.

### تفكير ناقد



نضيف 200 mL من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  إلى 200 mL من محلول حمض الكبريت تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ ، احسب قيمة pH المحلول الناتج.

### أبحث أكثر



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

## 4-2

# المحاليل المائية للأملاح



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

### الأهداف:



- \* يصنّف الأملاح بحسب قابليّتها للذّوبان.
- \* يصنّف المحاليل المائية للأملاح تبعاً لكميّة الملح المُذابة.
- \* يتعرّف الذّوبانيّة الموليّة لملح.
- \* يتعرّف الذّوبانيّة الكتليّة لملح.
- \* يستنتج علاقة جداء الذّوبان لملح قليل الذّوبان.
- \* يتعرّف بعض تطبيقات جداء الذّوبان.
- \* يتعرّف تأثير الأيون المشترك على جداء الذّوبان.
- \* يتعرّف حلمهة ملح.
- \* يميّز بين الأيون الحياديّ والأيون غير الحياديّ.
- \* يكتب معادلة الحلمهة لبعض الأملاح.

### الكلمات المفتاحية:



- \* حلمهة.
- \* إمَاهة.
- \* ذوبانية ملح.
- \* جداء الذّوبان.
- \* المحلول المنظّم للحموضة.

## قطبيّة الأملاح :

نشاط (1):

أكمل الجدول الآتي:

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

### نتيجة:

- الملح يتمتّع بخاصيّة قطبيّة، لأنّه مرّكب أيونيّ، يتألّف من جزأين:
- جزء أساسيّ موجب، أيون معدنيّ، أو أكثر، أو جذر أمونيوم، أو أكثر.
- جزء حمضيّ سالب، أيون لا معدنيّ، أو أكثر، أو جذر حمضيّ، أو أكثر.

## تصنيف الأملاح وفق ذوبانيّتها

### تجربة

الموادّ والأدوات اللازمة: بيشر عدد 3 - أداة تحريك - ملح الطعام  $\text{NaCl}$  - ماء مقطر.  
خطوات التجربة:

- أضع في كلّ بيشر 100 mL من الماء المقطر.
- أضيف للبيشر الأول 10 g من كلوريد الصوديوم مع التحريك، ماذا ألاحظ؟
- أضيف للبيشر الثاني 36 g من كلوريد الصوديوم مع التحريك، ماذا ألاحظ؟
- أضيف للبيشر الثالث 37 g من كلوريد الصوديوم مع التحريك، ماذا ألاحظ؟

### ألاحظ:

- ذوبان كامل كمّيّة ملح كلوريد الصوديوم في البيشر الأوّل، ويُعدّ محلوله غير مُشبع لأنّه يمكن أن تذوب كمّيّة إضافيّة من الملح.
- ذوبان أكبر كمية ممكنة من ملح كلوريد الصوديوم في البيشر الثاني ويُعدّ محلوله مُشبعاً، لأنّه لا يمكن أن تذوب فيه كمّيّة إضافيّة من الملح.
- ترسّب كمّيّة من ملح كلوريد الصوديوم في البيشر الثالث، ويُعدّ محلوله فوق مُشبع.

## نتيجة:

- ذوبانية الملح: هي تركيز الملح في محلوله المشبع عند درجة حرارة محدّدة، وهي ثابت فيزيائيّ خاصّ بكلّ ملح، ويُرمز لها بـ  $(s)$  ولها نوعان: ذوبانية كتليّة للملح تقدر بـ  $(g.L^{-1})$  وذوبانية موليّة للملح تقدر بـ  $(mol.L^{-1})$ .
- تصنّف محاليل الأملاح إلى (غير مشبعة - مشبعة - فوق مشبعة).

## إضاءة



- الأملاح الذّوابة: قيمة ذوبانيتها أكبر من  $0.1 mol.L^{-1}$  عند الدّرجة  $25^\circ C$  مثل أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والنترات والخلات.
- الأملاح قليلة الذّوبان: قيمة ذوبانيتها أقلّ من  $0.001 mol.L^{-1}$  عند الدّرجة  $25^\circ C$  مثل ملح كربونات الكالسيوم، كبريتات الباريوم، كبريتات الفضة، كلوريد الفضة، كلوريد الرصاص، فوسفات ثلاثي الكالسيوم.

## التوازن غير المتجانس للأملاح قليلة الذّوبان:

### نشاط (2)

عند وضع كمّيّة من ملح كلوريد الرصاص (ملح قليل الذّوبان) في الماء يحصل توازنٌ غير متجانس بين الطّور الصّلب والطّور المذاب (أيونات الكلوريد وأيونات الرصاص) المطلوب:

1. أكتب معادلة التّوازن غير المتجانس للملح.
2. أكتب عبارة الجداء الأيوني  $Q$ .
3. أكتب عبارة ثابت جداء الذّوبان  $K_{sp}$  إذا كان محلوله مُشبعاً.

الحل:

1.  $PbCl_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$
2.  $Q = [Pb^{2+}][Cl^{-}]^2$  (محلول غير مشبع)
3.  $K_{sp} = [Pb^{2+}][Cl^{-}]^2$  (محلول مشبع)

## نتيجة:

- الجداء الأيوني  $Q$ : يمثل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان، مرفوعة كل منها إلى أسّ يساوي أمثالها التفاعلية.
- ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$  يمثل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان، مرفوعة كل منها إلى أسّ يساوي أمثالها التفاعلية في المحلول المشبع.
- ونمیز ثلاث حالات:
  - $K_{sp} > Q$  المحلول غير مشبع.
  - $K_{sp} = Q$  المحلول مشبع.
  - $K_{sp} < Q$  المحلول فوق مشبع (يتشكّل راسب من الملح)

## تطبيق(6):

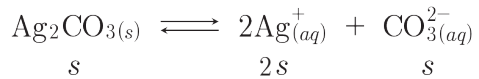
محلول مائي مشبع لمُح كربونات الفضة ذوبانيته المولية  $s$ . المطلوب:

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

الحل:



$$2. K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CO}_3^{2-}]$$



$$K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CO}_3) = (2s)^2 (s) = 4s^3$$

نشاط(4):

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



تطبيق(2):

تستخدم كبريتات الكالسيوم  $\text{CaSO}_4$  (الجبس) في العديد من الصناعات مثل: الدهانات، السيراميك، الورق، الإسمنت، وفي جباير تثبيت العظام المكسورة. المطلوب:

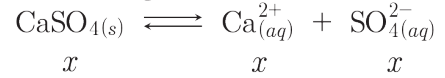
أحسب ثابت جداء الذوبان للمحلول المائي لكبريتات الكالسيوم، إذا علمت أنّ ذوبانيته الكتلية  $0.68 \text{ g.L}^{-1}$ .

## الحل:

حساب الذوبانية 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 المتجانس:



حيث  $s = x$  في المحلول المشبع

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

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

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

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

## إضاءة



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

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

## تطبيقات جداء الذوبان:

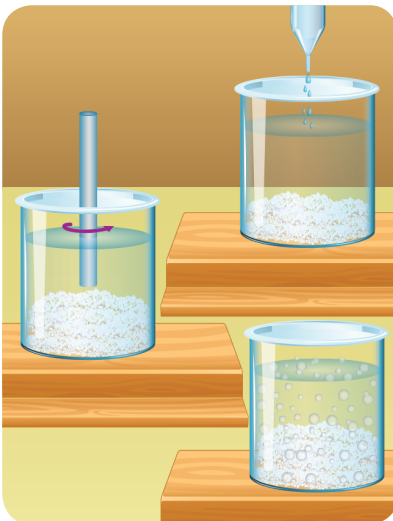
### ا. ترسيب ملح في محلوله المشبع:

#### تجربة

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

#### خطوات التجربة:

- أضع كمية من الماء المقطر في بيشر.
- أضيف كمية قليلة من ملح كبريتات الباريوم إلى الماء في البيشر السابق مع التحريك حتى تشكل راسباً.



- أرشح المحلول السابق، وأضيف إلى الرُّشاحة قطرات من حمض الكبريت، ماذا ألاحظ؟ أفسر ذلك.  
ألاحظ:

- تشكّل راسبٍ ملحّي عند إضافة حمض الكبريت إلى الرُّشاحة.  
أفسر:

- معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح:  $BaSO_4(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$  عند إضافة حمض الكبريت يزداد تركيز أيونات الكبريتات في المحلول، فيصبح  $Q > K_{sp}$  أي المحلول فوق مشبع، فترسب كمّيّة من ملح كبريتات الباريوم حتّى الوصول لحالة توازن جديدة (وهذا يتفق مع قاعدة لوشاتولييه).

### نتيجة:

عندما يُضاف إلى المحلول المشبع لمُح قليل الذوبان مادة تحتوي على أحد أيونات هذا الملح، فإنّ تركيز هذا الأيون سيزداد في المحلول، فيصبح  $Q > K_{sp}$  أي المحلول فوق مشبع، فترسب كمّيّة من الملح قليل الذوبان حتّى الوصول لحالة توازن جديدة (وهذا يتفق مع قاعدة لوشاتولييه).

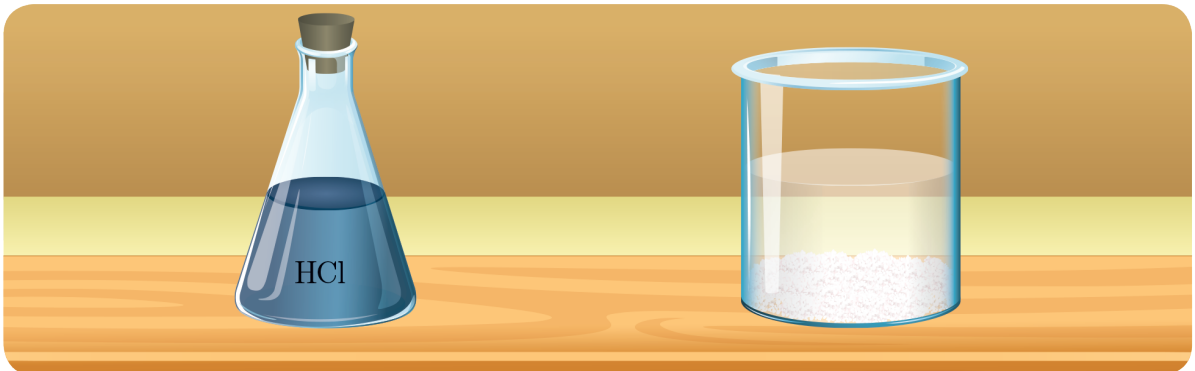
### ٢. إذابة ملح قليل الذوبان:

#### تجربة

المواد والأدوات اللازمة: ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم  $Ca_3(PO_4)_2$ .  
حمض كلور الماء، ماء مقطّر، بيشر عدد (2)  
ساق زجاجيّة.

#### خطوات التجربة:

- أضع كمّيّة من الماء المقطّر في بيشر.
- أضيف كمّيّة قليلة من ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم إلى الماء في البيشر السابق مع التّحرك حتّى تشكّل راسب.
- أضيف كمّيّة من محلول حمض كلور الماء إلى محلول الملح السابق مع التّحرك. ماذا ألاحظ؟ أفسر ذلك.





## ألاحظ:

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

## أفسر:

- معادلة التوازن غير المتجانس لملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(s) \rightleftharpoons 3\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{PO}_4^{3-}_{(aq)}$  عند إضافة حمض كلور الماء تتحد أيونات الهيدرونيوم الناتجة عن تأينه مع أيونات الفوسفات، وينتج حمض الفوسفور  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ضعيف التأيّن، فيتناقص تركيز أيونات الفوسفات، ويصبح  $Q < K_{sp}$  أي المحلول غير مشبع، فتذوب كمّيّة إضافية من ملح فوسفات ثلاثي الكالسيوم حتّى الوصول لحالة توازنٍ جديدةٍ (وهذا يتفق مع قاعدة لوشاتوليه)

## نتيجة:

عندما يُضاف إلى محلول ملح قليل الذوبان مادة تتفاعل مع أحد أيونات هذا الملح، وينتج مركّب ضعيف التأيّن، فإنّ تركيز هذا الأيون سيتناقص في المحلول، ويصبح  $Q < K_{sp}$  أي المحلول غير مشبع، فتذوب كمّيّة إضافية من هذا الملح حتّى الوصول لحالة توازنٍ جديدةٍ (وهذا يتفق مع قاعدة لوشاتوليه)

## نشاط (4):

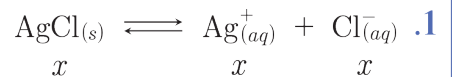
لديك محلول فوق مشبع لملح فوسفات الفضة. اقترح طريقة لإذابة كمّيّة إضافية من هذا الملح.

## تطبيق (3):

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

1. أكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.
2. أحسب تركيز أيونات الكلوريد في محلوله المشبع.
3. أحسب ذوبانيّة هذا الملح مقدّرة بـ  $\text{g.L}^{-1}$ .
4. يُضاف 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، ثمّ أيبّن بالحساب إن كان يترسّب ملح كلوريد الفضة أو لا.
5. اقترح طريقة ثانية لترسيب هذا الملح في محلوله المشبع.

## الحل:



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

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

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

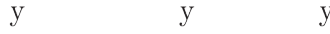
$$s = x = [\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+] = 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

3.

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

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

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

4. يتميّه الملح المُضاف وفق المعادلة:  $\text{AgNO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ 

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

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

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

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

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

يترسب قسم من ملح كلوريد الفضة.

5. إضافة مادة تأتيتها تاماً أو ذوّابة 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. المطلوبأبين حسابياً إن كان جزء من ملح كلوريد الرصاص  $\text{PbCl}_2$  يترسب أو لا؟

الحل:

أكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح:  $\text{PbCl}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq})$ 

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

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

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

أحسب قيمة الجداء الأيوني للملح:  $Q(\text{PbCl}_2) = [\text{Pb}^{2+}(\text{aq})]' [\text{Cl}^-(\text{aq})]'^2$ 

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

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

## حلمهة الملح:

### تجربة

المواد والأدوات اللازمة: عيّنات 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 كل بيشر كمّيّة مناسبة من الماء المقطّر.
- أضيف كمّيّة قليلة من:  $\text{NaCl}$  للبيشر الأوّل،  $\text{NH}_4\text{Cl}$  إلى البيشر الثّاني،  $\text{CH}_3\text{COONa}$  إلى البيشر الثّالث مع التّحرك.
- أحدّد طبيعة كلّ محلول ملحيّ باستخدام ورقة مشعر عام أو مقياس pH، وأكمل الجدول الآتي:

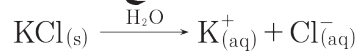
صيغة الملح	$\text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{CH}_3\text{COONa}$	$\text{NaCl}$
طبيعة الوسط	-----	-----	-----
المحلول مشتق من	حمض قوي وأساس ضعيف	-----	-----

### نتيجة:

- المحاليل المائيّة للأملاح الذّوّابة، حمضيّة أو أساسيّة أو معتدلة، ويعود هذا الاختلاف إلى قوّة الحموض والأسس التي اشتقت منها تلك الأملاح.
- حلمهة 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 تغيّر في قيمة pH المحلول.
- أيونات الملح الناتجة من حمض قويّ أو أساس قويّ حياديّة، لا تتفاعل مع الماء، أي لا تتحلّمه.

### تطبيق (5):

أكتب معادلة إماهة ملح كلوريد البوتاسيوم، ثمّ أحدّد طبيعة الوسط، مفسّراً الإجابة.



الوسط معتدل لأنّ أيونات الملح حياديّة، لا تتحلّمه.

### حلمهة ملح ناتج عن حمض قويّ وأساس ضعيف:

### نشاط (5):

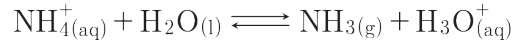
محلول مائيّ لمّح نترات الأمونيوم، المطلوب:

1. أكتب معادلة إماهة الملح.
2. أكتب معادلة حلمهة هذا الملح، ثمّ أحدّد طبيعة الوسط الناتج.

3. أكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح  $K_h$ .
4. أستنتج العلاقة بين ثابت حلمهة هذا الملح  $K_h$  وثابت تأين المحلول المائي للتشادر  $K_b$ .

الحل:

1. يتميه ملح نترات الأمونيوم وفق المعادلة الآتية:  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ .
2. أيون النترات حيادياً لا يتفاعل مع الماء، أما أيون الأمونيوم يتفاعل مع الماء (يتحلّمه) وفق المعادلة الآتية:



3. إن الحلمهة تحدث للأيون الضعيف من الملح (الجزء الأساسي  $\text{NH}_4^+$ )، وينتج أيون  $\text{H}_3\text{O}^+$ ، ممّا يدلّ على أنّ المحلول أصبح حمضياً وقيمة  $\text{pH} < 7$ . و ثابت التوازن لهذا التفاعل، يُسمّى بثابت الحلمهة، ويُعطى بالعلاقة:

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

4. التشادر يتأين بالماء وفق المعادلة:  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ .

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

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

نتيجة:

عند حلمهة الأملاح الناتجة عن حمض قويّ وأساس ضعيف:

- يتحلّمه الأيون الناتج عن الأساس الضعيف، وتكون قيمة  $\text{pH} < 7$ .

$$K_h K_b = K_w$$

تطبيق(6):

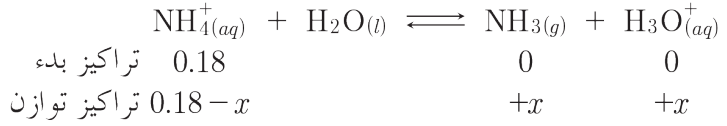
محلول مائيّ ملح كلوريد الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{Cl}$  تركيزه  $0.18 \text{ mol.L}^{-1}$ ، إذا علمت أنّ ثابت تأين محلول التشادر عند الدرجة  $25^\circ \text{C}$  يساوي  $1.8 \times 10^{-5}$ . أحسب:

1. قيمة ثابت حلمهة هذا الملح.
2. قيمة كلّ من  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  و  $[\text{OH}^-]$ .
3. قيمة  $\text{pH}$  المحلول، ثمّ أحدّد طبيعة المحلول الناتج.
4. النسبة المئوية المتحلّمه من هذا الملح.

الحل:

$$1. \text{ حساب قيمة ثابت الحلمهة: } K_h = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{10^{-9}}{1.8}$$

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



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

ثابت الحمضية يعطى بالعلاقة:

$$\frac{10^{-9}}{1.8} = \frac{x^2}{0.18 - x}$$

وبالتعويض:  $x^2 = \frac{0.18 \times 10^{-9}}{1.8} = 10^{-10}$  :  $K_h$  أمام  $x$  قيمة لصغر قيمة  $K_h$  تهمل  $x$  أمام  $0.18$  من المقام لصغر قيمة  $K_h$

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

$$x = [H_3O^+] = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

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

حساب  $[OH^-]$ :

3. حساب قيمة pH المحلول:  $pH = -\log[H_3O^+]$

$pH = -\log 10^{-5} = 5$  الوسط حمضي

4. حساب النسبة المئوية المتحلّمه من الملح:

كل  $0.18 \text{ mol.L}^{-1}$  من ملح كلوريد الأمونيوم يتحلّمه منه  $x = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

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

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

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

## حلمهة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس قوي:

نشاط (7):

محلول مائي لمّح سيانيد الصّوديوم، المطلوب:

1. أكتب معادلة إمّاهة الملح.
2. أكتب معادلة حلمهة هذا الملح، ثمّ أحدّد طبيعة الوسط.
3. أكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح  $K_h$ .
4. أستنتج العلاقة بين ثابت حلمهة هذا الملح  $K_h$  وثابت تأين حمض السيّانيد  $K_a$ .

الحل:

1. يتميّه ملح سيانيد الصّوديوم وفق المعادلة الآتية:  $NaCN(s) \xrightarrow{H_2O} Na^+(aq) + CN^-(aq)$
  2. أيون الصّوديوم حيادياً لا يتفاعل مع الماء، أمّا أيون السيّانيد يتفاعل مع الماء (يتحلّمه) وفق المعادلة الآتية:
- $$CN^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCN(aq) + OH^-(aq)$$

إنّ الحمّهة تحدث للأيون الضّعيف من الملح (الجزء الحمضيّ  $\text{CN}^-$ )، وينتج أيون  $\text{OH}^-$ ، ممّا يدلّ على أنّ المحلول أصبح أساسياً وقيمة  $\text{pH} > 7$ .

3. ثابت التوازن لهذا التفاعل، يُسمّى بثابت الحمّهة، ويُعطى بالعلاقة: 
$$K_h = \frac{[\text{HCN}][\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]}$$

4. يتأين حمض السيانيد الهيدروجين بالماء وفق المعادلة:  $\text{HCN}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightleftharpoons \text{CN}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$

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

فيكون: 
$$K_h K_a = \frac{[\text{HCN}][\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} \times \frac{[\text{CN}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCN}]} = K_w$$

### نتيجة:

عند حلّمهة الأملاح الناتجة عن حمضٍ ضعيفٍ وأساسٍ قويٍّ:

• يتحلّمه الأيون الناتج عن الحمض الضّعيف، وتكون قيمة  $\text{pH} > 7$ .

•  $K_h K_a = K_w$

### تطبيق (7):

محلول مائيّ لمّح خلات الصّوديوم تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ ، وقيمة ثابت تأين حمض الخلّ في شروط التجربة يساوي  $2 \times 10^{-5}$ . المطلوب:

1. أحسب قيمة  $\text{pOH}$  هذا المحلول.
2. أستنتج طبيعة المحلول الناتج.
3. يُضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول  $\text{NaOH}$  بحيث تركيزه  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$  في المحلول، أحسب النسبة المئوية المتحلّمهة من ملح خلات الصّوديوم في هذه الحالة.

### الحل:

1. يتميّه ملح خلات الصوديوم وفق المعادلة:  $\text{CH}_3\text{COONa}_{(\text{s})} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{Na}^+_{(\text{aq})}$

ويتحلّمه وفق المعادلة:  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

تراكيّز بدء	0.2	0	0
تراكيّز توازن	$0.2 - x$	$+x$	$+x$

علاقة ثابت الحمّهة بدلالة التراكيز: 
$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

حساب ثابت الحمّهة: 
$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$$

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

تُهمل  $x$  أمام 0.2 من المقام لصغر قيمة  $K_h$ :  $x^2 = 10^{-10}$

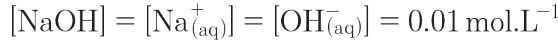
$$x = [\text{OH}^-] = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log[10^{-5}] = 5$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5 = 9$$

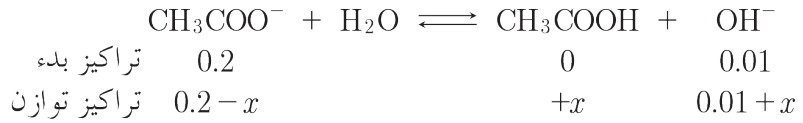
2. طبيعة المحلول الناتج عن الحلمهة أساسية، لأن:  $\text{pOH} = 5 < 7$

3. يتأين NaOH كلياً بالماء وفق المعادلة:



$$[\text{NaOH}] = [\text{Na}^+_{(\text{aq})}] = [\text{OH}^-_{(\text{aq})}] = 0.01 \text{ mol.L}^{-1}$$

حساب النسبة المئوية المتحلّمة من خلات الصوديوم في هذه الحالة:



$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

علاقة ثابت الحلمهة بدلالة التراكيز:

$$5 \times 10^{-10} = \frac{x(0.01 + x)}{0.2 - x}$$

بالتعويض:

تُهمل  $x$  أمام 0.01 في البسط، أمام 0.2 في المقام لصغر قيمة  $K_h$ :  $x = 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$

حساب النسبة المئوية المتحلّمة من خلات الصوديوم في هذه الحالة:

كلّ  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  من ملح خلات الأمونيوم يتحلّمه منه  $x = 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$

كلّ  $100 \text{ mol.L}^{-1}$  من ملح خلات الأمونيوم يتحلّمه منه  $y \text{ mol.L}^{-1}$

$$y = \frac{10^{-8} \times 100}{0.2} = 5 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$y = 5 \times 10^{-6} \% \text{ وتكتب كنسبة مئوية.}$$

نشاط (8):

محلول مائيّ لملح سيانيد الصوديوم تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ ، إذا علمت أنّ قيمة ثابت حلمهة هذا الملح

$$K_h = 2 \times 10^{-5} \text{ المطلوب:}$$

1. حساب قيمة pH هذا المحلول.

2. ما طبيعة هذا المحلول؟ علّل إجابتك.

حلمهة ملح ناتج عن حمض ضعيف وأساس ضعيف:

نشاط (9):

محلول مائيّ لملح خلات الأمونيوم، المطلوب:

1. أكتب معادلة إمهاة هذا الملح.

2. أكتب معادلة حلمهة هذا الملح.

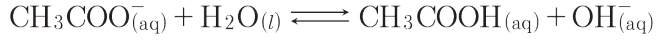
3. أكتب عبارة ثابت حلمهة هذا الملح  $K_h$ .

4. أستنتج العلاقة بين ثابت حلمهة هذا الملح  $K_h$  وثابت تأين حمض الخل  $K_a$  وثابت تأين هيدروكسيد الأمونيوم  $K_b$ .

الحل:

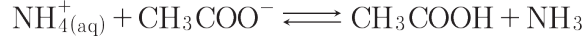


2. يتفاعل أيون الخلات مع الماء (يتحلّمه) وفق المعادلة الآتية:



يتفاعل أيون الأمونيوم مع الماء (يتحلّمه) وفق المعادلة الآتية:  $NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+(aq)$

بجمع المعادلتين السابقتين تنتج المعادلة الممثلة لحلمهة ملح خلات الأمونيوم:



3. ثابت حلمهته:  $K_h = \frac{[NH_3][CH_3COOH]}{[NH_4^+][CH_3COO^-]}$

4. يُضرب البسط والمقام للطرف الأيمن لعلاقة  $K_h$  بالجداء الأيوني للماء  $K_w = [H_3O^+][OH^-]$  فنجد

$$K_h = \frac{[NH_3]}{[NH_4^+][OH^-]} \times \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-][H_3O^+]} \times [H_3O^+][OH^-]$$

$$K_h = \frac{1}{K_b} \times \frac{1}{K_a} \times K_w$$

نتيجة:

• الأملاح الناتجة عن تفاعل حمض ضعيف وأساس ضعيف:

– تتحلّمه بتفاعل جزئي الملح الحمضي والأساسي مع الماء.

– ثابت حلمهة الملح يُعطى بالعلاقة:  $K_h = \frac{K_w}{K_b K_a} = \frac{10^{-14}}{K_b K_a}$

• تتوقف قيمة pH المحلول على قوّة كلّ من الحمض والأساس الناتجين عن الحلمهة:

– 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 أساسي (pH > 7) بقليل).

– إذا كان  $K_a = K_b$ ، فإن  $[H_3O^+] = [OH^-]$ ، أي الوسط معتدل (pH = 7) حالة نادرة).



## المحاليل المنتظمة للحموضة:

### تجربة

المواد والأدوات اللازمة: بيشر عدد 4، مقياس 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 متساويين من حمض الخل وخلات الصوديوم وأقيس قيمة pH المحلول.
- 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 متساويين من محلول هيدروكسيد الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم وأقيس قيمة pH المحلول.
- 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؟

### ألاحظ:

- تغيراً طفيفاً في قيمة pH المحلول في كل من الحالات السابقة.

### أستنتج:

- محلول حمض الخل وخلات الصوديوم يحد من تغير قيمة pH المحلول عندما نضيف له كمية قليلة من حمض قوي أو أساس قوي.
- محلول هيدروكسيد الأمونيوم وكلوريد الأمونيوم يحد من تغير قيمة pH المحلول عندما نضيف له كمية قليلة من حمض قوي أو أساس قوي.

### نتيجة:



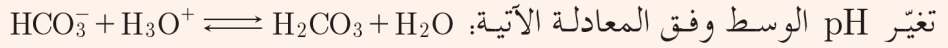
يتألف المحلول المنظم للحموضة من محلول حمض ضعيف وأحد أملاحه الذوابة. أو من محلول أساس ضعيف وأحد أملاحه الذوابة.



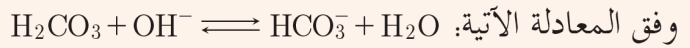
تبلغ قيمة درجة الحموضة للدم  $pH = 7.4$ ، ويحافظ الدم على هذه القيمة بسبب وجود محاليل منظمة تدخل في مجرى الدم، أهمها محلول حمض الكربون وملح بيكربونات الصوديوم  $H_2CO_3/HCO_3^-$ ، وإذا حصل أي انحراف ملموس عن قيمة الـ  $pH$  يمكن أن يؤدي لتنتائج فيزيولوجية خطيرة على صحة الإنسان.

### آلية عمل المحلول المنظم في الدم.

عندما يزداد تركيز الهيدرونيوم تتفاعل أيونات البيكربونات مع أيونات الهيدرونيوم، فتتكون كمية من حمض الكربون ضعيف التأيّن، تعادل كمية الهيدرونيوم الفائض ممّا يقلل من



تغيّر  $pH$  الوسط وفق المعادلة الآتية: عندما يزداد تركيز الهيدرونيوم يتفاعل حمض الكربون مع أيونات الهيدرونيوم، فتتكون كمية من أيونات البيكربونات تعادل كمية الهيدرونيوم الفائض، ممّا يقلل من تغيّر الـ  $pH$



## تعلمت

- الملح يتمتّع بخاصية قطيبيّة، لأنه مركّب أيونيّ، يتألّف من جزأين:
  - جزء أساسيّ موجب، أيون معدنيّ أو أكثر، أو جذر أمونيوم أو أكثر.
  - جزء حمضيّ سالب، أيون لا معدنيّ أو أكثر، أو جذر حمضيّ أو أكثر.
- الجداء الأيونيّ  $Q$ : يمثّل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان، مرفوعة كلّ منها إلى أسّ يساوي أمثالها التفاعليّة.
- ثابت جداء الذوبان  $K_{sp}$  يمثّل جداء تراكيز أيونات الملح قليل الذوبان، مرفوعة كلّ منها إلى أسّ يساوي أمثالها التفاعليّة في المحلول المشبع. ونميّز ثلاث حالات:
  - $K_{sp} > Q$  المحلول غير مشبع.
  - $K_{sp} = Q$  المحلول مشبع.
  - $K_{sp} < Q$  المحلول فوق مشبع (يتشكّل 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 تغيّر في قيمة  $pH$  المحلول.
- عند حلمهة الأملاح الناتجة عن حمض ضعيف وأساس قويّ:
  - يتحلّمه الأيون الناتج عن الحمض الضعيف، وتكون قيمة  $pH > 7$ .

$$K_h K_a = K_w$$

- عند حلمهة الأملاح الناتجة عن حمضٍ قوي وأساسٍ ضعيفٍ:
  - يتحلّمه الأيون الناتج عن الأساس الضعيف، وتكون قيمة  $\text{pH} < 7$ .
  - $K_h K_b = K_w$
- الأملاح الناتجة عن تفاعل حمضٍ ضعيفٍ وأساسٍ ضعيفٍ:
  - تتحلّمه بتفاعلٍ جزائيّ الملح الحمضيّ والأساسيّ مع الماء.
  - ثابت حلمهة الملح يُعطى بالعلاقة:  $K_h = \frac{K_w}{K_b K_a} = \frac{10^{-14}}{K_b K_a}$
- تتوقّف قيمة المحلول على قوّة كلّ من الحمض والأساس الناتجين عن الحلمهة:
  - إذا كان  $K_a > K_b$ ، فإن  $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$ ، أي الوسط حمضيّ ( $\text{pH} < 7$  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).
- يتألّف المحلول المنظّم للحموضة من محلولٍ حمضٍ ضعيفٍ وأحد أملاحه الذوّابة. أو من محلولٍ أساسيٍ ضعيفٍ وأحد أملاحه الذوّابة.

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. الملح الذائب الذي يتحلل في الماء من الأملاح الآتية هو:
 

<b>a.</b> KCl	<b>b.</b> NaNO <sub>3</sub>	<b>c.</b> NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	<b>d.</b> CaSO <sub>4</sub>
---------------	-----------------------------	---	-----------------------------
2. المحلول المائي الذي له أكبر قيمة pH من المحاليل الآتية المتساوية التركيز هو:
 

<b>a.</b> NaCl	<b>b.</b> KNO <sub>3</sub>	<b>c.</b> NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	<b>d.</b> CH <sub>3</sub> COONa
----------------	----------------------------	---	---------------------------------
3. يحصل توازن غير متجانس بين الطور الصلب والطور المذاب في محلول مائي لمخ قليل الذوبان هو:
 

<b>a.</b> PbCrO <sub>4</sub>	<b>b.</b> Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<b>c.</b> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	<b>d.</b> (NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
------------------------------	---	---	---
4. محلول مائي لمخ 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 المحلول مساوياً:
 

<b>a.</b> 0.6 mol.L <sup>-1</sup>	<b>b.</b> 0.4 mol.L <sup>-1</sup>	<b>c.</b> 0.8 mol.L <sup>-1</sup>	<b>d.</b> 0.2 mol.L <sup>-1</sup>
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------
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 المحلول المشبع لـ AgCl مساوياً:
 

<b>a.</b> $1.25 \times 10^{-10}$	<b>b.</b> $2.5 \times 10^{-10}$	<b>c.</b> $2.5 \times 10^{-5}$	<b>d.</b> $6.25 \times 10^{-5}$
----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	---------------------------------
6. عند تمديد محلول مائي لمخ 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:
 

<b>a.</b> 0.6	<b>b.</b> 0.4	<b>c.</b> 0.3	<b>d.</b> 0.2
---------------	---------------	---------------	---------------

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. ذوبان ملح نترات البوتاسيوم بالماء لا يُعدّ حلمهة.
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 بيشر محلول مشبع لمخ 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 لمخ كرومات الرصاص II
  - b. اشرح آلية الترسيب التي حدثت لقسم من هذا المخ.
  - c. اقترح طريقة ثانية لترسيب قسم من هذا المخ.
  - d. اقترح طريقة لفصل المحلول عن الراسب.
2. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس، وعلاقة جداء الذوبان لكل من محاليل الأملاح المشبعة الآتية:

- |               |                             |                             |  |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| <b>a.</b> PbS | <b>b.</b> BaCO <sub>3</sub> | <b>c.</b> MgCO <sub>3</sub> | <b>d.</b> Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--|



رابعاً: حلّ المسائل الآتية:

### المسألة الأولى:

محلول مائيّ لملح خلاّات البوتاسيوم تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ ، فإذا علمت أنّ  $\text{pH} = 9$  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 الملحيّ.
4. احسب ثابت تأين حمض الخلّ.
5. احسب النسبة المئوية المتحلّمة.
6. ما طبيعة الوسط الناتج عن الحلمة؟ علّل إجابتك.

### المسألة الثانية:

محلول مائيّ مشبع ملح 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. يُضاف 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 يترسّب أو لا؟.

### المسألة الثالثة:

محلول مائيّ لملح نترات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  تركيزه  $2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ ، فإذا علمت أنّ ثابت تأين النشادر عند درجة الحرارة  $25^\circ \text{C}$  هو  $K_b = 2 \times 10^{-5}$ . المطلوب:

1. اكتب معادلتني إمارة وحلمة هذا الملح.
2. احسب قيمة ثابت الحلمة للمحلول الملحيّ.
3. احسب قيمة  $[\text{OH}^-]$ .
4. احسب قيمة  $\text{pH}$  المحلول، 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 المتحلّمة من ملح نترات الأمونيوم في هذه الحالة.

## تفكير ناقد



استخدام المياه الكلسية يسبب ترسب كربونات الكالسيوم على أجزاء في الغسالات أو سخانات المياه، وإزالتها يضاف كمية من محلول حمض كلور الماء، فسّر ذلك.

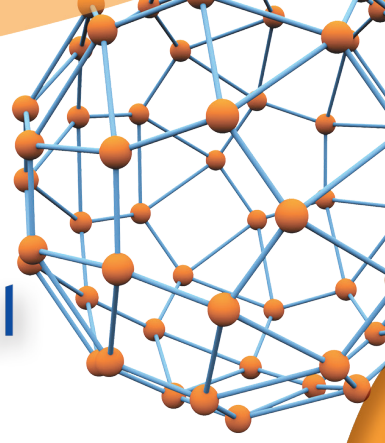
## أبحث أكثر



يُعتبر ملح أكزالات الكالسيوم من أحد مكونات الحصى في الكلى، ابحث في مكتبة مدرستك وفي الشبكة عن الطرائق الكيميائية المستخدمة في إزالتها.

## 4-3

# المعايرة الحجمية



### الأهداف:



- \* يتعرّف مبدأ المعايرة الحجمية.
- \* يقوم بتجارب عملية لمعايرة حمض -أساس.
- \* يرسم المنحنيات البيانية لمعايرة حمض -أساس .
- \* يستنتج بيانياً نقطة التكافؤ.
- \* يتعرّف مجال المشعر.

### الكلمات المفتاحية:



- \* نقطة التكافؤ.
- \* مجال المشعر.
- \* معايرة حمض أساس.
- \* منحنى المعايرة.

يُعدّ زيت الزيتون السوريّ من أغنى المصادر الطّبيعيّة، وأكثرها احتواءً على موادّ مفيدة للصّحة، تعتبر المعايرة الحجمية (حمض -أساس) من أحد الطّرائق التي تمكّننا من معرفة النوعيّة الجيدة، وذلك لمعرفة درجة حموضة الزيت.

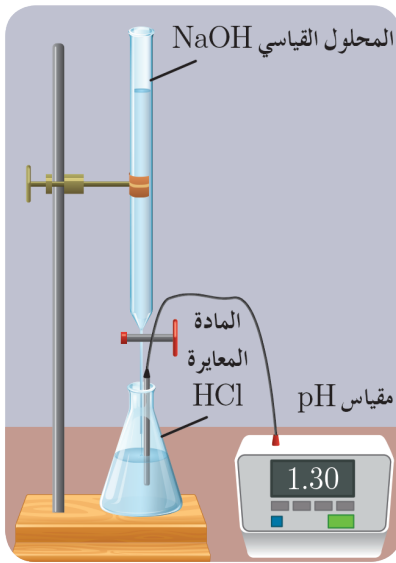
## المعايرة الحجمية حمض - أساس :

تفيد المعايرة الحجمية في تحديد تركيز أحد المواد المتفاعلة المجهولة التركيز بتفاعلها مع مادة أخرى تُدعى المحلول القياسي (تركيزه معلوم ومحدد بدقة).

**تجربة:**

**المواد والأدوات اللازمة:**

سحاحة - حامل مع قاعدة - ملقط تثبيت - أرلينة - أنبوب مدرج , مشعر أزرق بروم التيمول ، مقياس pH ، محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  ، محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$ .



### 1. معايرة حمض قويّ بأساس قويّ:

**خطوات تنفيذ التجربة:**

1. أركب الأدوات كما في الشكل المجاور.
2. أغلق صنبور السحاحة، وأملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم، بحيث يمسّ قعر السائل خط التدرج 0.
3. أضع 50 mL من محلول حمض كلور الماء في الأرلينة، وأضيف لها قطرات من أزرق بروم التيمول ، فيتلون المحلول باللون الأصفر.
4. أضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم تدريجياً وأسجل دلالة مقياس pH بعد كلّ إضافة. فكانت النتائج كالآتي:

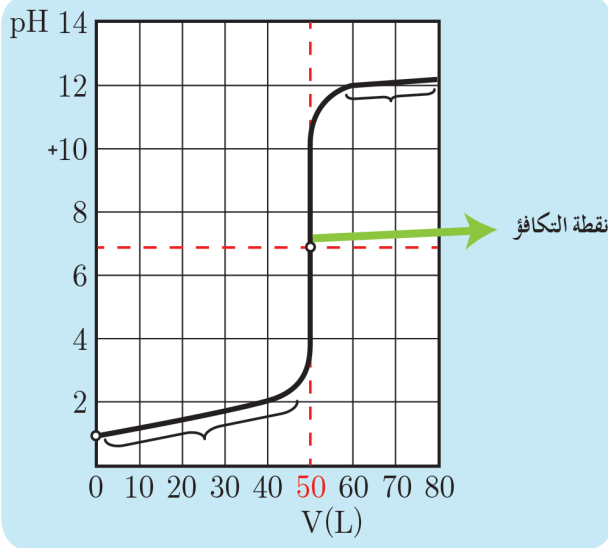
60.0	50.1	50.0	49.9	30.0	10.0	0	حجم NaOH المضاف (mL)
12.0	11.0	7.0	3.0	1.6	1.2	1.0	قيمة الـ pH

أرسم المنحني البياني لتغيرات قيم pH المحلول بدلالة حجم الأساس المضاف.

**ألاحظ:**

- عند بدء المعايرة تكون قيمة  $\text{pH} = 1$ .
- ازدياد قيمة pH المحلول تدريجياً حتى القيمة 3 تقريباً.
- تغيّر مفاجئ في قيمة pH بين القيمتين 3 و 11.
- تغيّر لون المحلول من اللون الأصفر إلى الأزرق.





أفسر:

- تزداد قيمة pH المحلول تدريجياً نتيجة تناقص تراكيز أيونات الهيدرونيوم  $H_3O^+$  لتفاعلها مع أيونات الهيدروكسيد  $OH^-$  المضافة وفق المعادلة الأيونية الآتية:  $H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
- عند اتحاد جميع أيونات  $H_3O^+$  في المحلول الحمضي مع جميع أيونات  $OH^-$  المضافة تصبح قيمة  $pH = 7$ ، وتدعى نقطة نهاية المعايرة (نقطة التكافؤ).
- بإضافة قطرة من هيدروكسيد الصوديوم يتحول المحلول إلى أساسي، وتصبح  $pH = 11$ .
- يتغير لون المحلول نتيجة تغير لون مشعر أزرق بروم التيمول بتغير قيم pH المحلول، مما يدل على انتهاء تفاعل المعايرة.

أستنتج:

عند نهاية تفاعل المعايرة يكون:

- عدد مولات أيونات الهيدرونيوم  $H_3O^+$  الابتدائية = عدد مولات أيونات الهيدروكسيد  $OH^-$  المضافة
- $n(OH^-) = n(H_3O^+)$
- $C_1 V_1 = C_2 V_2$
- $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$
- قيمة  $pH = 7$  عند نهاية تفاعل المعايرة، تقع ضمن مجال المشعر أزرق بروم التيمول (6.0 – 7.6)

إضاءة

يُعتبر محلول كربونات الصوديوم محلولاً قياسيًّا، أكثر دقة من محلول هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم، وذلك لأنهما يمتصّان الماء وهما في حالتها الصلبة ممّا يتعذر 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 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:

1. معادلة تفاعل المعايرة:  $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل:  $H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

2. حجم محلول حمض الكبريت اللازم لإتمام المعايرة:  $n(H_3O^+) = n(OH^-)$

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

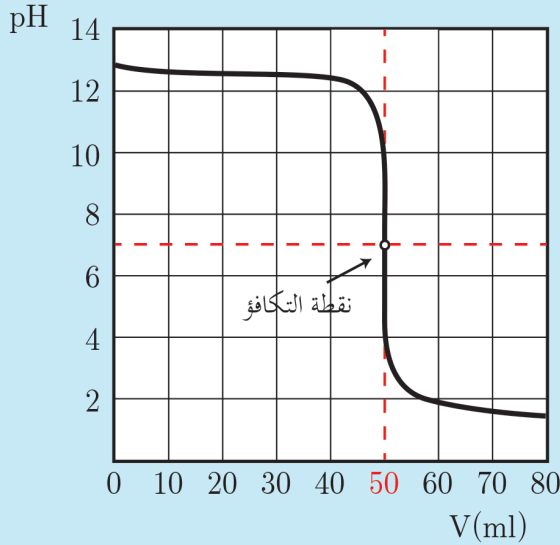
حمض الكبريت تام التآين وثنائي الوظيفة الحمضية:  $[H_3O^+] = 2C_a = 2 \times 0.05 = 0.1 \text{ mol.L}^{-1}$

$$0.1 \times V_1 = 0.2 \times 20$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

3. الملح الناتج عن تفاعل حمض قوي بأساس قوي تكون أيوناته حيادية لا تتفاعل مع الماء وبالتالي  $pH = 7$

## 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 لتغيرات قيم pH المحلول بدلالة حجم الحمض المضاف. المطلوب:

1. ما قيمة pH المحلول هيدروكسيد الصوديوم لحظة بدء المعايرة؟

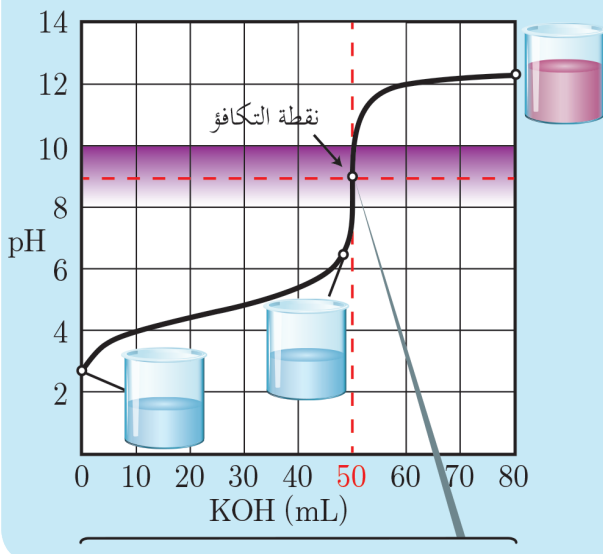
2. بين كيف يتغير كلٌّ من  $[OH^-]$ ، pH المحلول خلال عملية المعايرة.

3. ما قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة؟ فسّر ذلك.

4. ما المشعر المناسب لهذه المعايرة؟

## ٢. معايرة حمض ضعيف بأساس قوي

## نشاط(2):



يمثل المنحني البياني المجاور تغير قيم pH لمحلول حمض الخل بدلالة حجم الأساس المضاف (هيدروكسيد البوتاسيوم) عند معايرة حمض الخل بوجود قطرات من مشعر فينول فتالئين. المطلوب:

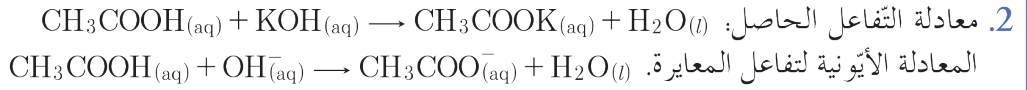
1. أتعرف قيمة pH المحلول في أثناء تفاعل المعايرة.

2. أكتب معادلة التفاعل الحاصل، ثم أكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة.

3. أحدّد قيمة pH عند نقطة انتهاء تفاعل المعايرة.
4. أستنتج طبيعة الوسط عند الوصول لنقطة التكافؤ.

**الحل:**

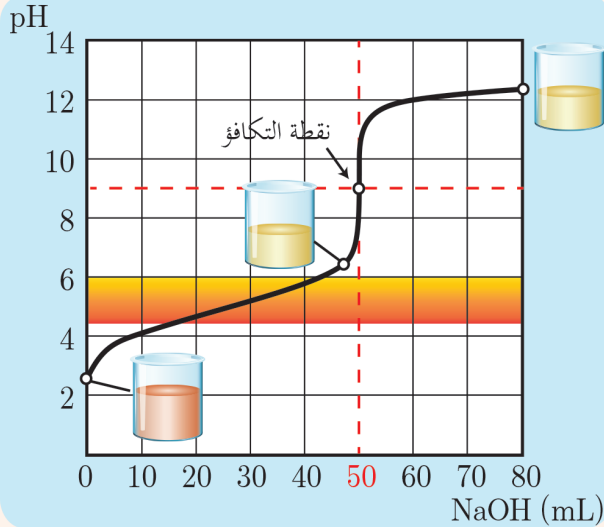
1. تزداد قيمة pH تدريجياً حتى القيمة 6.3 نتيجة تناقص تركيز الحمض بتفاعله مع أيونات الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  المُضافة، ويحصل تغيّر مفاجئ لقيمة pH بين (6.3, 10.3) تقريباً، وبإضافة قطرة من الأساس يصبح قيمة  $\text{pH} > 10.3$ .



3. عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة  $\text{pH} = 8.72$

4. طبيعة الوسط أساسية، بسبب تشكّل أيونات الخلات التي تسلك سلوكاً أساسياً ضعيفاً.

**إثراء:**



عند استعمال أحمر المتيل مشعراً في معايرة حمض ضعيفٍ بأساس قويّ لا يمكن تحديد نقطة نهاية تفاعل المعايرة بدقة لأنها لا تقع ضمن مجال هذا المشعر.

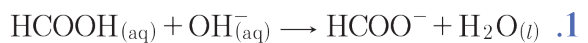
**تطبيق (2):**

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 المُعاير.
3. أحسب كتلة حمض التمل اللازم لتحضير 400 mL من محلوله السّابق.
4. أتعرف أفضل المشعرات الواجب استعماله.

C: 12, H: 1, O: 16

**الحل:**



2. عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة

عدد أيونات الهيدروكسيد  $[OH^-]$  المُضافة = عدد مولات الحمض

$$n(HCOOH) = n(OH^-)$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$C_1 \times 20 = 0.02 \times 15$$

$$C_1 = \frac{0.02 \times 15}{20}$$

$$C_1 = 0.015 \text{ mol.L}^{-1}$$

3. كتلة الحمض:  $m = C.V.M = 0.015 \times 0.4 \times 46 = 0.276 \text{ g}$

4. المشعر المستعمل الفينول فتالئين لأنّ مجاله من (8.2 ← 10) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة

### 3. 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  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  بوجود قطرات من مشعر أحمر المثيل وباستخدام مقياس pH كانت النتائج كما في الجدول الآتي:

حجم HCl المضاف (mL)	60.0	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0	0
قيمة الـ pH	2.71	5.27	8.7	9.1	9.6	10.2	11.12

1. أرسم المنحني البياني لتغيرات قيم الـ pH بدلالة حجم الحمض المُضاف.

2. أحدّد قيمة pH محلول هيدروكسيد الأمونيوم لحظة بدء المعايرة.

3. أتعرف كيف تتغير قيمة pH المحلول خلال عملية المعايرة.

4. أحدّد قيمة pH المحلول عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

الحل:

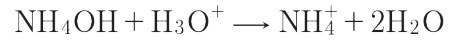
1. الرسم جانباً.

2. عند بدء المعايرة قيمة  $pH = 11.12$

3. تتناقص قيمة الـ pH تدريجياً نتيجة تناقص تركيز

$NH_4OH$  بتفاعلها مع أيونات الهيدرونيوم  $H_3O^+$

المضافة وفق المعادلة الآتية:



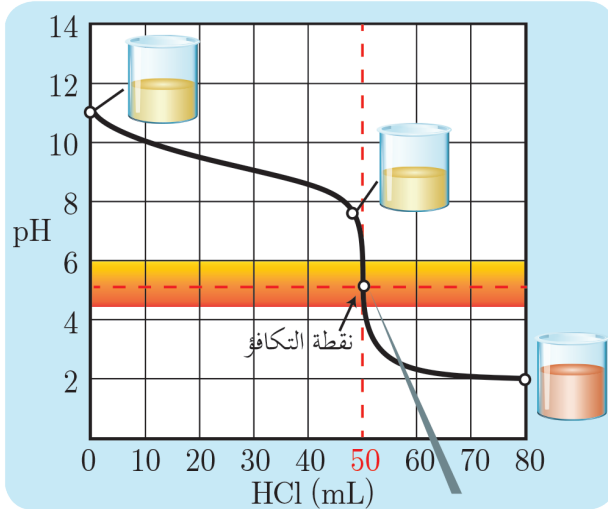
عند انتهاء تفاعل المعايرة تكون قيمة

$pH = 5.27$  لأنّه يُنتج أيونات الأمونيوم التي

تسلك سلوك حمض ضعيف، وبإضافة قطرة من

حمض كلور الماء تصبح طبيعة المحلول حمضية وتصبح الـ  $pH = 5.27$ .

4. عند انتهاء تفاعل المعايرة تكون قيمة  $pH = 5.27$  لأنّه ينتج أيونات الأمونيوم الذي يسلك سلوك حمض ضعيف



أستنتج عند نهاية تفاعل المعايرة يكون:

• عدد أيونات الهيدرونيوم  $H_3O^+$  المضافة = عدد مولات الأساس

$$n(NH_4OH) = n(H_3O^+)$$

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

حيث  $C_1$ : التركيز الابتدائي للأساس.

$V_1$ : الحجم الابتدائي للأساس.

$C_2$ :  $[H_3O^+]$  المضافة.

$V_2$ : حجم الحمض المضاف.

نشاط (4):

يُعاير 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 المعبرة عن تفاعل المعايرة الحاصل.

2. احسب تركيز محلول هيدروكسيد الأمونيوم المستعمل.

إضاءة



مشعرات معايرة (حمض-أساس):

حموض عضوية أو أسس عضوية ضعيفة معقدة التركيب، يتغير لونها بتغير pH الوسط الذي توضع فيه.

جدول يبين مجال pH بعض المشعرات وتغير لون كل منها حسب قيم pH الوسط.

المشعر	لون المشعر	مجال pH المشعر	لون المشعر
الهليانثين	أحمر	3.1 - 4.4	أصفر
أحمر المتيل	أحمر	4.2 - 6.2	أصفر
أزرق بروم التيمول	أصفر	6 - 7.6	أزرق
فينول فتالين	عديم اللون	8.2 - 10	بنفسجي

## تعلمت

- تنفيذ المعايرة الحجمية في تحديد تركيز أحد المواد المتفاعلة المجهولة التركيز بتفاعلها مع مادة أخرى تُدعى المحلول القياسي (تركيزه معلوم ومحدد بدقة).
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة حمض قوي - أساس قوي يكون:  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة حمض ضعيف بأساس قوي يكون:
  - عدد أيونات الهيدروكسيد  $[\text{OH}^-]$  المضافة = عدد مولات الحمض
- عند نقطة نهاية تفاعل معايرة أساس ضعيف بحمض قوي يكون:
  - عدد أيونات الهيدرونيوم  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  المضافة = عدد مولات الأساس
- يعتبر أزرق بروم التيمول مشعراً مناسباً لمعايرة حمض قوي - أساس قوي لأن مجاله من (6 - 7.6) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.
- يعتبر الفينول فتالين مشعراً مناسباً لمعايرة حمض ضعيف بأساس قوي لأن مجاله من (8.2 - 10) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.
- يعتبر أحمر المتيل مشعراً مناسباً لمعايرة أساس ضعيف بحمض قوي لأن مجاله من (4.2 - 6.2) يحوي قيمة pH نقطة نهاية تفاعل المعايرة.

## أختبر نفسي



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. المشعّر الذي يحدّد بدقة أكبر، نقطة نهاية معايرة حمض ضعيف بأساس قوي هو:
  - a. أزرق بروم التيمول
  - b. الفينول فتالين
  - c. أحمر المتيل
  - d. الهليانتين
2. عند معايرة حمض النمل بهيدروكسيد البوتاسيوم يكون عند نقطة نهاية تفاعل المعايرة.
  - a.  $\text{pH} > 7$
  - b.  $\text{pH} < 7$
  - c.  $\text{pH} = 7$
  - d.  $\text{pH} \leq 7$
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:
  - a.  $[\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-]$
  - b.  $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$
  - c.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$
  - d.  $[\text{H}_3\text{O}^+] \leq [\text{OH}^-]$

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلِّ ممَّا يأتي:

1. تكون قيمة  $pH < 7$  عند معايرة أساس ضعيف بحمض قوي.
2. يعتبر أزرق بروم التيمول مشعراً مناسباً عند معايرة حمض قوي بأساس قوي.
3. استخدام أحد مشعرات (حمض - أساس) في معايرة التعديل.
4. عند معايرة حمض النمل بهيدروكسيد الصوديوم يكون الوسط عند نهاية المعايرة أساسياً.

ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

**المسألة الأولى:**

محلول مائي لحمض كلور الماء تركيزه  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . المطلوب:

1. أحسب قيمة  $pH$  محلول هذا الحمض.
2. لمعايرة 20 mL من محلول الحمض السابق يلزم 5 mL محلول من هيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز  $0.02 \text{ mol.L}^{-1}$  وحجم  $V_2$  من هيدروكسيد البوتاسيوم ذي التركيز  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ . المطلوب:
  - a. اكتب المعادلة الأيونية لتفاعل المعايرة الحاصل.
  - b. احسب حجم هيدروكسيد البوتاسيوم اللازم لإتمام المعايرة.
  - c. احسب حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 10 mL من الحمض السابق لتصبح  $pH = 3$ .

**المسألة الثانية:**

- يؤخذ 20 mL من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ ، ويُضاف إلى 10 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم حتى تمام التعديل. المطلوب:
1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل.
  2. احسب تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم المستعمل.
  3. ما قيمة  $pH$  المحلول الناتج عن المعايرة؟
  4. اكتب اسم أفضل مشعر واجب استعماله في هذه المعايرة.
  5. احسب التركيز المولي الحجمي لمحلول ملح كبريتات الصوديوم الناتج عن المعايرة. (Na:23, S:32, O:16, H:1)

**المسألة الثالثة:**

- تُذاب عينة غير نقية كتلتها 2,8 g من هيدروكسيد البوتاسيوم في الماء، ويكمل الحجم إلى 200 mL، فإذا علمت أنه يلزم لتعديل 25 mL منه 30 mL من حمض كلور الماء تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  و 20 mL من حمض الكبريت تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ ، والمطلوب:
1. احسب تركيز محلول هيدروكسيد البوتاسيوم.
  2. احسب كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم النقية في هذه العينة.
  3. احسب النسبة المئوية للشوائب في هذه العينة.
- الكتل الذرية: (K:39, S:32, O:16, Cl:35.5, H:1)

### المسألة الرابعة:

أذيت عينة مقدارها 4.24 g من كربونات الصوديوم وكلوريد الصوديوم في الماء، وأكمل الحجم إلى 100 mL؛ إذا علمت أنه يلزم لمعايرة المحلول السابق 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 المحلول السابق.
3. احسب النسبة المئوية لكل من الملح 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، فسّر سبب تغيّر لون المشعر عند إضافته إلى محلول حمضي أو محلول أساسي.

### أبحث أكثر

تستخدم المعايرة الحجمية (حمض - أساس) في مجالات صناعية عديدة، ابحث في ذلك مستعينا بمكتبة مدرستك أو في الشبكة.



## أسئلة الوحدة الرابعة

أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. إذا علمت أن  $\text{pH} = 3$  للمشروب الغازي، فإن تركيز أيون الهيدروكسيد فيه:

- a.** 11      **b.**  $10^{-3}$       **c.**  $10^{-11}$       **d.**  $10^{+3}$

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 لقوة الأسس المرافقة لكل منها هو:

- a.**  $\text{CN}^- < \text{F}^- < \text{NO}_2^-$       **b.**  $\text{CN}^- < \text{NO}_2^- < \text{F}^-$

- c.**  $\text{NO}_2^- < \text{CN}^- < \text{F}^-$       **d.**  $\text{F}^- < \text{NO}_2^- < \text{CN}^-$

3. الملح الذائب الذي قيمة  $\text{pH} < 7$  لمحلوله المائي من بين الأملاح الآتية المتساوية التراكيز هو:

- a.**  $\text{KCl}$       **b.**  $\text{KCN}$       **c.**  $\text{NH}_4\text{NO}_3$       **d.**  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

4. الملح الذائب الذي لا يتحلّمه في الماء من بين الأملاح الآتية هو:

- a.**  $\text{NH}_4\text{Cl}$       **b.**  $\text{NaNO}_3$       **c.**  $\text{HCOONH}_4$       **d.**  $\text{KCN}$

5. محلول مائيّ لمُح  $\text{CaCl}_2$  له  $\text{pH} = 7$ ، يمدّد بالماء المقطّر مئة مرّة، فإنّ قيمة  $\text{pH}'$  للمحلول الناتج تساوي:

- a.**  $\text{pH}' = 5$       **b.**  $\text{pH}' = 9$       **c.**  $\text{pH}' = 0.7$       **d.**  $\text{pH}' = 7$

6. لديك المحاليل المائية المتساوية في التركيز الآتية:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HCOONa}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  يكون

الترتيب الصحيح لها وفق تزايد قيمة الـ  $\text{pH}$  لكل منها هو:

- a.**  $\text{HCl} \leftarrow \text{NaCl} \leftarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \leftarrow \text{HCOONa} \leftarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

- b.**  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \leftarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \leftarrow \text{HCOONa} \leftarrow \text{NaCl} \leftarrow \text{HCl}$

- c.**  $\text{Ca}(\text{OH})_2 \leftarrow \text{HCOONa} \leftarrow \text{NaCl} \leftarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \leftarrow \text{HCl}$

- d.**  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \leftarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \leftarrow \text{NaCl} \leftarrow \text{HCOONa} \leftarrow \text{HCl}$

7. الأيون الحياديّ الذي لا يتحلّمه من الأيونات الآتية هو:

- a.**  $\text{CH}_3\text{COO}^-$       **b.**  $\text{SO}_4^{2-}$       **c.**  $\text{CN}^-$       **d.**  $\text{NH}_4^+$

8. المشعر الذي يحدّد بدقة نقطة نهاية معايرة حمض الخل بهيدروكسيد البوتاسيوم هو:

- a.** أزرق بروم التيمول      **b.** الفينول فتالين      **c.** أحمر المثيل      **d.** الهليانتين

9. المحلول المنظّم للحموضة من المحاليل الآتية هو:

- a.**  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HCOOK}$       **b.**  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCl}$

- c.**  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NaCl}$       **d.**  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaNO}_3$

ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. محلول مائي مشبع لمُح  $Ag_3PO_4$  فوسفات الفضة قليل الذوبان في الماء، المطلوب:

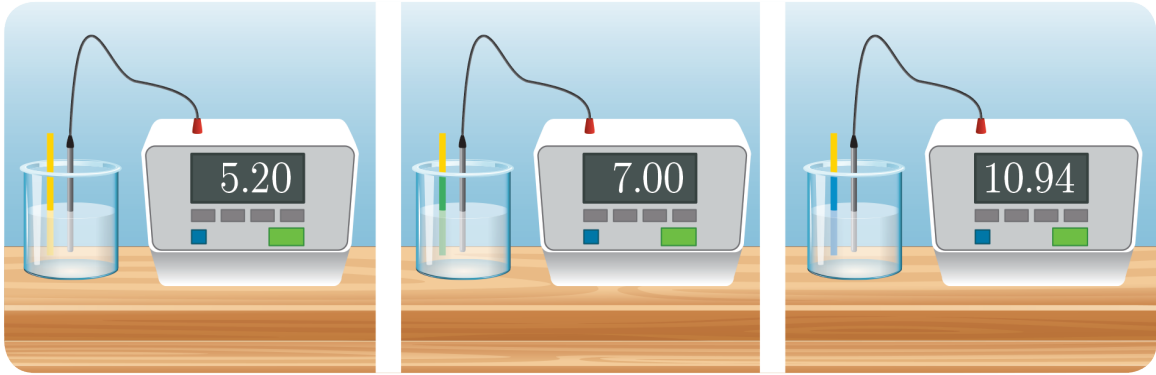
a. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لهذا الملح.

b. اكتب علاقة جداء الذوبان  $K_{sp}$  لهذا الملح.

c. اقترح طريقة لترسيب قسم من هذا الملح في محلوله المشبع.

d. اشرح آلية إذابة  $Ag_3PO_4$  في محلوله المشبع بإضافة حمض كلور الماء إليه.

2. يستخدم مقياس pH لمعرفة طبيعة المحلول المائي، تختلف قيمة pH للأملاح  $NH_4Cl$  و  $NaCl$  و  $Na_2CO_3$  المتساوية التراكيز، التي تظهر في الصور الآتية، فسّر ذلك بكتابة المعادلات الكيميائية اللازمة.

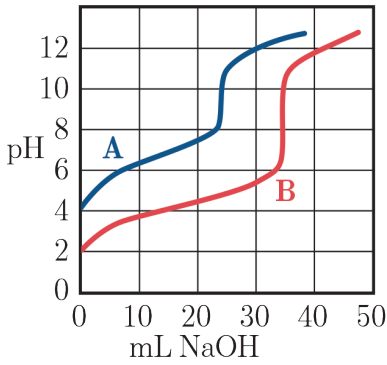


3. عند معايرة حجمين متساويين من محلولي حمضين A, B كلّ منهما على

حدة، بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  فحصلنا على المنحنيين البيانيين كما في الشكل المجاور، المطلوب:

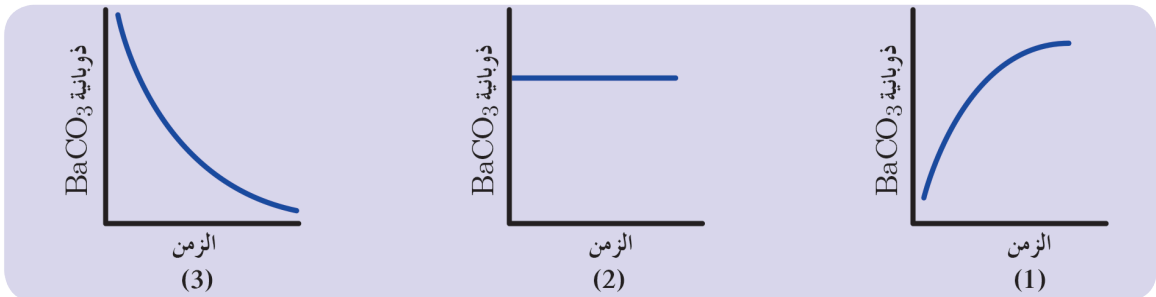
a. أيّ من المحلولين المستعملين A, B أكثر تركيزاً؟ فسّر إجابتك.

b. حدّد نقطة نهاية المعايرة لكلّ منهما على الشكل.



4. تشير المنحنيات الآتية إلى تغيّر ذوبانية ملح كربونات الباريوم  $BaCO_3$

بدلالة الزمن عند إضافة محاليل مختلفة.



a. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة  $HNO_3$

b. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة  $Na_2CO_3$

c. أيّ من المنحنيات يشير لإضافة  $NaNO_3$

ثالثاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

محلول مائيّ لملح كلوريد الأمونيوم تركيزه  $0.2 \text{ mol.L}^{-1}$ . وقيمة  $\text{pH} = 5$  له. المطلوب:

1. اكتب معادلة حلمهة هذا الملح.
2. احسب قيمة ثابت حلمهة هذا الملح.
3. احسب قيمة ثابت تأين النشادر.
4. يُضاف إلى المحلول السابق قطرات من محلول حمض كلور الماء تركيزه  $0.01 \text{ mol.L}^{-1}$ ، احسب النسبة المئوية المتحلّمة من ملح كلوريد الأمونيوم في هذه الحالة.

المسألة الثانية:

محلول مائي لحمض الخلّ تركيزه الابتدائيّ  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$ ، وثابت تأين حمض الخل  $2 \times 10^{-5}$

المطلوب:

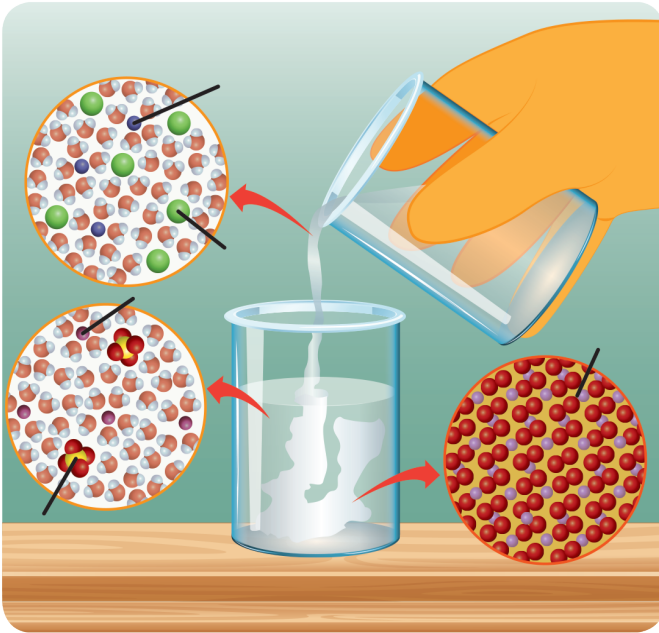
1. اكتب معادلة تأين هذا الحمض، ثمّ حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض حسب برونشتد - لوري.
2. احسب قيمة  $\text{pH}$  المحلول.
3. احسب درجة تأين هذا الحمض.
4. يُمدّد المحلول السابق 10 مرات، احسب  $\text{pH}$  المحلول بعد التمديد.

المسألة الثالثة:

يُضاف حجم معيّن 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 أنّ:  $K_{\text{sp}}(\text{CaSO}_4) = 9.0 \times 10^{-6}$

المطلوب:

1. اكتب معادلة إماهة كلّ من ملحي كلوريد الكالسيوم وكبريتات الصوديوم.
2. اكتب معادلة التوازن غير المتجانس لملح كبريتات الكالسيوم.
3. احسب ذوبانية ملح  $\text{CaSO}_4$  مقدّرة بـ  $\text{mol.L}^{-1}$  و  $\text{g.L}^{-1}$ .
4. بيّن بالحساب سبب ترسّب قسم من ملح  $\text{CaSO}_4$  (Ca:40, S:32, O:16)

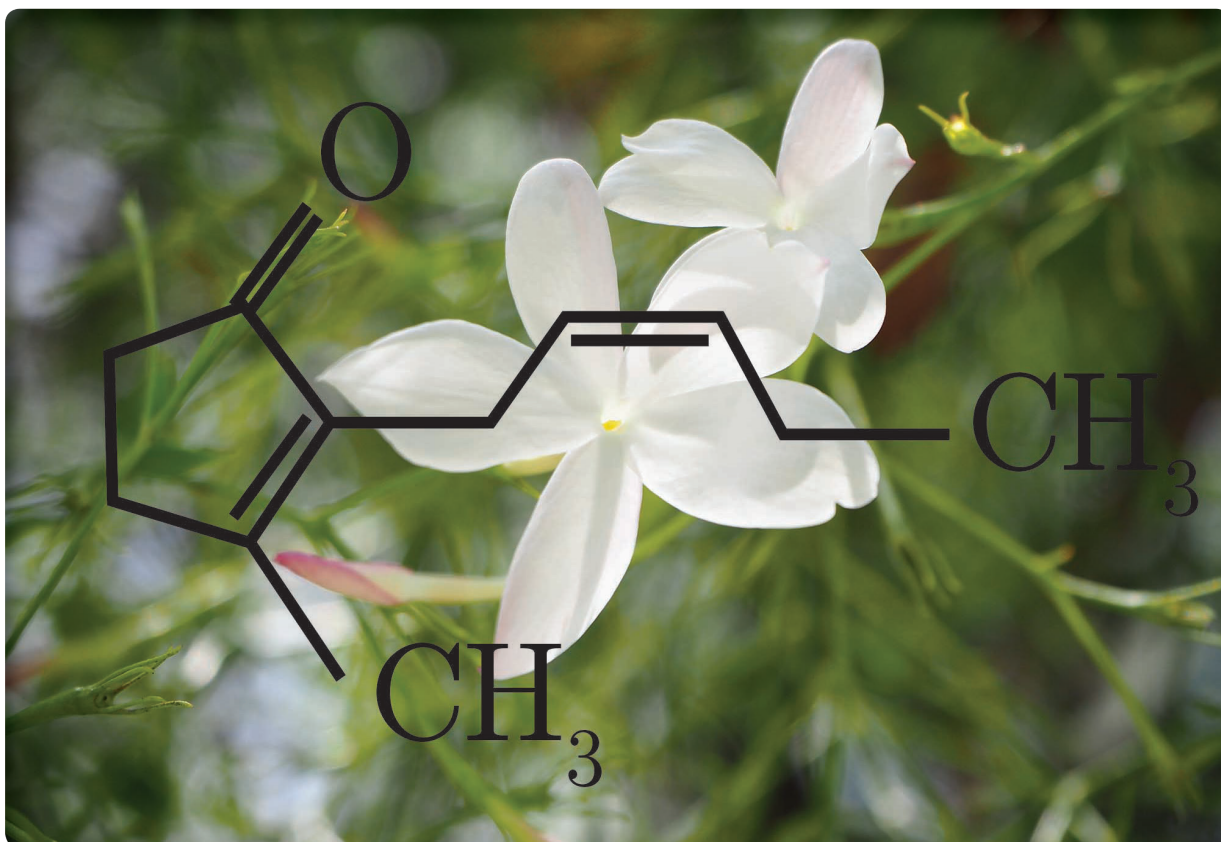


#### المسألة الرابعة:

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 مشبع من كبريتات الباريوم. المطلوب:

1. احسب قيمة جداء الذوبان  $K_{sp}$  لملح كبريتات الباريوم.
2. يُضاف قطرات من محلول حمض الكبريت المركز إلى المحلول المشبع السابق، ماذا تتوقع أن يحدث؟ علّل إجابتك. وبين إذا كان ذلك يتفق مع قاعدة لوشاتوليه أو لا؟

# الوحدة الخامسة الكيمياء العضوية

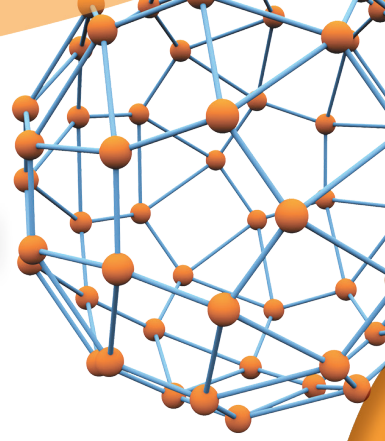


تُزين حدائق دمشق بالياسمين لما له من مظهر جميل ورائحة زكية، (وتعود رائحة الياسمين لاحتوائه على العديد من المركبات العضوية).  
استخدمت أزهار الياسمين في مجالات عديدة منها صناعة العطور ومستحضرات التجميل.

توجد الملايين من المركبات العضوية، ولسهولة دراستها تمّ تصنيفها حسب الزمرة الوظيفية، وهي ذرة أو مجموعة ذرات ترتبط بذرة كربون في المركبات العضوية، فتكسبها صفات كيميائية وفيزيائية متشابهة.

الجدول الآتي يتضمّن أهمّ أصناف المركبات العضوية والزمر الوظيفية المميزة لها، وتسمياتها مُرتبة حسب أفضليتها في تسمية المركب العضوي من أعلى الجدول إلى أسفله عند وجود وظيفتين أو أكثر في المركب العضوي.

الاسم المركب وفق قواعد IUPAC النظامية	مثال على المركب العضوي	السابقة	اسم اللاحقة	صيغة الزمرة الوظيفية	الصيغة العامة	الاصنف
حمض إيتانويك	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	-	ويك	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	الحمض الكربوكسيلي
إيتانوات المثيل	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_3$	-	وات	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}$	الإستر
إيتان أميد	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$	-	أميد	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$	الأميد
إيتانال	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	أوكسو	ال	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	الألدهيد
بوتان -2- ون	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	أوكسو	ون	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$	الكيتون
بروبان -1- ول	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	هدروكسي	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	إيتر	$-\text{OR}'$	$\text{R}-\text{O}-\text{R}'$	الإيتر



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 الوظيفة الغولية.
- \* يصنف الأغوال حسب نوع ذرة الكربون المرتبطة بزمرة الهدروكسيل.
- \* يسمي الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية.
- \* يتعرف أهم طرائق التحضير الصناعي لبعض الأغوال.
- \* يتعرف بعض الخصائص الفيزيائية للأغوال.
- \* يتعرف بعض الخصائص الكيميائية للأغوال.

### الكلمات المفتاحية:

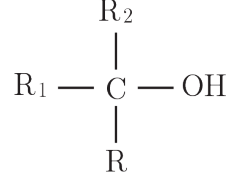
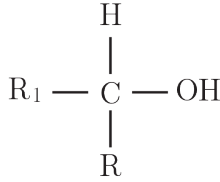
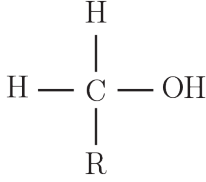


- \* الغول
- \* قاعدة ماركوفنيكوف
- \* الأسترة
- \* البلمهة
- \* قاعدة زائتسف
- \* الإماهة
- \* مزوجية (انحلالية).

## الصيغة العامة للأغوال:

نشاط (1):

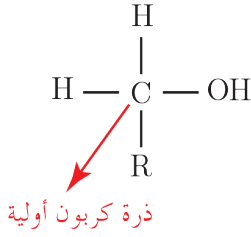
لديك الصيغ الكيميائية الآتية:



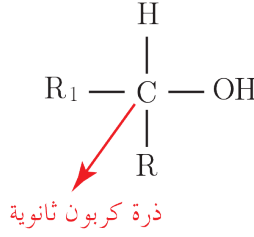
المطلوب:

1. حدّد نوع ذرة الكربون التي ترتبط بها زمرة الهيدروكسيل -OH، واذكر نمط تهجينها.
2. صنّف الأغوال حسب نوع ذرة الكربون التي ترتبط بها زمرة الهيدروكسيل إلى أغوال (أوليّة، ثانويّة، ثالثيّة).

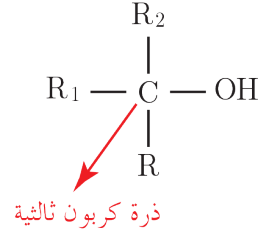
الحل:



غول أولي



غول ثانوي



غول ثالثي

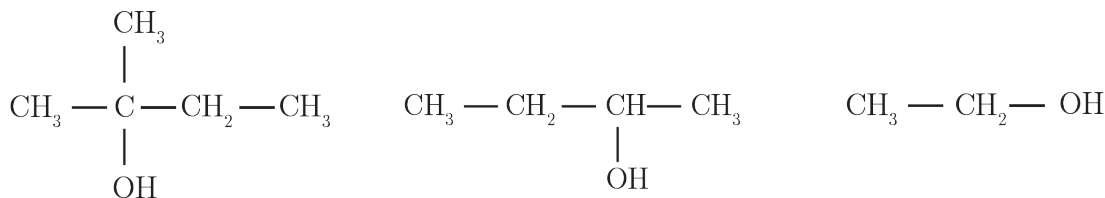
## نتيجة:

- تتميز الأغوال بوجود الزمرة الوظيفية -OH مرتبطة بذرة كربون نمط تهجينها  $sp^3$ .
- الصيغة العامة للأغوال  $\text{R} - \text{OH}$  أو  $\text{C}_n\text{H}_{(2n+1)}\text{OH}$ .
- تصنّف الأغوال إلى أغوال (أوليّة، ثانويّة، ثالثيّة):
  1. الأغوال الأوليّة: ترتبط زمرة الهيدروكسيل بذرة كربون أوليّة.
  2. الأغوال الثانويّة: ترتبط زمرة الهيدروكسيل بذرة كربون ثانويّة.
  3. الأغوال الثالثيّة: ترتبط زمرة الهيدروكسيل بذرة كربون ثالثيّة.



## نشاط (2):

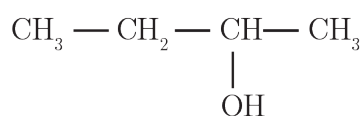
صنّف الأغوال الآتية إلى: أغوال (أولية، ثانوية، ثالثة).



## تسمية الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC :

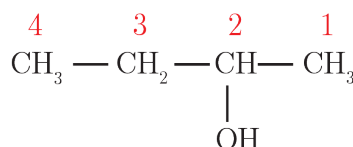
### نشاط (3):

أسمّي الغول الآتي وفق قواعد الاتحاد الدوليّ IUPAC :



### خطوات الحل:

1. أرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من الطرف الأقرب لذرة الكربون المرتبطة بالزمرة الوظيفية:



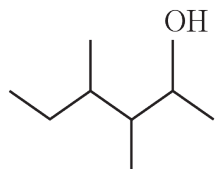
2. أسمّي الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثمّ أشير إلى موضع الزمرة الوظيفية برقم، مع إضافة اللاحقة (ول).  
البوتان - 2-ول

### نتيجة:

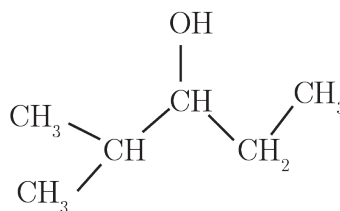
- تُكتب أسماء الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدوليّ IUPAC وفق ما يلي:
- تُرقم أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب إلى زمرة الهيدروكسيل.
- يُكتب اسم كلّ فرع (متبادل) - إن وُجد - مسبقاً برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثمّ تُكتب اللاحقة (ول) مسبقاً برقم ارتباطها بالسلسلة.

## تطبيق (1):

أكتب اسم كل من المركبين الآتيين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



4,3-ثنائي متيل هكسان - 2-ول



2- متيل بنتان - 3-ول

## نشاط (4):

اكتب الصيغة نصف المنشورة، والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:

2,2-ثنائي متيل البروبان - 1-ول

## إضاءة

التسمية الشائعة لبعض الأغوال.

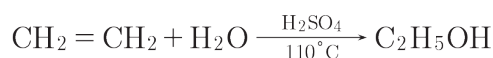
الاسم الشائع للغول	الصيغة الجزيئية
الغول المتيلي	CH <sub>3</sub> - OH
الغول الإيتيلي	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> - OH

## التحضير الصناعي لبعض الأغوال:

### 1. التحضير الصناعي للإيتانول:

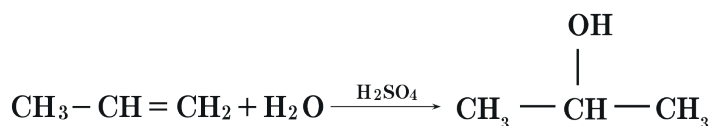
الإيتانول من أقدم المركبات العضوية التي تم اصطناعها، والذي يُحضّر بطرائق متعددة أهمها:

- ضمّ الماء إلى الإيتن وفق المعادلة الآتية:



### تطبيق (2):

أكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل ضمّ الماء إلى البروبين - 1 بوجود حمض الكبريت كحفّاز، ثمّ أسمّي المركب الناتج.



بروبان - 2-ول

حيث تمّ الضمّ وفق قاعدة ماركوفنيكوف.

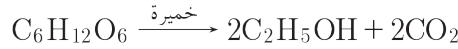
قاعدة ماركوفنيكوف: تنصّ على أنّه (عند الإضافة إلى ألكن، فإنّ الجزء الموجب يُضاف إلى ذرّة الكربون المتّصلة بأعلى عددٍ من ذرّات الهيدروجين، بينما يتّجه الجزء السّالب لذرّة الكربون المتّصلة بأقلّ عددٍ من ذرّات الهيدروجين).

### نشاط (5):

اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن تفاعل ضمّ الماء إلى البوتن - 1 بوجود حمض الكبريت كوسيط، ثمّ اكتب اسم المركّب الناتج.

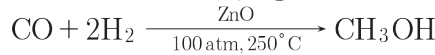
• تخمّر الكربوهيدرات:

تحوّل السّكريّات بعملية التخمّر الغولي عند الدّرجة  $37^{\circ}\text{C}$  تقريباً بوجود خميرة البيرة إلى إيتانول وفق المعادلة:



### ٢. التّحضير الصّناعيّ للميتانول:

يُحضّر الميتانول من تفاعل أحادي أكسيد الكربون مع الهيدروجين وفق المعادلة الآتية:



### الخصائص الفيزيائية للأغوال:

#### نشاط (6):

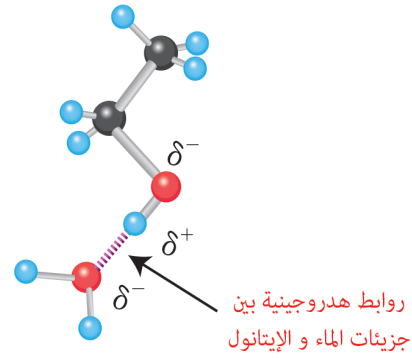
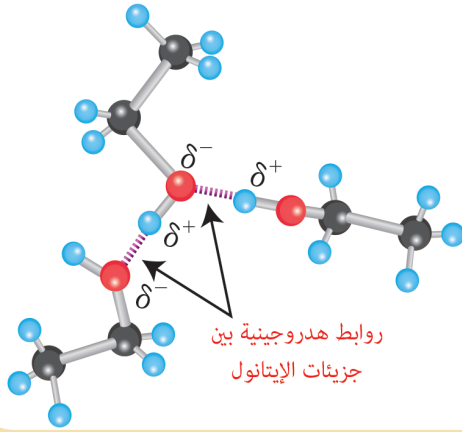
ألاحظ من جدول بعض الخصائص الفيزيائية للحدود الخمسة الأولى من الأغوال ذات السلاسل النّظاميّة:

الغول	الصيغة الجزيئية	درجة الغليان $^{\circ}\text{C}$	(الانحلال) مزوجية (ماء 100g) (g/100g)
الميتانول	$\text{CH}_3 - \text{OH}$	64.5	ينحل بكافة النسب
الإيتانول	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$	78.3	ينحل بكافة النسب
البروبانول	$\text{C}_3\text{H}_7 - \text{OH}$	97	ينحل بكافة النسب
البوتانول	$\text{C}_4\text{H}_9 - \text{OH}$	118	7.9
البتانول	$\text{C}_5\text{H}_{11} - \text{OH}$	138	2.3

أفسّر ما يأتي:

1. مزوجية (انحلال) الإيتانول في الماء بالنّسب كافّة.
2. تناقص مزوجية الأغوال في الماء بازدياد كتلتها الجزيئية.
3. درجة غليان الأغوال مرتفعة نسبياً مقارنة مع الألكانات الموافقة لها بعدد ذرّات الكربون.

- مزوجية الإيتانول في الماء بالنسب كافةً بسبب تشكُّل الرّوابط الهيدروجينيّة بين جزيئات الإيتانول وجزيئات الماء.
- تتناقص مزوجية الأغوال في الماء بازدياد كتلتها الجزيئيّة، بسبب نقصان تأثير الجزء القطبيّ OH، عند زيادة تأثير الجزء غير القطبيّ R.
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة لها بسبب قدرة الأغوال على تشكُّيل روابط هيدروجينيّة بين جزيئاتها، بينما لا تتشكل روابط هيدروجينية بين جزيئات الألكانات.



## إثراء:



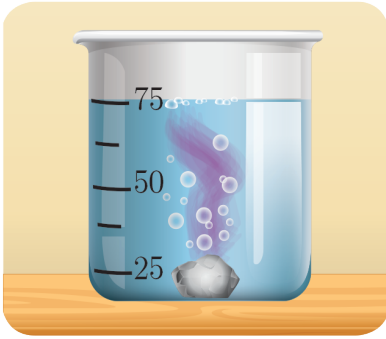
- يستخدم الإيتانول كمذيب لموادّ الطّلاء، الورنيش، العطور، المنكّهات، وفي عمليّات التّبلور.
- يدخل أيضاً في محاليل تعقيم الفم والأسنان، لِماله من قدرة على قتل الجراثيم.
- يمزج مع البنزين بنسبة 5% ليستخدم كوقود للسيارات، حيث يمكن إنتاج الإيتانول من إعادة تدوير الفضلات العضويّة، وبالتالي يقلل من استهلاك الموارد الطّبيعيّة.

## بعض الخاصّيات الكيميائيّة للأغوال:

### 1. تفاعل الغول مع المعادن:

#### تجربة (1):

الأدوات والموادّ اللازمة: بيشر - قطعة صغيرة من الصّوديوم - إيتانول - فينول فتالين.

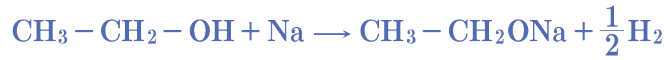


### خطوات التجربة:

- أضع في بيشر كمية مناسبة من الإيتانول، وقطرات من فينول فتالين.
- أضيف قطعة صغيرة من الصوديوم للإيتانول.
- ألاحظ انطلاق غاز، وظهور اللون البنفسجي.

أستنتج:

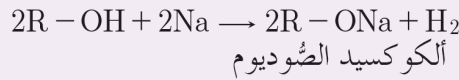
- يتفاعل الإيتانول مع الصوديوم، وينطلق غاز الهيدروجين وفق المعادلة الآتية:



- يدلّ ظهور اللون البنفسجي على تشكّل إيتوكسيد الصوديوم ذي الصفة الأساسية.

### نتيجة:

تتفاعل الأغوال مع المعادن النشيطة كيميائياً (الصوديوم، البوتاسيوم، ...) التي تستطيع إزاحة الهيدروجين في الرابطة O-H وفق المعادلة:

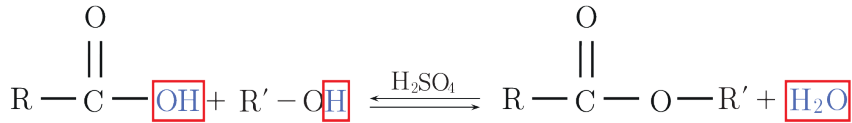


### نشاط (7):

اكتب معادلة تفاعل الإيتانول مع البوتاسيوم وسمّ المركب العضوي الناتج.

### ٢. تفاعل الأسترة:

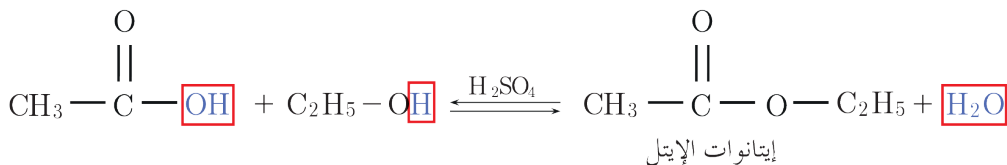
تتفاعل الأغوال مع الحموض الكربوكسيلية في وسط حمضي، وينتج أستروماء وفق المعادلة الآتية:



### تطبيق (3):

اكتب معادلة تفاعل حمض الخل مع الإيتانول، وأسمّي المركب العضوي الناتج.

الحل:



## نشاط (8):

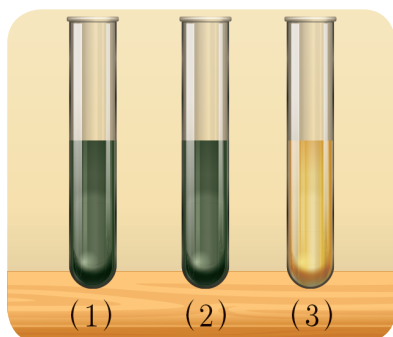
يتفاعل حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة مع غول أولي وينتج الماء وميتانوات الإثيل. حدّد صيغة كلٍّ من الحمض والغول المتفاعلين، واكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل.

### ٣. تفاعل الأكسدة:

#### تجربة (2):

الموادّ والأدوات اللازمة: أنابيب اختبار عدد (3) - محلول ثنائي 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 ثانوياً (بروبان -2-ول)، أما في الأنبوب الثالث أضع غولاً ثالثاً (2-متيل بروبان -2-ول).
- أضيف محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم للأنابيب الثلاثة، ماذا ألاحظ؟

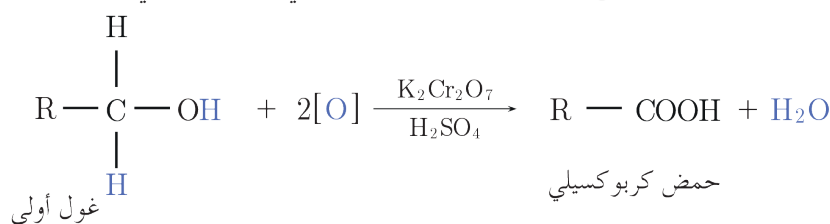
#### ألاحظ:

- تغيّر لون الكرومات في أنبوبي الاختبار الأول والثاني، في حين لا يتغيّر اللون في الأنبوب الثالث.

أستنتج: تتأكسد الأغوال الأولية والثانوية، ولا تتأكسد الأغوال الثالثية في الشروط ذاتها.

#### • الأكسدة التامة للأغوال:

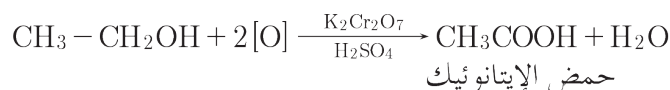
- تتأكسد الأغوال الأولية بوجود عوامل مؤكسدة قوية أكسدة تامة في وسط حمضي وفق المعادلة الآتية:



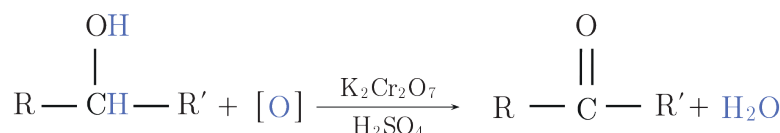
#### تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل الأكسدة التامة للإيتانول في شروط مناسبة، وأسمّي المركّب العضوي الناتج.

#### الحل:



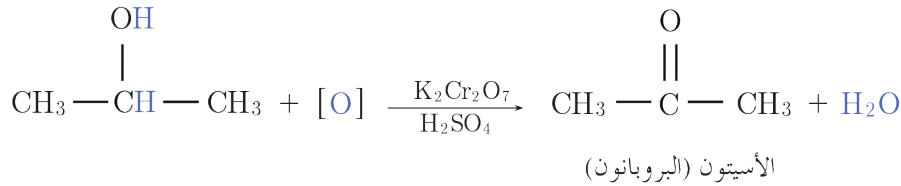
- تتأكسد الأغوال الثانوية بوجود عوامل مؤكسدة قوية متحوّلة إلى كيتونات، وفق المعادلة الآتية:



الأغوال الثالثية تقاوم الأكسدة في الشُّروط اللطيفة، وتحتاج شروط قاسية لتتأكسد، فتتحطَّم السلسلة، وتعطي مزيج من الكيتونات والحموض الكربوكسيلية.

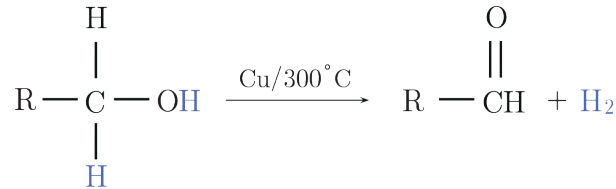
### نشاط (9):

اكتب تفاعل أكسدة البروبان - 2- ول وأكتب اسم المركب العضوي الناتج.



• الأوكسدة الوسائطيّة (نزع الهيدروجين):

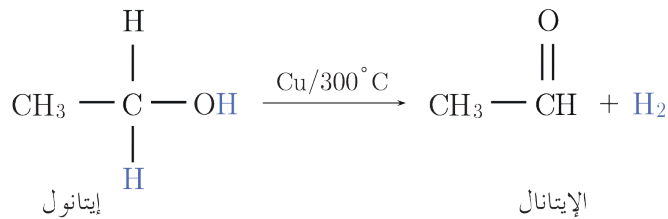
• يتأكسد الغول الأوّلي إلى الألدheid الموافق بإمرار أبخرته على مسحوق النحاس المسخّن للدرجة  $300^\circ\text{C}$  وفق المعادلة الآتية:



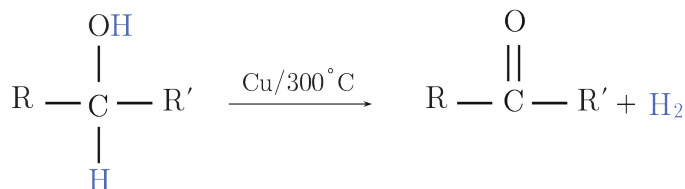
### تطبيق (5):

أسمّي الغول الذي يُعطى الإيتانال عند نزع الهيدروجين منه، بشروط مناسبة، ثم اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

**الحل:**



• يتأكسد الغول الثانوي إلى الكيتون الموافق بإمرار أبخرته على مسحوق النحاس المسخّن للدرجة  $300^\circ\text{C}$  وفق المعادلة الآتية:





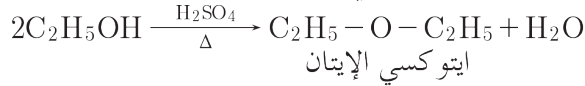


## • البلمهة ما بين الجزيئية:

عملية نزع جزيئة ماء من جزيئتي غول بوجود حمض الكبريت عند درجة حرارة مناسبة، وينتج الإيتر الموافق.

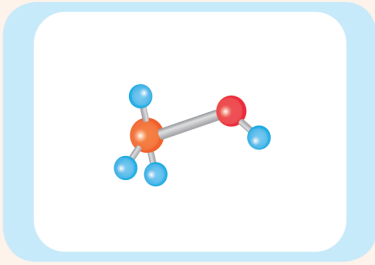
تطبيق (7):

أكتب معادلة البلمهة ما بين الجزيئية للإيتانول، وأسمي المركب العضوي الناتج.



## ☆ إثراء:

### الميتانول (روح الخشب):



- غول سام لأنه يتأكسد في الكبد متحوّلاً إلى الميتانول الذي يتفاعل مع الأنزيمات، ويفقد لها وظائفها الحيويّة ممّا يسبّب العمى.
- يستخدم في صناعة اللدائن المستخدمة في المنتجات الجلديّة، وفي المستحضرات الطيّبة.
- يستخدم في رشّ الأسطح الخارجيّة للطائرات لإزالة الجليد عنها حيث تنخفض درجة تجمّد المحلول، وينصهر الجليد عند ذوبان الميتانول فيه.

## تعلمت

- الأغوال مركّبات عضويّة تحتوي على الزمرة الهدروكسيلية.
- صيغة الأغوال العامّة  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$  أو  $\text{R}-\text{OH}$ .
- تصنّف الأغوال حسب نوع ذرّة الكربون التي ترتبط بها زمرة الهدروكسيل إلى أغوال أوليّة، أغوال ثانويّة، أغوال ثالثيّة.
- تسمّي الأغوال حسب قواعد الاتحاد الدوليّ IUPAC وفق ما يلي:
  1. تُرقّم أطول سلسلة كربونيّة من الطّرف الأقرب إلى زمرة الهدروكسيل.
  2. يُكتب اسم كلّ فرع (مُتبادل) - إن وُجد - مسبقاً برقم ذرّة الكربون المرتبط بها.
  3. يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة، ثمّ تكتبُ اللاّحقة (ول) مسبوقة برقم ارتباطها بالسلسلة.
- الأغوال في حدودها الأولى سوائيل مُزوّجّة بالماء، تتحوّل إلى سوائيل زيتيّة القوام، ثمّ إلى موادّ صلبة قليلة المزوّجّة بالماء كلما زادت الكتلة الجزيئيّة للمركّب.

- تزداد درجة غليان الأغوال بازدياد كتلتها الجزيئية.
- تتصف الأغوال بصفة حمضية تظهر من خلال تفاعلها مع الأسس القوية، والمعادن النشيطة كيميائياً.
- تتفاعل الأغوال مع الحموض الكربوكسيلية لتعطي أستر وماء بوجود حفاز.
- البلمهة عند الأغوال إما داخلية لإعطاء ألكن أو بين الجزيئية لإعطاء إتر.
- تتأكسد الأغوال الأولية أكسدة تامة معطية حموض كربوكسيلية أمّا الأغوال الثانوية فتعطي عند أكسدها كيتونات في حين الأغوال الثالثية لا تستجيب لتفاعلات الأكسدة.
- يحضر الإيتانول بعدة طرائق صناعياً منها (ضم الإتن للماء بوجود حمض الكبريت والدرجة  $110^{\circ}\text{C}$ ، أو تخمر الكربوهدرات).

## أختبر نفسي



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. غول وحيد الوظيفة النسبة الكتلية للأكسجين فيه  $\frac{8}{37}$  فتكون كتلته المولية:
 

a. 32	b. 44	c. 74	d. 60
-------	-------	-------	-------
2. مركب عضوي ذو الصيغة  $\text{R}' - \text{CHOH} - \text{R}$  يدل على:
 

a. الدهيد	b. غول أولي	c. غول ثالثي	d. غول ثانوي
-----------	-------------	--------------	--------------
3. غول وحيد الوظيفة النسبة الكتلية للأكسجين فيه 50% هو:
 

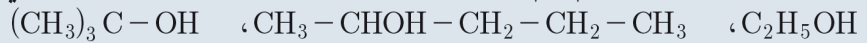
a. ميتانول	b. إيتانول	c. بوتان-1-ول	d. بروبان-1-ول
------------	------------	---------------	----------------
4. أكسدة الأغوال الثانوية تعطي:
 

a. الدهيدات	b. حموض كربوكسيلية	c. كيتونات	d. إترات
-------------	--------------------	------------	----------

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 سمّ كلاً من المركبات الآتية وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



رابعاً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. تتفاعل الأغوال مع المعادن النشيطة.
  2. الهكسان-1-ول أقلّ 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 لكلّ غول.
  2. صنّف الأغوال السابقة إلى: أولية - ثانوية - ثالثة.

3. إثنان من الأغوال السّابقة متصاوغان مع بعضهما حدّدهما، واذكر نوع التّصاوغ.  
سادساً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. يحضّر البروبان -2- ول صناعياً من تفاعل ضمّ الماء إلى البروبين في الدّرجة  $60^\circ\text{C}$  وضغط مناسب وبحضور وسائط حمضية. اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل.
2. يتأكسد البروبان -1- ول أكسدة تامة إلى حمض البروبانويك، اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل.
3. اكتب معادلة تفاعل البلمهة الدّاخلية للبتان -2- ول في شروط مناسبة وسمّ المركّب العضويّ الناتج.
4. اكتب معادلة البلمهة ما بين الجزئيّة للميتانول، وسمّ المركّب الناتج.

سابعاً: حلّ المسائل الآتية:

#### المسألة الأولى:

غول ثانويّ يحتوي على 26.66% من الأكسجين. المطلوب:

1. احسب الكتلة الجزئيّة للغول.
2. اكتب الصّيغة المجرّلة والصّيغة نصف المنشورة للغول.
3. اكتب اسم الغول حسب IUPAC.  
(C:12, O:16, H:1)

#### المسألة الثّانية:

مركّب غولي كتلته الموليّة  $74 \text{ g.mol}^{-1}$  يمكن الحصول عليه من ضمّ الماء إلى ألكن نظامي. ما الصّيغة نصف المنشورة لهذا المركّب؟ ما هو الألكن المستعمل في التّفاعل.  
(C:12, O:16, H:1)

#### المسألة الثّالثة:

- يتفاعل غول وحيد الوظيفة مع الصّوديوم فينتج ملح كتلته  $\frac{34}{23}$  من كتلة الغول. المطلوب:
1. اكتب المعادلة المعبّرة عن التّفاعل الحاصل.
  2. احسب الكتلة الموليّة للغول.
  3. استنتج الصّيغة المجرّلة للغول، ثمّ الصّيغة نصف المنشورة، وسمّه حسب IUPAC.  
(C:12, O:16, H:1, Na:23)

#### تفكير ناقد

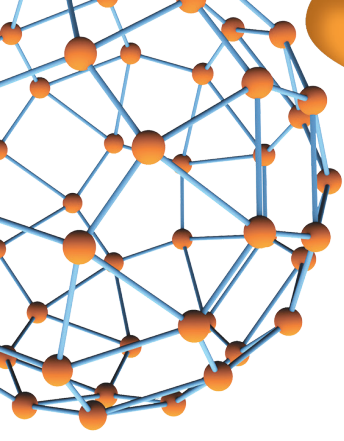
الميتانول أكثر حموضة من الأغوال الثّانويّة والثّالثيّة. فسّر ذلك.

#### أبحث أكثر

الإيتانول من المركّبات العضويّة الهامّة في عديد من الصّناعات، ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشّابكة عن ذلك.

# الألدهيدات والكي-tonات

5-2



تحفظ في المخابر العلميّة بعض الكائنات الحيّة بعد موتها، أو أنسجتها في محلول مائيّ للفورم ألدهيد (الفورمالين)، حيث يمنع تحللها وإفسادها.

## الأهداف:



- \* يتعرّف الوظيفة الألدهيدية.
- \* يتعرّف الوظيفة الكيتونية.
- \* يسمّي الألدهيدات حسب قواعد الاتّحاد الدوليّ للكيمياء IUPAC.
- \* يسمّي الكيتونات حسب قواعد الاتّحاد الدوليّ للكيمياء IUPAC.
- \* يتعرّف أهمّ طرائق التّحضير الصّناعي لبعض الألدهيدات.
- \* يتعرّف أهمّ طرائق التّحضير الصّناعي لبعض الكيتونات.
- \* يتعرّف بعض الخاصّيّات الفيزيائيّة للألدهيدات.
- \* يتعرّف بعض الخاصّيّات الفيزيائيّة للكيتونات.
- \* يتعرّف بعض الخاصّيّات الكيميائيّة للألدهيدات.
- \* يتعرّف بعض الخاصّيّات الكيميائيّة للكيتونات.

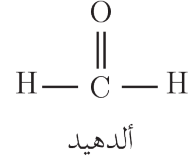
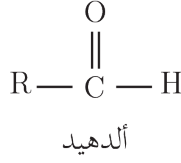
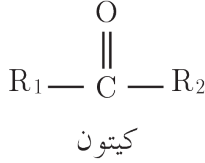
## الكلمات المفتاحية:



- \* الألدهيدات
- \* الكيتونات
- \* زمرة الكربونيل

## الزّمرة الوظيفيّة - الصّيغة العامّة للألدهيدات والكيّونات : نشاط (1):

- الاحظ الصّيغ الكيميائيّة الآتية:



- أحدّد الزّمرة المشتركة في الصّيغ.

- أميّز بين الألدهيد والكيّون من حيث الزّمرة الوظيفيّة.

### نتيجة:

• تشترك الألدهيدات والكيّونات بزّمة الكربونيل.  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$

• تميّز الألدهيدات بوجود الزّمرة  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$  مرتبطة بجذر ألكيلي أو هيدروجين.

• تميّز الكيّونات بوجود الزّمرة الوظيفيّة  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \end{array}$  مرتبطة بجذرين ألكيلين.

• الصّيغة العامّة للألدهيدات  $\text{R}-\text{CHO}$  أو  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ .

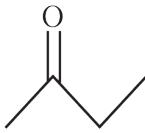
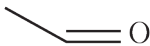
• الصّيغة العامّة للكيّونات  $\text{R}_1-\text{CO}-\text{R}_2$  أو  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{R}_2 \end{array}$ .

### إضاءة

يعتبر الكيّون متناظر عندما  $\text{R}_1 = \text{R}_2$

## نشاط (2):

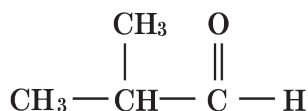
صنّف المركّبات الآتية إلى (ألدهيدات، كيّونات).



## تسمية الألكينات والليثونات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC : أولاً: تسمية الألكينات:

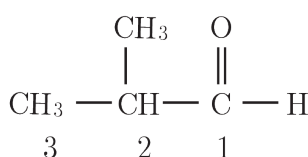
نشاط (3):

أسمي الألكين الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



خطوات الحل:

1. أرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الوظيفية:



2. أسمى الفرع المرتبطة بالسلسلة مسبقة برقم ذرة الكربون المرتبط بها.

3. أكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية وأضيف اللاحقة آل (al).  
2-ميتيل بروبانال

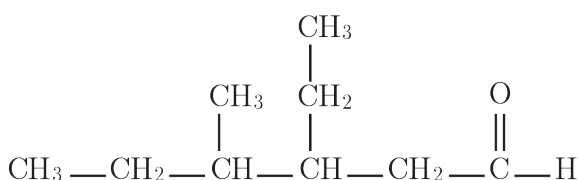
نتيجة:

تُكتب أسماء الألكينات حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يلي:

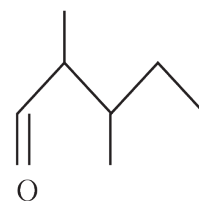
- تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الوظيفية.
- يُكتب اسم كل فرع (مُبتادل) إن وُجد مسبق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية مضافاً له اللاحقة (آل).

تطبيق (1):

أكتب اسم المركبين الآتين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



3-إيتل 4-ميتيل الهكسانال

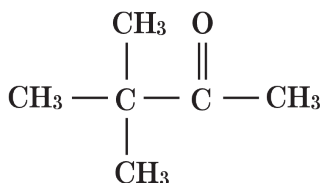


2,3-ثنائي ميتيل البنتانال

## ثانياً: تسمية الكيتونات:

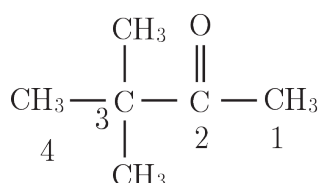
نشاط (4):

أسمي الكيتون الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



خطوات الحل:

1. أرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من الطرف الأقرب لذرة كربون زمرة الكربونيل:



2. أسمى الفروع المرتبطة بالسلسلة مسبقة 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 ميثيل بوتان - 2-ون

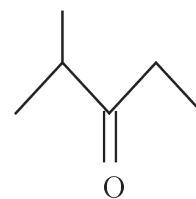
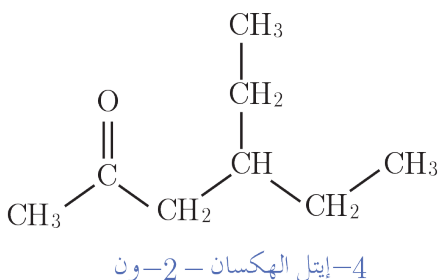
## نتيجة:

تُكتب أسماء الكيتونات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء IUPAC وفق الآتي:

- تُرقم أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب لذرة كربون زمرة الكربونيل.
- يُكتب اسم كل فرع (متبادل) إن وُجد مسبق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تكتب اللاحقة (ون) مسبقة برقم ارتباطها بالسلسلة.

تطبيق (2):

أكتب اسم المركبين الآتيين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



## نشاط (5):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:  
4,2-ثنائي متيل بنتان -3-ون



### إضاءة

التسمية الشائعة: تطلق على بعض المركبات الصناعية من الألدهيدات والكيونات تسمية شائعة:

الصيغة الجزيئية	الاسم الشائع للألدهيد أو الكيتون
HCHO	فورم ألدهيد
CH <sub>3</sub> - CHO	أسيت ألدهيد
CH <sub>3</sub> - CO - CH <sub>3</sub>	أسيون

## التحضير الصناعي لبعض الألدهيدات:

تحضر الألدهيدات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الأولية على مسحوق النحاس عند الدرجة 300°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°C.

## نشاط (7):

أكتب المعادلة المعبرة عن إرجاع الحمض الكربوكسيلي بالهدروجين بوجود البلاديوم كوسيط.

## التحضير الصناعي لبعض الكيونات:

يتم تحضير الكيونات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الثانوية على مسحوق النحاس عند الدرجة 300°C لنحصل على الكيونات الموافقة.

## نشاط (8):

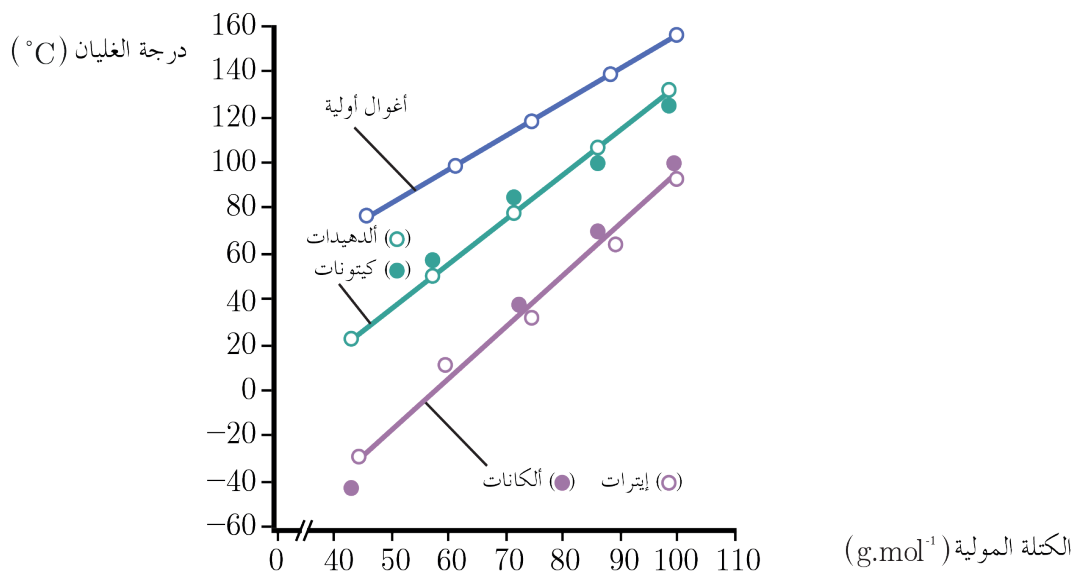
غول ثانوي يُعطي عند إمرار بخاره على مسحوق النحاس المسخن للدرجة 300°C البوتان -2-ون أكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.



## الخاصيات الفيزيائية للألدهيدات والكيوتونات :

نشاط (9):

ألاحظ المخطط الآتي الذي يبين درجات غليان مجموعة من المركبات العضوية بدلالة الكتلة المولية وأجيب عن الأسئلة الآتية:



- كيف تتغير درجة غليان الألدهيدات ودرجة غليان الكيتونات بحسب كتلتها المولية.
- أقرن بين درجة غليان الألدهيدات والأغوال الموافقة لها مع التفسير.
- أقرن بين درجة غليان الألدهيدات والألكانات الموافقة مع التفسير.
- أقرن بين درجة غليان الكيتونات والإثيرات الموافقة مع التفسير.

أستنتج:

- تزداد درجة غليان الألدريد بازدياد كتلته المولية.
- تزداد درجة غليان الكيتون بازدياد كتلته المولية.
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألدهيدات والكيوتونات الموافقة لها، لأنّ جزيئات الأغوال تشكّل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها، بينما لا تشكّل الألدهيدات والكيوتونات روابط هيدروجينية.
- درجة غليان الألدهيدات والكيوتونات أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة، لأنّ قطبية روابط الألدهيدات والكيوتونات أعلى من قطبية روابط الألكانات.
- درجة غليان الألدهيدات والكيوتونات أعلى من الإثيرات الموافقة، لأنّ قطبية الرابطة  $C=O$  في الألدهيدات والكيوتونات أقوى من قطبية الرابطة  $C-O-C$  في الإثيرات.

## نشاط (10):

ألاحظ من الجدول الآتي الذي يمثل مزوجية (انحلالية) بعض الألدهيدات والكيونات ذات السلاسل النظامية وأفسر:

1. مزوجية الألدهيدات والكيونات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة بالنسب كافة في الماء.
2. تناقص مزوجية الألدهيدات والكيونات بزيادة كتلها المولية.

المركب	الصيغة الجزيئية	المزوجة الكتلية في 100 mL من الماء
الإيتانال	$\text{CH}_3 - \text{CHO}$	مزوج بكافة النسب
البروبانال	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CHO}$	16
البوتانال	$\text{C}_3\text{H}_7 - \text{CHO}$	7
البتانال	$\text{C}_4\text{H}_9 - \text{CHO}$	قابلية قليلة جداً
بروبانون	$\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$	مزوج بكافة النسب
بوتان-2-ون	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CO} - \text{CH}_3$	26
بتان-3-ون	$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{CO} - \text{C}_2\text{H}_5$	5

- تمازج الألدهيدات والكيونات ذات الكتل المولية المنخفضة في الماء، بسبب الصفة القطبية لزمرة الكربونيل.
- يقل مزوجية الألدهيدات والكيونات تدريجياً مع ازدياد كتلها الجزيئية، بسبب نقصان تأثير الجزء القطبي عند زيادة تأثير الجزء غير القطبي R.

## بعض الخاصيات اليميائية للألدهيدات والكيونات:

### أولاً: الأكسدة:

- التفاعل مع محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم في وسط حمضي:

#### تجربة (1):

المواد والأدوات اللازمة: محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم، ألدهيد (إيتانال)، كيتون (بروبانون)، أنبوبي اختبار - محلول حمض الكبريت.

#### خطوات التجربة:

- أضع في الأنبوب الأول 5 mL من الإيتانال وفي الأنبوب الثاني 5 mL من البروبانون وأضيف إلى كل منهما قطرات من محلول حمض الكبريت. أضيف محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم إلى كل من الأنبوبين السابقين، ماذا ألاحظ؟
- أكتب معادلة التفاعل الحاصل.

أستنتج:

- يتأكسد الإيتانال بمحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم في وسط حمضي، وتُرجع أيونات ثنائي الكرومات ذات اللون البرتقالي إلى أيونات الكروم  $Cr^{3+}$  ذات اللون الأخضر وفق المعادلة الآتية:



- لا يتفاعل البروبانول مع ثنائي كرومات البوتاسيوم.

إضاءة



يستخدم هذا التفاعل للكشف عن الألدهيدات والتميز بينها وبين الكيتونات.

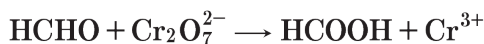
نتيجة:



تتأكسد الألدهيدات بسهولة إلى حموض كربوكسيلية بسبب وجود ذرة هيدروجين مرتبطة بذرة الكربون الزمرة الكربونيلية. بينما تقاوم الكيتونات الأكسدة بسبب عدم وجود ذرة هيدروجين مرتبطة بذرة كربون الزمرة الكربونيلية.

نشاط (11):

وازن معادلة الأكسدة والإرجاع الآتية في وسط حمضي، ثم حدّد كلاً من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الإرجاع:



- التفاعل مع كاشف تولين:

تجربة (2):

المواد والأدوات اللازمة: هيدروكسيد الفضة النشادري (كاشف تولين)، ألدheid (ميتانال أو إيتانال)، أنبوب اختبار.

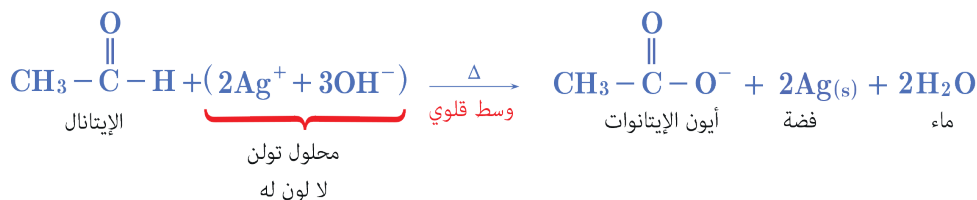
خطوات التجربة:

- أضع 5 mL من الإيتانال في أنبوب اختبار وأضيف إليه 1 mL من محلول هيدروكسيد الفضة النشادري (كاشف تولين)
- أسخن الأنبوب في حمام مائي ساخن لمدة 5 دقائق، فألاحظ ترسب طبقة من الفضة على جدران الأنبوب.



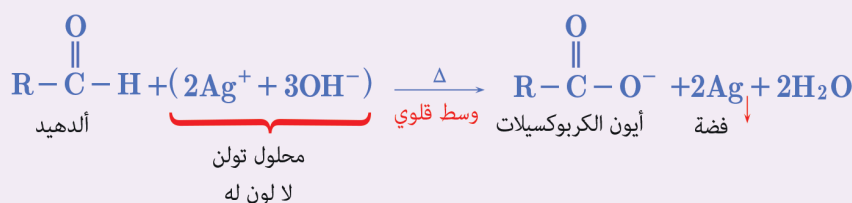
أستنتج:

يُرجع الإيتانال أيونات الفضة إلى الفضة التي تترسب على جدران الأنبوب مشكلة مرآة فضيَّة، وتؤكسد أيونات الفضة الإيتانال إلى حمض الإيتانويك الذي يتحوَّل إلى أيونات الإيتانوات في وسطٍ أساسيٍّ وفق المعادلة:



نتيجة:

تتفاعل الألكدهيدات مع كاشف تولن وفق المعادلة:



إثراء:

تحضير كاشف تولن

يتمَّ تحضير كاشف تولن  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  عبر مزج 1 mL من نترات الفضة و 1 mL من هيدروكسيد البوتاسيوم 10%، فيتشكَّل راسب  $\text{AgOH}$ ، ثمَّ يُضاف هيدروكسيد الأمونيوم حتَّى يذوب الراسب المتشكَّل.

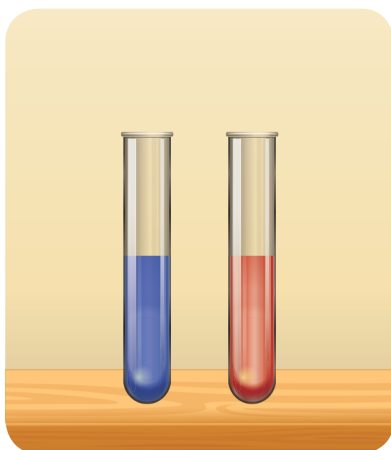
• التفاعل مع كاشف فهلنغ:

تجربة (3):

المواد والأدوات اللازمة: مزيج لكبريتات النحاس وطرطرات الصوديوم والبوتاسيوم (كاشف فهلنغ)، ألكدهيد (ميتانال أو إيتانال)، أنبوب اختبار.

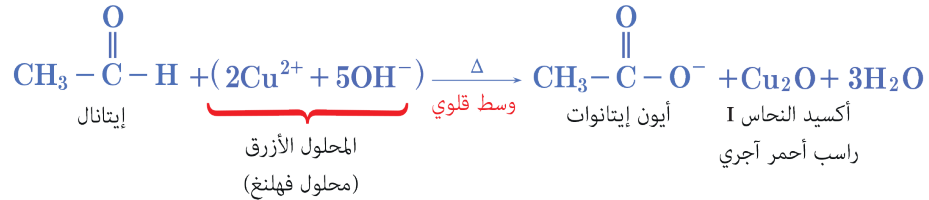
خطوات التجربة:

- أضع في أنبوب اختبار 2 mL من محلول فهلنغ.
- أضيف إليه 1 mL من الإيتانال.
- أمزج محتوى الأنبوب في حمام مائي ساخن.
- ألاحظ تشكَّل راسب أحمر أجري.



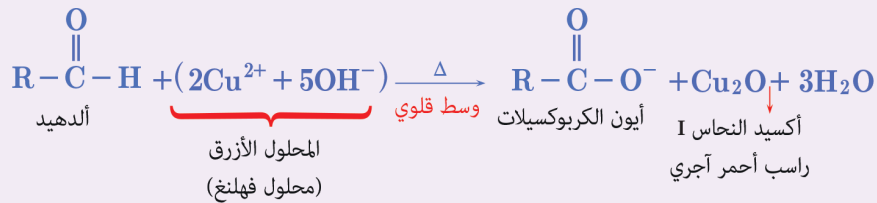
أستنتج:

يُرجع الإيتانال أيونات النحاس II إلى أيونات النحاس I الذي يترسب على شكل أكسيد النحاس الأحادي، وتؤكسد أيونات النحاس II الإيتانال إلى حمض الإيتانويك الذي يتحوّل إلى أيونات الإيتانوات في وسط أساسي وفق المعادلة:



نتيجة:

تتفاعل الألدهيدات مع كاشف فهلنغ وفق المعادلة:



نشاط (12):

أكتب معادلة تفاعل الميتانال مع كاشف فهلنغ، ثمّ أحدّد كلاً من نصفي تفاعل الأكسدة وتفاعل الإرجاع، والعامل المؤكسد والعامل المُرجع.

إثراء:

كاشف فهلنغ

يُستعمل في الكشف عن الألدهيدات وتحديد كمّيّتها، يتكوّن من مزيج لكبريتات النحاس وطرطرات الصّوديوم والبيوتاسيوم في محلّول أساسي.

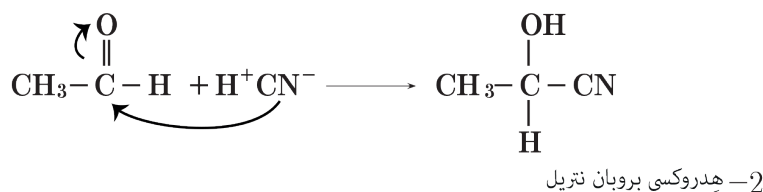
ثانياً: تفاعلات الإضافة:

تحتوي زمرة الكربونيل  $\text{C}=\text{O}$  على الرّابطين  $\pi, \sigma$  حيث يحدث تفاعل الإضافة على الرّابطة الأضعف  $\pi$ .

• إضافة سيانيد الهيدروجين:

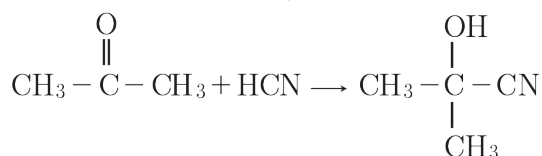
تطبيق (3):

أكتب المعادلة المعبرة عن تفاعل ضمّ سيانيد الهيدروجين إلى الإيتانال، وأسمّي المركّب العضوي الناتج.



تطبيق (4):

أكتب تفاعل إضافة سيانيد الهيدروجين للبروبانون، وأسمّي المركب العضوي الناتج.



2- هيدروكسي 2-مethyl بروبان نتريل

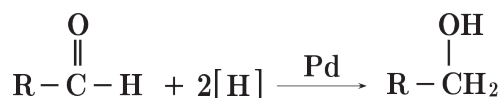
ثالثاً: تفاعلات الإرجاع

• الإرجاع بواسطة هيدريد الليثيوم والألمنيوم

يمكن إرجاع الألدهيدات والكي-tonات إلى الأغوال الموافقة باستخدام المرجعات مثل: رباعي هيدريد الليثيوم والألمنيوم أو الهيدروجين بوجود البالاديوم كحفّاز.

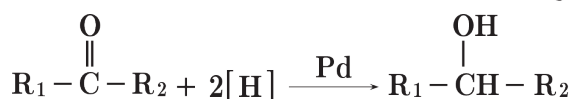
تطبيق (5):

أكتب المعادلة المعبرة عن إرجاع الألدهيد بالهيدروجين بوجود البالاديوم كحفّاز.



تطبيق (6):

أكتب المعادلة المعبرة عن إرجاع الكيتون بالهيدروجين بوجود البالاديوم كحفّاز.



### نشاط (13):

يُرجع الكيتون بالهدروجين بوجود البالاديوم كحفّاز فينّج البوتان - 2-ول. المطلوب:

1. أكتب صيغة هذا الكيتون.

2. أكتب معادلة التفاعل الحاصل.

### 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 الهيدروجين المجاورة للزمرة الوظيفية وفق التفاعل الآتي:



### إضاءة



يتغيّر لون محلول اليود حسب المذيب فهو بني اللون في الإيثانول وبنفسجي اللون في رباعي كلور الكربون

### نشاط (14):

أكتب معادلة تفاعل البروم مع الأستون (بروبانون) ، وأسمي المركب العضوي الناتج.

## تعلمت

- تشترك الألدهيدات والكي-tonات بزمرة الكربونيل  $\text{-C(=O)-}$ .
- تحضّر الألدهيدات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الأوّلية على مسحوق النحاس عند الدّرجة  $300^\circ\text{C}$  لنحصل على الألدهيدات الموافقة أو من إرجاع الحموض الكربو كسيّية بالهدروجين بوجود البلاديوم Pd.
- تحضّر الكي-tonات صناعياً من خلال إمرار أبخرة الأغوال الثّانوية على مسحوق النحاس عند الدّرجة  $300^\circ\text{C}$ .
- درجة غليان الأغوال أعلى من درجة غليان الألدهيدات والكي-tonات الموافقة.
- درجة غليان الألدهيدات والكي-tonات أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة.
- درجة غليان الألدهيدات والكي-tonات أعلى من الإيترات الموافقة.
- تتأكسد الألدهيدات بسهولة إلى حموض كربو كسيّية.
- تضمّ الألدهيدات والكي-tonات سيانيد الهدروجين.
- تُرجع الألدهيدات إلى أغوال أوّلية.
- تُرجع الكي-tonات إلى أغوال ثانوية.
- تتفاعل الألدهيدات والكي-tonات مع الهالوجينات.

## أختبر نفسي

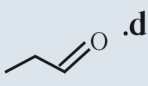
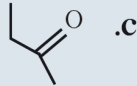
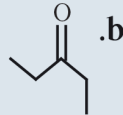
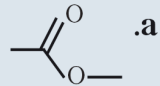


أولاً: اختر الإجابة الصّحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. تشترك الألدهيدات والكي-tonات بوجود زمرة:

a. الكربونيل b. الفورميل

2. إحدى الصّيغ الآتية تمثّل كي-tonاً متناظراً:



3. يُرجع البروبانول بالهدروجين، بوجود البلاديوم كوسيط وينتج:

a. بروبانال b. حمض البروبانويك c. بروبان-2-ول d. بروبان-1-ول

4. المركّب الذي يتفاعل مع كاشف فهلنغ من بين المركّبات الآتية هو:

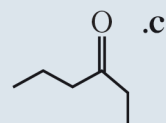
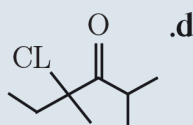
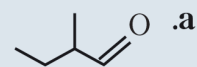
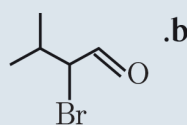
a. بروبان-2-ون b. ميتانوات الإيثيل c. حمض الإيتانويك d. إيتانال



ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلِّ ممَّا يأتي:

1. درجات غليان الألدهيدات أقلّ من درجات غليان الأغوال الموافقة.
2. تقلّ مُزوجة الكيتونات في الماء بزيادة كتلتها الجزيئية.
3. تتأكسد الألدهيدات بسهولة بينما تقاوم الكيتونات الأكسدة في الشروط ذاتها.

ثالثاً: اكتب الصيغة النصف منشورة للمركبات الآتية، ثمّ سمّها وفق قواعد IUPAC.



رابعاً: اكتب الصيغة الهيكلية للمركبات الآتية:

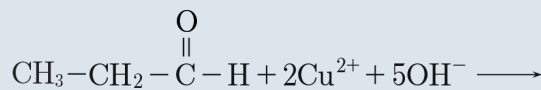
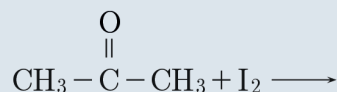
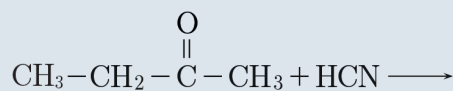
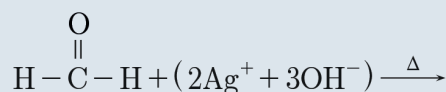
b. 3,3-ثنائي متيل بوتانال

a. 3-متيل هكسان-2-ون

d. 3-متيل بنتان-2-ون

c. 2-كلورو بروبانال

خامساً: أكمل المعادلات الآتية:



سادساً: وازن معادلة الأكسدة والإرجاع الآتية في وسط حمضيّ، وكتب نصف تفاعل الأكسدة، وتفاعل الإرجاع، ثمّ حدد العامل المؤكسد، والعامل المُرجع:



سابعاً: حلّ المسألتين الآتيتين:

المسألة الأولى:

كيتون متناظر النسبة المئوية الكتلية للأكسجين فيه 18.6%، المطلوب:

1. احسب الكتلة المولية لهذا الكيتون.

2. استنتج صيغته النصف منشورة، وكتب اسمه.

(C:12 , O:16 , H:1)

### المسألة الثانية:

يمرّر بخار غول أولي على مسحوق النحاس المسخن إلى الدرجة  $300^{\circ}\text{C}$ ، فيتشكّل  $2.2\text{ g}$  من ألدهيد، ثمّ يعامل هذا الألدهيد مع كمّيّة كافية من محلول تولن، فيتشكّل راسب كتلته  $10.8\text{ g}$ . المطلوب:

1. اكتب المعادلتين المعبّرتين عن التفاعلين الحاصلين.
2. احسب الكتلة الموليّة لكلّ من الألدهيد والغول.
3. استنتج الصيغة النّصف منشورة لكلّ من الألدهيد والغول، واكتب اسم كلّ منهما.

(C:12 , O:16 , H:1 , Ag:108)

### تفكير ناقذ

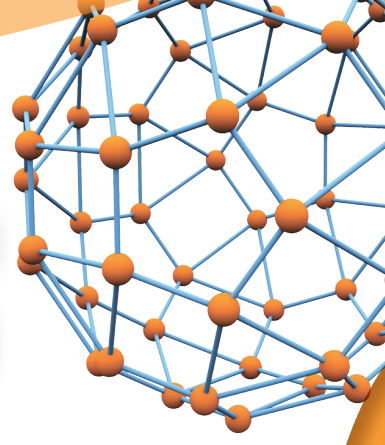
وضح كيف تميّز بين الألدهيد والكيّتون بتجربة مناسبة.

### أبحث أكثر

للميتانال استخدامات عديدة في الصناعة، ابحث في ذلك مستعيناً بمكتبة مدرستك أو في الشبكة.

# 5-3

## الحموض العضوية (الكربوكسيلية)



### الأهداف:

- \* يصنّف الحموض الكربوكسيلية.
- \* يسمّى الحموض الكربوكسيلية وفق نمط الاتحاد الدوليّ (IUPAC).
- \* يتعرّف بعض الخاصّيات الفيزيائية للحموض الكربوكسيلية.
- \* يتعرّف بعض الخاصّيات الكيميائيّة للحموض الكربوكسيلية.
- \* يستنتج تجريباً قوّة الحموض الكربوكسيلية.
- \* يتعرّف بعض طرائق استحصال حمض الايتانويك.

### الكلمات المفتاحية:

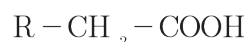
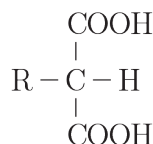
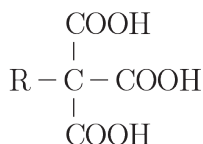
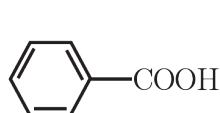
- \* الحموض الكربوكسيلية
- \* زمرة الكربوكسيل

تعدّ نبتة الصّفصاف من النباتات الطّبيّة التي عُرفت منذ القديم كمادّة مسكّنة للألم وخافضة للحرارة، يعود ذلك لاحتوائها على حمض الساليسيلك، وهو من الحموض الكربوكسيلية الأروماتية والذي يوجد أيضاً في نسغ نبات التين.

## تصنيف الحموض الكربوكسيلية:

### نشاط (1)

ألاحظ الصيغ الكيميائية الآتية:



- أصنّف الحموض الكربوكسيلية حسب عدد الزمر الوظيفية.
- أصنّف الحموض الكربوكسيلية حسب نوع الجذر الذي ترتبط فيه الزمرة الوظيفية.
- أحدّد نمط تهجين ذرة الكربون المرتبطة بالزمرة الوظيفية.

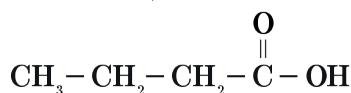
أستنتج:

	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{R} - \text{C} - \text{COOH} \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{R} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{COOH} \end{array}$	$\text{R} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
أحادي الوظيفة	ثلاثي الوظيفة	ثنائي الوظيفة	أحادي الوظيفة
حمض أربيلي (عطري)	حمض إيفاتي	حمض إيفاتي	حمض أليفاتي
$sp^2$	$sp^3$	$sp^3$	$sp^3$

## تسمية الحموض الكربوكسيلية بحسب الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC:

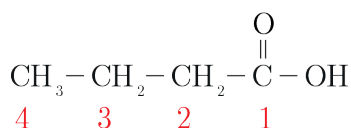
### نشاط (2):

أسمّي الحمض الكربوكسيلي الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



خطوات الحل:

1. أرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الكربوكسيلية:



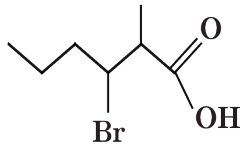
2. أسمّي الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية مسبقاً بكلمة حمض، مع إضافة الألاحقة (وئيك)، حمض البوتانويك.

## نتيجة:

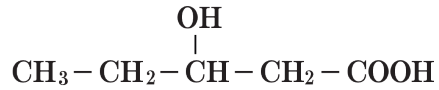
- تُكتب أسماء الحموض الكربوكسيلية حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يأتي:
- تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الكربوكسيلية.
- تُكتب كلمة حمض ثم اسم كل فرع (مُتبادل) - إن وُجد - مسبقاً برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تضاف اللاحقة (وئيك oic).

### تطبيق (1):

أكتب اسم كل من المركبين الآتيين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



حمض 3-برومو 2-متيل الهكسانويك



حمض 3-هيدروكسي البنتانويك

### نشاط (3):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:  
حمض 3-إثيل - 2-متيل البنتانويك.

## إضاءة



التسمية الشائعة لبعض الحموض الكربوكسيلية:

			
حمض الخلّ	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):

ألاحظ من الجدول الآتي الذي يمثل مُزوجة بعض الحموض الكربوكسيلية النظامية، وأفسر ما يأتي:

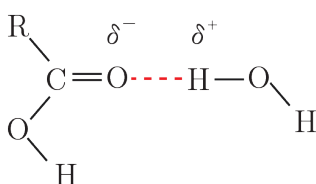
اسم الحمض النظامي	درجة الغليان °C	المزوجة في 100 g ماء عند 20°C
حمض الميثانويك	101	مزوج بأية نسبة
حمض الإيثانويك	118	مزوج بأية نسبة
حمض البروبانويك	141	مزوج بأية نسبة
حمض البوتانويك	164	مزوج بأية نسبة
حمض البنثنويك	187	3.7
حمض الهكسانويك	205	1.08

1. الحموض الكربوكسيلية التي تحوي 1-4 ذرات كربون تتمازج في الماء بالنسب كافةً.

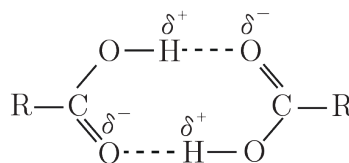
2. نقصان مزوجة الحموض الكربوكسيلية في الماء بازدياد كتلتها الجزيئية.

3. درجة غليان الحموض الكربوكسيلية مرتفعة مقارنة مع المركبات العضوية الموافقة.

- تتمازج الحموض الكربوكسيلية التي تحوي 1-4 ذرات كربون في الماء. بالنسب كافةً بسبب تشكّل الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الحموض الكربوكسيلية وجزيئات الماء.
- يتناقص تمازج الحموض الكربوكسيلية في الماء بازدياد كتلتها الجزيئية بسبب نقصان تأثير الجزء القطبي  $-COOH$  عند زيادة تأثير الجزء غير القطبي R.
- درجة غليان الحموض الكربوكسيلية مرتفعة مقارنة مع المركبات العضوية الموافقة، بسبب تفوق الصفة القطبية للحموض الكربوكسيلية حيث أن زمرة الكربوكسيل تتكون من زمرتين قطبيتين هما الهيدروكسيل والكربونيل بالإضافة إلى تشكيل رابطتين هيدروجينيتين بين كلّ جزيئين من الحمض الكربوكسيلي.



الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الحمض الكربوكسيلي والماء

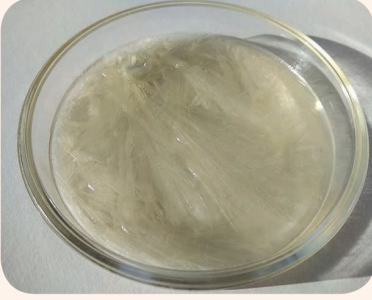


الروابط الهيدروجينية بين جزيئتي الحمض الكربوكسيلي

### نشاط (5):

تتجمّع جزيئات حمض الخلّ على شكل جزيئات ثنائية، وضح ذلك مستعيناً بالرّسم.

## إثراء:



حمض الخَلِّ النَّقِيّ يسمّى حمض الخَلِّ التَّلْجِيّ ويوجد على شكل بلورات بيضاء نقيّة تنصهر عند الدرجة  $16.6^{\circ}\text{C}$ .

## تحضير الحموض الكربوكسيلية:

### الأكسدة التامة للأغوال الأولية:

نشاط (6):

أكتب معادلة الأكسدة التامة للغول الأولي بوجود مؤكسد قويّ في وسطٍ حمضيّ.

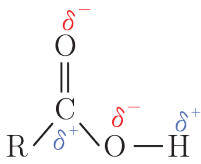
### أكسدة الألهيدات:

نشاط (7):

يتأكسد البروبانال في شروط مناسبة، أكتب معادلة التفاعل الحاصل، وأسمي المركّب العضوي الناتج.

## الخاصيّات الكيميائيّة:

### أولاً: الخاصيّة الحمضيّة:

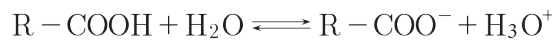


تعود الصّفة الحمضيّة لهذه المركّبات إلى قطبيّة الرّابطة  $\text{C}=\text{O}$  ممّا يؤديّ لسهولة

مغادرة بروتون  $\text{H}^+$  في المحلول المائيّ.

تطبيق (2):

أكتب معادلة تأين الحمض الكربوكسيليّ في الماء.



نشاط (8):

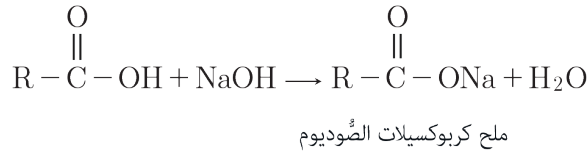
أكتب معادلة تأين حمض البروبانويك ثمّ أحدّد الأزواج المترافقة (أساس/حمض) بحسب نظريّة برونشتد - لوري.

معظم الحموض الكربوكسيّية حموض ضعيفة التأيّن في الماء، حيث يتراوح ثابت تأيّنهما بين ( $10^{-4}$  و  $10^{-5}$ ).

• التفاعل مع الأسس:

تطبيق (3)

أكتب المعادلة المعبرة عن تفاعل الحمض الكربوكسيّلي مع هيدروكسيد الصوديوم.



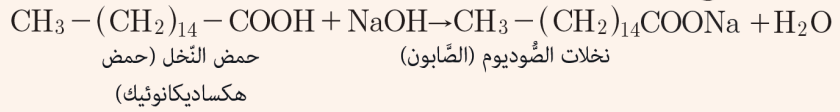
نشاط (9):

أكتب معادلة تفاعل حمض الخلّ مع هيدروكسيد البوتاسيوم وأسمي التّواتج.

إثراء: 



يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم مع الحموض الكربوكسيّية ذات السلاسل الطويلة المعروفة بالحموض الدسمة معطياً ملح كربوكسيلات المعدن الموافقة.



يستخدم هيدروكسيد الصوديوم في هذا التفاعل لإنتاج الصابون الصلب أمّا هيدروكسيد البوتاسيوم يستخدم لإنتاج الصابون السائل.

• التفاعل مع المعادن:

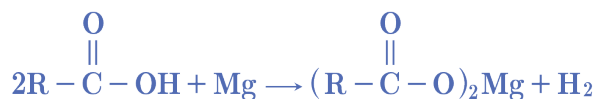
تجربة:

المواد والأدوات اللازمة: مسحوق المغنيزيوم - أنبوب اختبار - حمض الإيتانويك - عود ثقاب.  
خطوات التجربة:

- أضع كمّيّة قليلة من مسحوق المغنيزيوم في أنبوب اختبار.
- أضيف كمّيّة مناسبة من حمض الإيتانويك.
- أقرّب عود ثقاب من فوهة الأنبوب، ماذا ألاحظ؟
- أكتب معادلة التفاعل الحاصل.



أستنتج: يتفاعل حمض كربوكسيلي وحيد الوظيفة مع المغنيزيوم، فيتشكّل ملح كربوكسيلات المغنيزيوم، وينطلق غاز الهيدروجين الذي يحترق بلهبٍ أزرقٍ مع سماع صوت فرقة خفيفة وفق المعادلة.



نشاط (10):

أكتب معادلة تفاعل حمض الميتانويك مع الحديد، وأسّمِي النّواتج.

• التّفاعّل مع الأملاح:

تجربة:

الموادّ والأدوات اللازمة: (كربونات الصّوديوم - أنبوب اختبار - حمض الإيتانويك - محلول رائق الكلس) خطوات التجربة:

- أضع كمّيّة قليلة من كربونات الصّوديوم في أنبوب اختبار.
- أضيف كمّيّة مناسبة من حمض الإيتانويك.
- أمّرر الغاز المنطلق على محلول رائق الكلس، ماذا ألاحظ؟
- أكتب معادلة التّفاعّل.

أستنتج: يتفاعل حمض الإيتانويك مع كربونات الصّوديوم وينتج ملح إيتانوات الصّوديوم وينطلق غاز ثنائي أكسيد الكربون الذي يعكّر رائق الكلس.

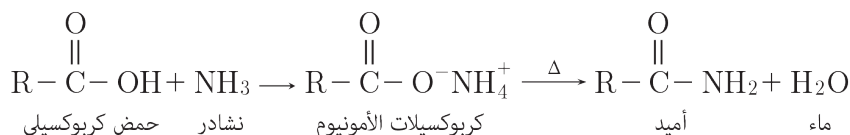


نشاط (11):

أكتب معادلة تفاعل حمض الميتانويك مع كربونات الكالسيوم، وأسّمِي النّواتج.

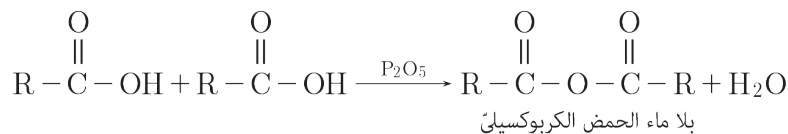
ثانياً: التّفاعّل مع النّشادر:

تتفاعل الحموض العضويّة مع النّشادر وينتج ملح كربوكسيلات الأمونيوم الذي يتفكّك بالتسخين إلى الأמיד الموافق والماء وفق المعادلة الآتية:



### ثالثاً: تفاعل البلمهة ما بين الجزئية:

يتم فيها حذف جزيئة ماء من جزئيتين من الحمض بوجود خماسي أكسيد الفوسفور ويتشكّل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي وفق المعادلة الآتية:

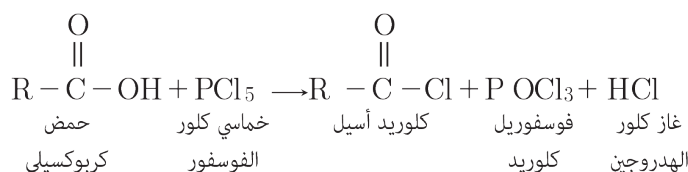


### نشاط (12):

أكتب معادلة تفاعل البلمهة ما بين الجزئية لحمض الإيتانويك، ثم أكتب صيغة الوسيط المستخدّم، وأسمي المركّب العضويّ الناتج.

### رابعاً: التفاعل مع خماسي كلور الفوسفور:

يتفاعل حمض كربوكسيلي مع خماسي كلور الفوسفور فينتج كلوريد الحمض الذي يعدّ مصدراً رئيساً للعديد من المركّبات العضوية، حيث يتشكّل من استبدال ذرّة Cl بزمرة OH<sup>-</sup> وفق المعادلة الآتية:



### نشاط (13):

أكتب معادلة تفاعل حمض الإيتانويك مع خماسي كلور الفوسفور.

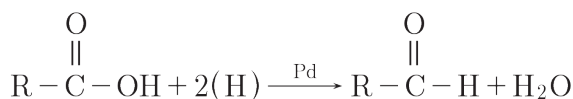
### خامساً: تفاعلات الإرجاع:

1. ترجع الحموض الكربوكسيلية إلى الأغوال الأولية الموافقة باستخدام رباعي هيدريد الليثيوم والألمنيوم وفق المعادلة الآتية:



### 2. الإرجاع بالبلاديوم:

ترجع الحموض الكربوكسيلية إلى الألدهيدات الموافقة بتفاعلها مع الهيدروجين بوجود حفّاز (البلاديوم) وفق المعادلة الآتية:

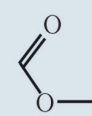
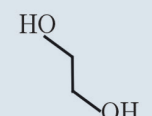
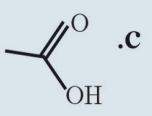
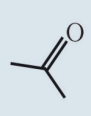


## تعلمت

- الحموض الكربوكسييلية مركبات عضوية تتميز بوجود زمرة أو أكثر من زمر الكربوكسيل  $\text{-COOH}$  ترتبط مع جذر الكيل أو جذر عطري.
- تُكتب أسماء الحموض الكربوكسييلية حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يأتي:
  1. تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الكربوكسييلية.
  2. تكتب كلمة حمض، ثم اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
  3. يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تضاف اللاحقة (ويك oic).
- تحضّر الحموض الكربوكسييلية من الأكسدة القوية للأغوال الأولية أو الألدهيدات بوجود وسطٍ حمضيّ .
- معظم الحموض الكربوكسييلية حموض ضعيفة التآين في الماء، حيث يتراوح ثابت تأينها بين  $(10^{-4}$  و  $10^{-5})$ .
- تظهر الصفة الحمضية للحموض الكربوكسييلية من خلال تفاعلاتها مع المعادن النشيطة والأملاح والأسس .
- تُرجع الحموض الكربوكسييلية إلى الدهيد أو غول أولي حسب الوسيط المستخدم.



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

- يُرْجَع حمض الإيتانويك بالهدروجين إلى الإيتانال بوجود خفّار هو :  
 .a.  $P_2O_5$       .b.  $PCl_5$       .c.  $LiAlH_4$       .d. Pd
- يتفاعل حمض البروبانويك مع النشادر بالتسخين فيتشكّل:  
 .a. البروبانال      .b. بروبان أميد      .c. بروبان نتريل      .d. بروبان أمين
- المركّب العضويّ الذي يُعدُّ حمضاً كربوكسيليّاً من المركّبات الآتية:  
 .a.       .b.       .c.       .d. 

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

- تفوق الصّفة القطبيّة للحموض الكربوكسيليّة مقارنة مع باقي الموادّ العضويّة الموافقة.
- نقصان مزوجية الحموض الكربوكسيليّة في الماء بارتفاع كتلتها الجزيئيّة.
- درجة غليان الحموض الكربوكسيليّة أعلى من درجة غليان الألدهيدات الموافقة.

ثالثاً: اكتب الصّيغة نصف المنشورة والصّيغة الهيكلية لكلّ من المركّبين الآتين:

حمض 2,3-ثنائي متيل البنتانويك      حمض 3-كلورو البوتانويك

رابعاً: أكتب الصّيغة الهيكلية لكلّ من المركّبين الآتين، ثمّ أسميهما وفق قواعد IUPAC:

$CH_3 - CHBr - CH_2 - COOH$        $CH_3 - (CH_2)_3 - COOH$

خامساً: عبّر عن التفاعلات الآتية بمعادلات كيميائية، وسمّ التّواتج.

- إرجاع حمض الإيتانويك بوجود رباعيّ هدير يد الليثيوم والألمنيوم.
- البلهمة ما بين الجزيئيّة لحمض الميثانويك بوجود خماسيّ أكسيد الفوسفور.
- تفاعل حمض الميثانويك مع كربونات الكالسيوم.

سادساً: حمض كربوكسيليّ نظاميّ صيغته المجرّمة.  $C_5H_{10}O_2$  اكتب متصاوغاته وسمّها، ثمّ اذكر نوع التّصاوغ.

سابعاً: حلّ المسائل الآتية:

المسألة الأولى:

حمض كربوكسيليّ يحتوي على 69.56% من كتلته أكسجين. المطلوب:

- احسب الكتلة الجزيئيّة الموليّة للحمض.
- اكتب الصّيغة النّصف منشورة للحمض، وسمّه.

C: 12, H: 1, O: 16

### المسألة الثانية:

يتفاعل حمض كربوكسيليّ نظاميّ وحيد الوظيفة  $R - COOH$  مع هيدروكسيد الصوديوم ويعطي ملحاً كتلته  $\frac{5}{4}$  من كتلة الحمض. المطلوب:

1. اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن التفاعل الحاصل.
  2. احسب الكتلة المولية للحمض.
  3. استنتج صيغة الحمض، وسمّه.
- C: 12, H: 1, Na: 23, O: 16

### المسألة الثالثة:

ينتج عن تفاعل البلمهة ما بين الجزئيّة لحمض كربوكسيليّ وحيد الوظيفة  $R - COOH$  مركّب عضويّ كتلته المولية تساوي  $102 \text{ g.mol}^{-1}$ ، المطلوب:

1. اكتب المعادلة المعبّرة عن تفاعل البلمهة ما بين الجزئيّة للحمض.
  2. احسب الكتلة المولية للحمض الكربوكسيليّ.
  3. استنتج صيغة الحمض الكربوكسيليّ وسمّه.
  4. استنتج صيغة المركّب العضويّ الناتج وسمّه.
- C: 12, H: 1, O: 16

### المسألة الرابعة:

غول أوليّ مشبع وحيد الوظيفة  $R - CH_2 - OH$  يؤكسد أكسدة تامّة، ثمّ يعامل ناتج الأكسدة مع هيدروكسيد البوتاسيوم فينتج ملحاً كتلته  $\frac{56}{37}$  من كتلة ناتج الأكسدة. المطلوب:

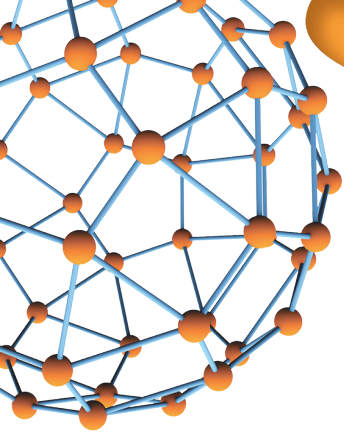
1. اكتب معادلات التفاعل الحاصلة.
  2. استنتج صيغة ناتج الأكسدة وسمّه.
  3. استنتج صيغة الغول المستعمل وسمّه.
- C: 12, H: 1, K: 39, O: 16

### تفكير ناقد

تناكل طاوولات المطابخ المصنوعة من الرخام مع مرور الزمن، ما تفسيرك لذلك؟

### أبحث أكثر

للأسبرين استخدامات طبيّة عديدة، حيث يحضّر من حمض الساليسيليك، ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشبكة عن طرائق تصنيع الأسبرين.



5-4

# مشتقات الحموض الكربوكسيلىة

أولاً: الإسترات



توجد الإسترات بشكل طبيعى في الفواكه وتكسبها روائح ونكهات مميزة وتستخدم في المنكهات الاصطناعية والعطور.

## الأهداف:

- \* يتعرّف الزمرة الإسترية.
- \* يتعرّف الزمرة الأميدية.
- \* يسمّي الإسترات حسب قواعد الأتحاد الدوليّ .IUPAC
- \* يسمّي الأميدات حسب قواعد الأتحاد الدوليّ .IUPAC
- \* يستنتج بعض الخاصيات الفيزيائية للإسترات.
- \* يوضّح بعض طرائق تحضير الإسترات.
- \* يستنتج بعض الخاصيات الفيزيائية للأميدات.
- \* يوضّح بعض طرائق تحضير الأميدات.
- \* يتعرّف من خلال التجارب الخاصيات الكيميائية للإسترات.
- \* يتعرّف من خلال التجارب الخاصيات الكيميائية للأميدات.

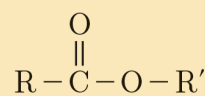
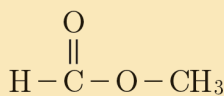
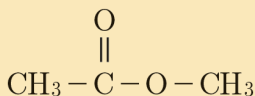
## الكلمات المفتاحية:

- \* إستر
- \* أميد
- \* الزمرة الأميدية
- \* الزمرة الإسترية

## الصيغة العامة للإسترات :

نشاط (1):

ألاحظ الجدول الآتي الذي يحتوي على صيغ إسترات:



1. ما الصيغة العامة للإسترات؟
2. ما الزمرة الوظيفية التي تميز الصيغ السابقة؟
3. بماذا تختلف الصيغ السابقة عن الحموض الكربوكسيلية؟

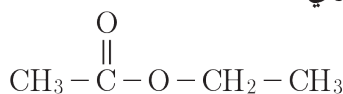
أستنتج:

- الصيغة العامة للإسترات  $\text{RCOOR}'$  أو  $\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{R}'$
- تحتوي الإسترات على الزمرة  $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C}-\text{O}-$  الإسترية.
- $\text{R}' \neq \text{H}$  في الإسترات.

## تسمية الإسترات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC :

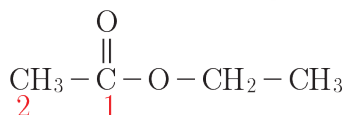
نشاط (2):

أسمي الإسترات الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:



خطوات الحل:

1. أرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون  $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C}-\text{O}-$  الزمرة الإسترية:



2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية وأتبعه بالأحقة (وات)، ثم أتبعه باسم الجذر الألكيلي ( $\text{R}'$ ) إيتانوات الإثيل

## نتيجة:

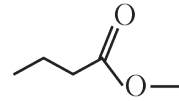


- تُكتب أسماء الإسترات حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق الآتي:
- تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الإسترية.
- يُكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبق برقم ذرة الكربون المرتبط بها.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية مضافاً له اللاحقة (وات) متبوعاً باسم الجذر الألكيلي (R')

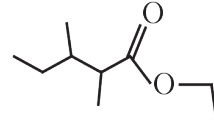
## تطبيق (1):

أكتب اسم كل من المركبين الآتيين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:

بوتانات المتيل



3,2-ثنائي متيل بنتانات الإثيل



## نشاط (3):

اكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:  
2,2-ثنائي متيل بروبانوات الإثيل

## إضاءة



التسمية الشائعة لبعض الإسترات.

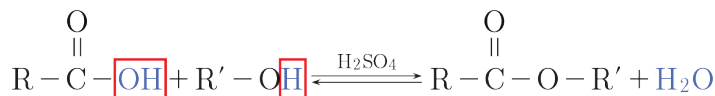
الصيغة الجزيئية	الاسم الشائع للإستر
$\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_3$	خلات المتيل (أسيتات المتيل)
$\text{H} - \text{COO} - \text{C}_2\text{H}_5$	نمات الإثيل (فورمات الإثيل)



## تخصيد الإسترات:

### ١- تفاعل الإسترة:

يسمى تفاعل الحمض الكربوكسيل مع الغول بتفاعل الأسترة، يحدث على الرابطة C-O في الحمض وعلى الرابطة O-H في الغول كما يأتي:



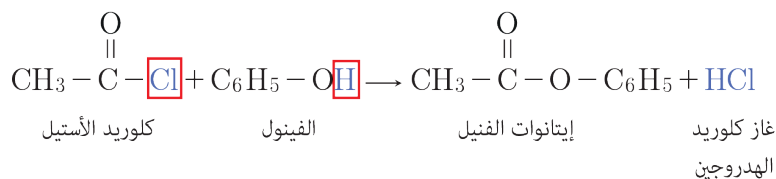
نشاط (4):

أكتب معادلة تفاعل حمض الميتانويك مع البروبان-1-ول، وأسمي المركب العضوي الناتج.

### ٢- تفاعل كلور الحمض الكربوكسيل مع الغول أو الفينول:

تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل (كلور حمض الأستيك) مع الفينول، وأسمي المركب العضوي الناتج.



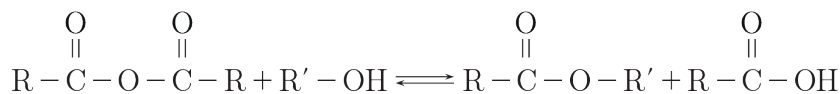
نشاط (5):

أكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل مع الإيتانول، وأسمي المركب العضوي الناتج.

### ٣- تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيل مع الغول.

تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيل مع الغول.



نشاط (6):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء حمض الميتانويك مع الإيتانول وأسمي المركبات العضوية الناتجة.

## الخاصيات الفيزيائية للإسترات :

- تزداد درجة غليان الإسترات بازدياد كتلتها الجزيئية، إلا أنها أقل من درجات غليان الحموض الكربوكسيلية الموافقة، ويعود ذلك إلى تشكّل روابط هيدروجينية بين جزيئات الحموض الكربوكسيلية وعدم تشكّلها بين جزيئات الإسترات.
- لا تنحلّ الإسترات في الماء، ولكنّها تنحلّ في معظم المحالّات (المذيبات) العضوية.

### نشاط (7):

فسّر سبب عدم قدرة الإسترات على تشكّل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها.

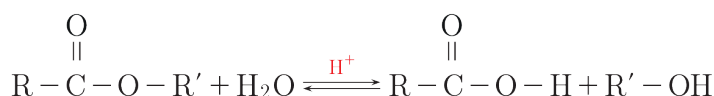
## بعض الخاصيات الكيمائية للإسترات :

### أ- حلمهة الإسترات:

تتفاعل الإسترات مع الماء معطية الحمض الكربوكسيلي والغول حيث تزداد سرعة التفاعل بوجود الحموض اللاعضوية كحفّازات.

### تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل حلمهة الإستر بوجود حمض لا عضوي كحفّاز.



### نشاط (8):

اكتب معادلة تفاعل حلمهة إيتانوات الميثيل، وأسمّي المركّبات العضوية الناتجة.

### إثراء:

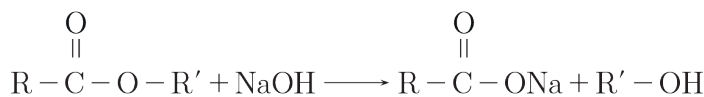
يمكن الاستفادة من تفاعل حلمهة الإسترات في حلمهة الدهون (إعادة تدوير الزيوت المستعملة) عند درجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع، حيث نحصل على الحموض الكربوكسيلية الدسمة التي تُعدّ مادة أولية في صناعة الصّابون والجليسرين الذي يُستخدم في المجال الطّبي وفي الصّناعة.

### ب- تفاعل الإسترات مع القلويات:

يتفاعل الإستر مع هيدروكسيد الصّوديوم أو البوتاسيوم تفاعلاً تاماً معطياً الغول وملح الحمض الكربوكسيلي الموافق.

## تطبيق (5):

أكتب معادلة تفاعل الإستر مع هيدروكسيد الصوديوم.



## نشاط (9):

أكتب معادلة تفاعل إيتانوات الإتيل مع هيدروكسيد البوتاسيوم وأسمي المركبات العضوية الناتجة.

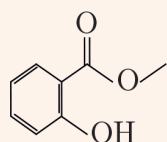
### إثراء:

يعدُّ تفاعل الإستر مع القلويات (تفاعل تصبن) من الطرائق التقليدية في صناعة الصابون حيث تعتمد الصناعة الحديثة على تفاعل الحمض الدسم مع الأساس بشكل مباشر.

## ٣- إرجاع الإسترات:

ترجع الإسترات بوجود رباعي هيدريد الليثيوم والألمنيوم إلى الأغوال الموافقة .

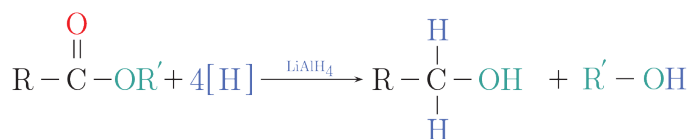
### إثراء:



يستخدم سالييلات المتيل الذي يُعدُّ من الإسترات، في معالجة تقلصات العضلات ويمتاز برائحته النَّفاذة.

## تطبيق (6):

أكتب المعادلة المعبرة عن إرجاع الإستر بوجود رباعي هيدريد الليثيوم والألمنيوم.

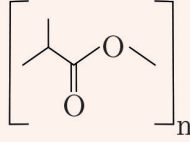


## نشاط (10):

أكتب المعادلة المعبرة عن تفاعل إرجاع ميتانوات الإتيل بوجود رباعي هيدريد الليثيوم والألمنيوم، وأسمي المركبات العضوية الناتجة.

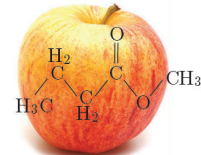
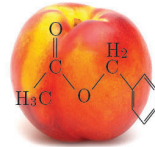
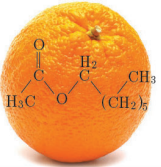
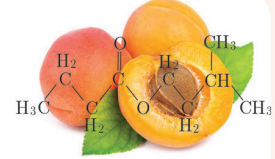
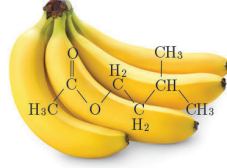
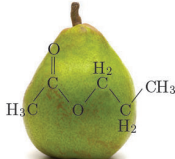
## إثراء:

تستخدم بوليمرات الإستر (بوليستر) في صناعة الأقمشة الصناعيّة التي تميّز بأليافها القويّة وذو طبيعة كارهة للماء، ممّا يسهّل عمليتيّ الغسيل والتّجفيف.

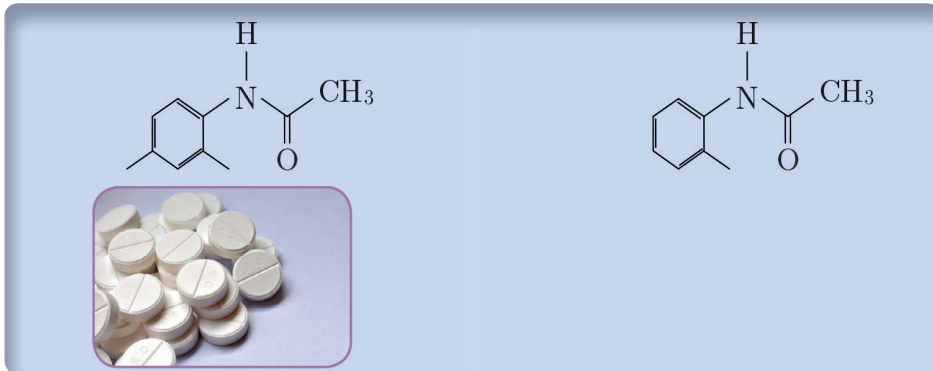


## إثراء:

بعض الفواكه التي تميّز نكهتها بالإسترات:



## ثانياً: الأميدات

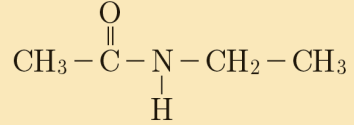
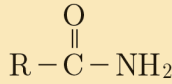
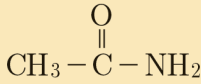


في عام 1886 تمّ تحضير الأست أنيليد (N - فينيل أيتان أميد) كمسكّن للألم وخافض للحرارة ونظراً لآثاره الجانبية العديدة طُوّر إلى الباراسيتامول، حيث تعدّ هذه المركبات من الأميدات.

## الصيغة العامة للأميدات :

نشاط (1):

ألاحظ الجدول الآتي الذي يحتوي على صيغ أميدات:



1. ما الزمرة الوظيفية التي تميّز الصيغ السابقة؟

2. ما الصيغة العامة للأميدات؟

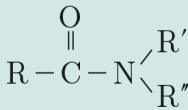
أستنتج:

- تحتوي الأميدات على الزمرة الأميدية.  $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{N} <$
- الصيغة العامة للأميدات  $\text{R} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{NH}_2$  أو  $\text{R} - \text{CO} - \text{NH}_2$ .

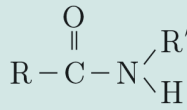
## إضاءة



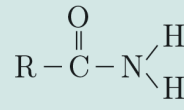
تصنّف الأميدات إلى أوليّة وثانويّة وثالثيّة:



أميد ثالثي



أميد ثانوي

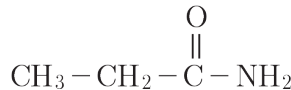


أميد أولي

## تسمية الأميدات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC :

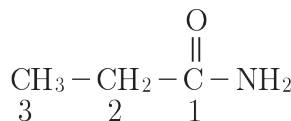
نشاط (2):

أسمّي الأميد الآتي وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC :



خطوات الحل:

1. أرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من ذرة كربون الزمرة الأميدية  $-\overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{N} <$ :



2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية ورتبه باللاحقة (أميد) بروبان أميد.

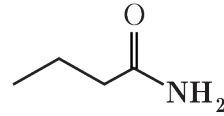
### نتيجة:

- تُكتب أسماء الأميدات حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يلي:
- تُرقم أطول سلسلة كربونية بدءاً من كربون الزمرة الأميدية.
- يُكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبقاً برقم ذرّة الكربون المرتبط بها، وإذا كان المتبادل مرتبط بذرة التتروجين يسبق بالحرف N.
- يُكتب اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تكتب اللاحقة (أميد).

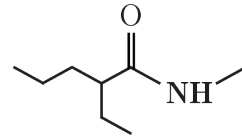
### تطبيق (1):

أكتب اسم كل من المركبين الآتين وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:

بوتان أميد



2-إثيل-N-مethyl بنتان أميد

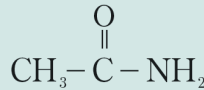


### نشاط (3):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:  
N,N-ثنائي ميثيل بروبان أميد

### إضاءة

التسمية الشائعة للمركب أسيت أميد



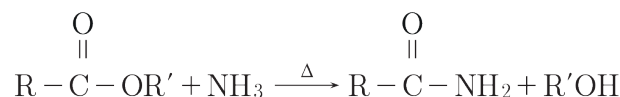
## تخصيد الأميدات :

حيث تُحضّر 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:



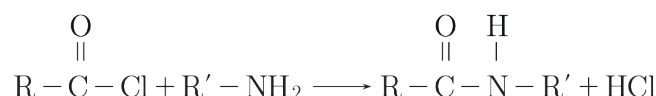
نشاط (4):

أكتب معادلة تفاعل إيتانوات الإتيل مع النشادر بالتسخين وأسمي الناتج.

### ٢- تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع النشادر أو الأمينات الأولية:

تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي.



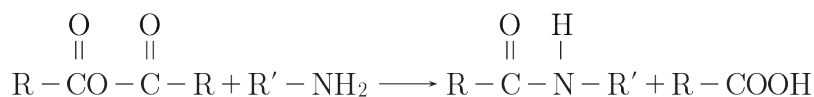
نشاط (5):

أكتب معادلة تفاعل كلوريد الأستيل مع النشادر، وأسمي المركب العضوي الناتج.

### ٣- تفاعل بلا ماء الحموض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي.

تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلي مع الأمين الأولي.



نشاط (6):

أكتب معادلة تفاعل بلا ماء حمض الإيتانويك مع إيتان أمين، وأسمي المركبات العضوية الناتجة.

## الخاصّيات الفيزيائية للأميدات :

الأميدات مواد صلبة أو سائلة ذات درجات غليان وانصهار مرتفعة نسبياً، حيث تتشكّل روابط هيدروجينية بين جزيئات الأميدات الأوّلية والثانوية.

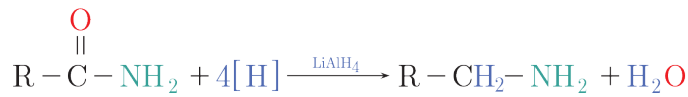
نشاط (7):

أفسّر سبب عدم تشكّل روابط هيدروجينية بين جزيئات الأميدات الثالثية.

## بعض الخاصّيات الكيميائية للأميدات :

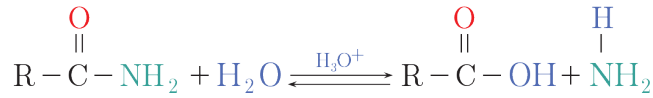
### ١- إرجاع الأميدات:

تُرَجَع الأميدات إلى أمينات بوجود رباعيّ هيدريد الليثيوم والألمنيوم وفق المعادلة:



### ٢- حلمهة الأميدات:

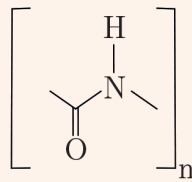
ينتج عن حلمهة الأמיד في وسط حمضي، الحمض الكربوكسيليّ والنشادر وفق المعادلة:



## إثراء:



تستخدم بعض أنواع البولي أميد في صناعة الجلد الصناعي حيث تساهم في التقليل من استهلاك الموارد الطبيعية كما أنّ البروتينات تُعدّ من البولي أميد والتي يمكن تحضيرها صناعياً.





• تحتوي الإسترات على الزمرة  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}- \end{array}$  الإسترية.

• الصيغة العامة للإسترات  $\text{RCOOR}'$  أو  $\text{R}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{O}-\text{R}'$

• تحضّر الإسترات بعدة طرائق منها:

1. تفاعل الإسترة.
  2. تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلّي مع الغول أو الفينول.
  3. تفاعل بلا ماء الحمض الكربوكسيلّي مع الغول.
- تزداد درجات غليان الإسترات بازدياد كتلتها الجزيئية، إلا أنّها أقلّ من درجات غليان الحموض الكربوكسيلية الموافقة.

• لا تنحلّ الإسترات في الماء، ولكنها تنحلّ في معظم المحلّات (المذيبات) العضوية.

• تتحلّمه الإسترات بتفاعلها مع الماء معطية الحمض الكربوكسيلّي والغول.

• تتفاعل الإسترات مع القلويّات معطية غول وملح الحمض الكربوكسيلّي.

• تحتوي الأميدات على الزمرة الأميدية  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{N} \end{array}$

• الصيغة العامة للأميدات  $\text{R}-\text{CO}-\text{NH}_2$  أو  $\text{R}-\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}-\text{NH}_2$

• تحضير الأميدات بعدة طرائق منها:

1. تفاعل النّشادر مع الإستر.
  2. تفاعل كلور الحمض الكربوكسيلّي مع النّشادر أو الأمينات الأولية.
  3. تفاعل بلا ماء الحموض مع الأمين الأوّلّي.
- الأميدات موادّ صلبة أو سائلة ذات درجات غليان وانصهار مرتفعة نسبياً.
- تُرجع الأميدات إلى أمينات بوجود رباعي هيدريد الليثيوم والألمنيوم.
- ينتج عن حلمهة الأמיד في وسط حمضي، الحمض الكربوكسيلّي والنّشادر.

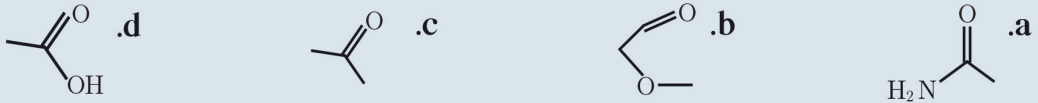


أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

1. ينتج من تفاعل ميثانوات الإثيل مع النشادر:

- a. ميثانول      b. إيثان أمين      c. إيثان أميد      d. ميثان أميد

2. المركب العضوي الذي يُعدّ أميد من المركبات الآتية:



3. تفاعل الإسترة يحدث في الحمض الكربوكسيلي على الرابطة:

- a. C=O      b. O-H      c. C-C      d. C-O

4. أحد المركبات الآتية يشكل روابط هيدروجينية بين جزيئاته:

- a. بروبان-2-ون      b. 2-متيل بوتانوات الإثيل      c. N-متيل ميثان أميد      d. ميثانال

5. الزمرة  $\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{N} \end{matrix}$  تميّز المركب العضوي الآتي:

- a. أميد      b. أمين      c. نتريل      d. أستر

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. درجات غليان الإسترات أقل من درجات غليان الحموض الكربوكسيلية الموافقة.

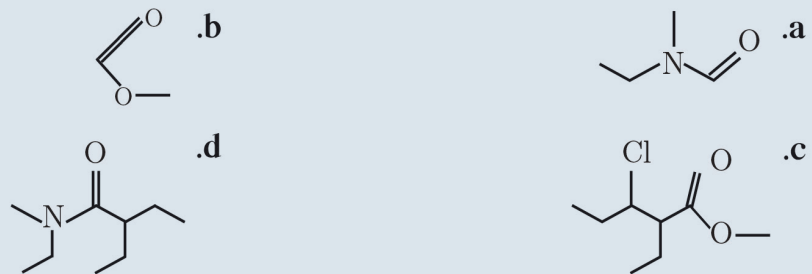
2. المركب N,N-ثنائي متيل إيثان أميد غير قادر على تشكيل روابط هيدروجينية بين جزيئاته.

ثالثاً: مركب عضوي يتفاعل مع بلا ماء حمض الإيتانويك فينتج حمض الإيتانويك و N-إثيل إيثان أميد والمطلوب:

1. ما صيغة هذا المركب؟

2. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.

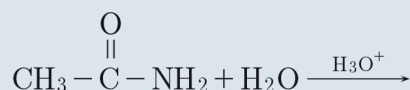
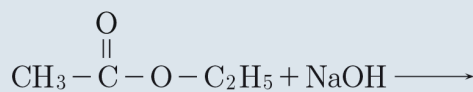
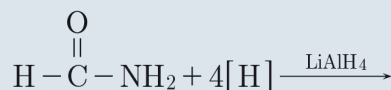
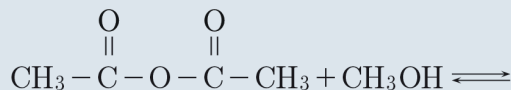
رابعاً: اكتب الصيغة التصف منشورة للمركبات الآتية، ثم سمّها وفق قواعد IUPAC.



خامساً: اكتب الصيغة الهيكلية لكل المركبات الآتية:

- a. ميثانوات نظامي البروبيل      b. N-إثيل ميثان أميد
- c. 2,N,N-ثلاثي متيل بروبان أميد      d. 2-برومو بروبانوات الميثيل

سادساً: أكمل المعادلات الآتية:



سابعاً: حلّ المسألتين الآتيتين:

**المسألة الأولى:**

أميد أولي نسبة التتروجين فيه 19.17%، المطلوب:

1. احسب كتلته الموليّة.
2. استنتج صيغته نصف المنشورة ، وسمّه.  
(H:1, C:12, N:14, O:16)

**المسألة الثانية:**

يتفاعل الإيتانول مع حمض كربوكسيلّي وحيد الوظيفة فيتشكّل مركّب عضويّ كتلته الموليّة  $88 \text{ g.mol}^{-1}$ ، المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
2. استنتج صيغة الحمض الكربوكسيلّي، وسمّه.
3. استنتج صيغة المركّب العضويّ الناتج، وسمّه.  
(H:1, C:12, O:16)

**تفكير ناقد**

لتحضير مركّب بروبان أميد يتفاعل بلا ماء حمض كربوكسيلّي مع النشادر بالتسخين، اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل.

**أبحث أكثر**

ابحث في مكتبة مدرستك أو في الشبكة عن طرائق تصنيع الباراسيتامول.

# الأمينات

5-5



تدخل الأمينات في صناعات عديدة مثل الأدوية والمبيدات الحشرية والأصبغة.

## الأهداف:



- \* يصنّف الأمينات إلى أولية ، ثانوية ، ثالثة.
- \* يسمّي الأمينات وفق قواعد الاتحاد الدوليّ IUPAC .
- \* يوضّح بعض طرائق تحضير الأمينات.
- \* يفسّر بعض الخاصّيات الفيزيائية للأمينات.
- \* يتعرّف بعض الخاصّيات الكيميائيّة للأمينات.

## الكلمات المفتاحية:



- \* أمينات أوليّة.
- \* أمينات ثانويّة.
- \* أمينات ثالثة.

## الصيغة العامة للأمينات :

نشاط (1):

ألاحظ 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 تميّز الأمينات؟
2. ما الصيغة العامة للأمينات الأولية؟
3. ما العلاقة بين الأمينات والنشادر؟

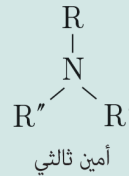
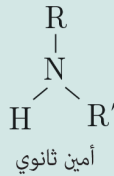
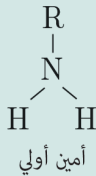
أستنتج:

- الرابطة التي تميّز الأمينات  $\text{C} - \text{N}$ .
- الصيغة العامة للأمينات الأولية  $\text{R} - \text{NH}_2$ .
- الأمينات مركّبات عضويّة مشتقة من النشادر (الأمونيا)، حيث يحلّ جذر (ألكيل) أو جذر (أريل) أو أكثر محل ذرّة هيدروجين أو أكثر.

## إضاءة



تصنيف الأمينات:



## تسمية الأمينات حسب قواعد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC :

نشاط (2):

أسمّي الأمين الآتي وفق قواعد الاتحاد الدوليّ IUPAC :



خطوات الحل:

1. أرقيم أطول سلسلة كربونيّة من الطرف الأقرب للزمرة الأمينيّة:



2. أضع اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونيّة واتبعه باللاحقة (أمين).  
إيتان أمين.

## نتيجة:



- تُكتب أسماء الأمينات حسب قواعد الاتحاد الدولي IUPAC وفق ما يلي:
- ترقيم أطول سلسلة كربونية من الطرف الأقرب للزمرة الأمينية.
- يُكتب اسم كل فرع (مُتبادل) إن وُجد مسبقاً برقم ذرة الكربون المرتبط بها، وإذا كان المتبادل مرتبط بذرة النتروجين يسبق بالحرف N.
- يُكتب رقم ذرة الكربون المرتبطة بها ذرة النتروجين بعد اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية، ثم تكتب اللاحقة (أمين).

### تطبيق (1):

أكتب اسم كل من المركبات الآتية وفق قواعد الاتحاد الدولي IUPAC:

N-1-ميثيل بروبان - 1-أمين	
N,N-ثنائي ميثيل إيثان أمين	
N,4-ثنائي ميثيل هكسان - 3-أمين	

### نشاط (3):

أكتب الصيغة نصف المنشورة والصيغة الهيكلية للمركب الآتي:  
N,N-ثنائي ميثيل بروبان - 1-أمين

## بعض طرائق تحضير الأمينات:

### 1- تفاعل النشادر مع هاليد الألكيل:

#### تطبيق (2):

أكتب معادلة تفاعل هاليد الألكيل مع النشادر في شروط مناسبة.  $R - X + NH_3 \rightarrow RNH_2 + HX$

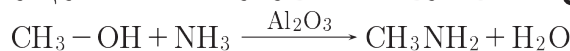
#### نشاط (4):

أكتب معادلة تفاعل يودو الإيثان مع النشادر.

### 2- تفاعل الغول مع النشادر:

#### تطبيق (3):

أكتب معادلة تفاعل الميثانول مع النشادر بشروط مناسبة وبوجود أكسيد الألمنيوم كوسيط.



## نشاط (5):

أكتب معادلة تفاعل ميثان أمين مع الميثانول بشروط مناسبة وبوجود أكسيد الألمنيوم كوسيط، ثم أصنّف الأمين الناتج (أولي - ثانوي - ثالثي)

### ٣- إرجاع النتريلات:

## تطبيق (4):

أكتب معادلة تفاعل إرجاع بروبان نتريل بوجود الهيدروجين على سطح حفاز من النيكل، وأسمّي المركب العضوي الناتج.



بروبان - 1 - أمين

## نشاط (6):

أكتب معادلة تفاعل إرجاع الإيتان نتريل بوجود الهيدروجين على سطح حفاز من النيكل وأسمّي المركب العضوي الناتج.

## الخاصّيات الفيزيائية للأمينات :

- الأمينات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة مزوجيتها شديدة في الماء، وتقلّ مزوجيتها في الماء بزيادة كتلتها الجزيئية.
- تمتاز الأمينات بروائح نشادرية وازحة مميزة، والأمينات العليا روائحها كريهة جداً.
- الأمينات الأولية والثانوية تشكّل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها ممّا يرفع من درجة غليانها.

## نشاط (7):

درجة غليان الأمينات الأولية والثانوية أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة، أفسّر ذلك؟

## بعض الخاصّيات اليميائية للأمينات :

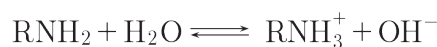
### الخاصّية الأساسية:

تحتوي الأمينات على زوج إلكتروني غير رابط على ذرة التتروجين قادرة على منحه أو استقبال بروتون ممّا يكسبها خاصّيات أساسية.

- تأيّن الأمينات في الماء:

## تطبيق (5):

أكتب معادلة تأيّن الأمين الأولي.



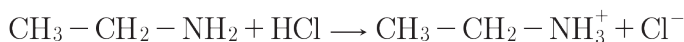
## نشاط (8):

اكتب معادلة تأين ميثان أمين، ثم أحدد الأزواج المترافقة أساس/حمض بحسب نظرية برونشتد - لوري.

- تفاعل الأمينات مع الحموض.

## تطبيق (6):

اكتب معادلة تفاعل إيثان أمين مع حمض كلور الماء.



## إثراء: ★



الأمينات ومشتقاتها تساعد الملايين في أفريقيا في علاج الملاريا ومرض النوم.

## تعلمت

- الرابطة التي تميّز الأمينات  $\text{C}-\text{N}$ .
- الصيغة العامة للأمينات الأولية  $\text{R}-\text{NH}_2$ .
- الأمينات مركبات عضوية مشتقة من النشادر (الأمونيا)، حيث يحلّ جذر (ألكيل) أو جذر (أريل) أو أكثر محل ذرة هيدروجين أو أكثر.
- تصنّف الأمينات إلى أمينات أولية، ثانوية، ثالثية.
- تحضّر الأمينات بعدة طرائق منها:
  1. تفاعل النشادر مع هاليد الألكيل.
  2. تفاعل الغول مع النشادر.
  3. إرجاع النتريلات.
- الأمينات ذات الكتل الجزيئية المنخفضة مزوجيتها شديدة في الماء، وتقلّ مزوجيتها في الماء بزيادة كتلها الجزيئية.
- الأمينات الأولية والثانوية تشكّل روابط هيدروجينية بين جزيئاتها ممّا يرفع من درجة غليانها.
- تتصّف الأمينات بصفة أساسية، حيث تتفاعل مع الحموض وتشكّل الأملاح.

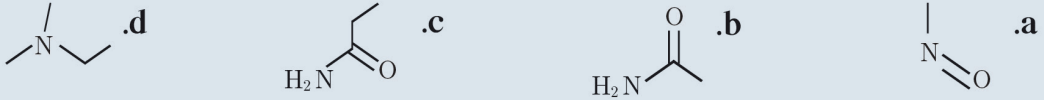


## أختبر نفسي



أولاً: اختر الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. ينتج من تفاعل إرجاع بروبان نتريل:
  - a. بروبان أميد
  - b. بروبان -1- أمين
  - c. إيتان أمين
  - d. إيتان أميد
2. المركّب العضويّ الذي يُعدّ من الأمينات في المركّبات الآتية:



ثانياً: إذا علمت أنّ قيمة ثابت تأين التشار  $K_b = 2 \times 10^{-5}$  وقيمة ثابت تأين ميثان أمين  $K_b = 2 \times 10^{-4}$  المطلوب:

1. اكتب معادلة تأين كلّ منهما.
2. حدّد أيّهما أساس أقوى؟ مفسّراً إجابتك.

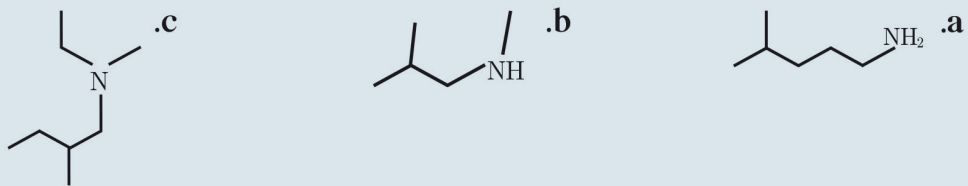
ثالثاً: أعطِ تفسيراً علمياً لكلّ ممّا يأتي:

1. درجات غليان الأمينات الأولية والثانوية أعلى من درجة غليان الألكانات الموافقة.
2. مزوجية ميثان أمين شديدة في الماء.

رابعاً: مركّب عضويّ يتفاعل مع الإيتانول وينتج N,N ثنائي إيتيل إيتان أمين والماء، المطلوب:

1. ما صيغة هذا المركّب؟
2. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل.

خامساً: لديك الصيغ الهيكلية للأمينات الآتية المطلوب:

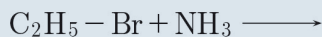
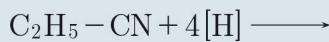


1. اكتب الصيغة التّصف منشورة لكلّ منها، ثمّ سمها وفق قواعد IUPAC.
2. صنّفها إلى أمينات (أوليّة - ثانويّة - ثالثيّة)

سادساً: اكتب الصيغة الهيكلية للمركّبات الآتية:

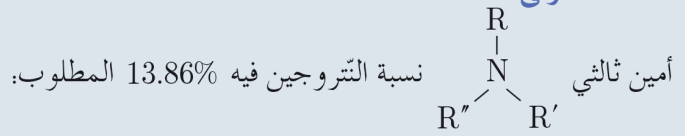
- a. بروبان -1- أمين      b. N-إيتيل بوتان -2- أمين      c. N-إيتيل N-متيل بنتان -1- أمين

سابعاً: أكمل المعادلات الآتية:



ثامناً: حلّ المسألتين الآتيتين:

المسألة الأولى:



1. احسب كتلته الموليّة.
2. استنتج صيغته نصف المنشورة وسمّه علماً أنّ  $\text{R} = \text{R}' = \text{R}''$ .  
(H:1, C:12, N:14)

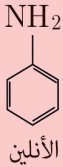
المسألة الثانية:

- محلول مائي للميتان أمين تركيزه  $0.5 \text{ mol.L}^{-1}$  وقيمة  $\text{pH} = 12$  المطلوب:
1. اكتب معادلة تأيئه، ثم حدّد الأزواج المترافقة أساس/حمض بحسب برونشتد لوري.
  2. احسب قيمة درجة تأيئه.
  3. احسب قيمة ثابت تأيئه.

تفكير ناقد

يعدّ إيتان أمين أساساً أقوى من ميتان أمين ما تفسرك 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 لكل مما يأتي:

1. الرابطة  $C-N$  تميز المركب العضوي الآتي:

- a. أميد      b. نتريل      c. أمين      d. أستر

2. ينتج حمض البروبانويك من تفاعل:

- a. أكسدة البروبانول  
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 هيدروجينية بين جزيئاته:

- a. بروبان -2-ول      b. حمض الميتانويك      c. N-متيل إيثان أمين      d. إيثانال

ثانياً: اكتب الصيغة نصف المنشورة ثم الصيغة الهيكلية لكل من المركبات الآتية:

- 3,2-ثنائي متيل بنتان -2-ول      حمض -2-كلورو البوتانويك  
N,N-ثنائي متيل بوتان أميد      N,N-ثنائي إيثيل بنتان -2-أمين

ثالثاً: حل المسائل الآتية:

### المسألة الأولى:

نأخذ 50 mL من محلول الإيثانول ونضيف إليه كمية مناسبة من البوتاسيوم، فينتقل غاز حجمه في الشراطين النظميين 224 mL. المطلوب:

- اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
- احسب تركيز محلول الإيثانول مقدراً بـ  $mol.L^{-1}$ ,  $g.L^{-1}$ .
- يراد الحصول على 5 L من الإيثانول السابق من ضم الماء إلى الإيثانول. احسب حجم غاز الإيثانول اللازم لذلك في الشراطين النظميين.  
(K: 39, C: 12, O: 16, H: 1)

### المسألة الثانية:

نعامل 10 mL من محلول الإيثانال تركيزه  $0.5 mol.L^{-1}$  بكمية كافية من محلول فهلنغ فيتكون راسب أحمر أجري من أكسيد النحاس I المطلوب:

- اكتب معادلة التفاعل، واحسب كتلة الراسب.
- للحصول على 5 L من محلول الإيثانال السابق يُؤكسد الإيثانول بامراه على مسحوق النحاس المسخن، اكتب معادلة التفاعل، ثم احسب كتلة الإيثانول اللازمة لذلك.  
(C: 12, O: 16, H: 1, Cu: 63.5)

### المسألة الثالثة:

يُعامل 0.5 L من محلول الإيتانول بكمية كافية من كاشف تولن، فيتشكّل راسب كتلته 5.4 g، المطلوب:

1. اكتب معادلة التفاعل
2. احسب التركيز المولي لمحلول الإيتانول.
3. احسب كتلة الإيتانول اللازمة للحصول على 10 L من محلول الإيتانول السابق.  
(Ag:108, C:12, O:16, H:1)

### المسألة الرابعة:

يُؤكسد 23 g من الإيتانول أكسدة تامة ويُكمل الحجم بالماء المقطر إلى 250 mL، ثم يُعاير 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 المولي لمحلول الملح الناتج بعد تمام المعايرة.
4. تُؤخذ عينة مماثلة لهيدروكسيد الصوديوم ويُضاف إليها تسع أضعافها ماء، احسب تركيزها الجديد، واحسب الـ pH في هذه الحالة لهذا المحلول.  
(Na:23, C:12, O:16, H:1)

### المسألة الخامسة:

محلول حمض الخل تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  ثابت تأين حمض الخل  $2 \times 10^{-5}$ ، المطلوب:

1. احسب الـ pH للمحلول.
2. لاستحصال 5 L من المحلول السابق يُؤكسد الإيتانول أكسدة تامة:  
a. اكتب المعادلة الكيميائية المعبّرة عن التفاعل الحاصل.  
b. احسب كتلة الإيتانول اللازمة لذلك.  
(C:12 , O:16 , H:1)

### المسألة السادسة:

نعامل 6 g من حمض كربوكسيلّي وحيد الوظيفة مع ملح كربونات الصّوديوم فينطلق غاز حجمه 1.12L في الشّروطيين النّظاميين. المطلوب:

1. اكتب معادلة التّفاعل الحادثة واحسب الكتلة المولية للحمض.
2. أوجد الصّيغة نصف المنشورة للحمض، وسمّه.
3. يُحلّل 3 g من الحمض السّابق في لتر من الماء، فإذا علمت أنّ درجة تأيّه 2% احسب الـ pH للمحلول  
(C:12, H:1, Na:23, O:16)

### المسألة السابعة:

- للحصول على 5 L من محلول حمض الخلّ تركيزه  $0.05 \text{ mol.L}^{-1}$  يُؤكسد الإيتانول أكسدة تامة والمطلوب:
1. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.
  2. احسب كتلة الإيتانول اللازمة لذلك.
  3. يُفاعل 1 L 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 المنشأة.
6. اقتراح طرائق لتحسين الصناعات الدوائية.

#### ثانياً: التنفيذ:

1. توزيع الطلاب إلى ست مجموعات.
2. تحديد مهمة كل مجموعة:  
المجموعة الأولى: تبحث في أهمية الدواء للإنسان وتطور 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 المنشأة.  
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: التقييم:

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 النوويّ
Nuclear Transformations	التحوّلات النووية
Nucleus Binding Energy	طاقة ارتباط النّواة
Radioactive Half Life	عمر النّصف لمادّة مشعّة
Nuclear Reaction	تفاعل نووي
Nuclear fission	انشطار نوويّ
Nuclear Fusion	اندماج نوويّ
Gas Pressure	ضغط الغاز
Atmospheric Pressure	الضّغط 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 الحقيقيّ
Ideal Gas	الغاز المثالي
Reaction Rate	سرعة التّفاعل
The Average Rate of Reaction	سرعة التّفاعل الوسطيّة
Order of Reaction	رتبة التّفاعل
Catalyst	الوسيط
Activation Energy	طاقة التّشيط
Chemical Equilibrium	التوازن الكيميائيّ
Equilibrium State	حالة التّوازن

English	Arabic
Equilibrium Constant with Concentration ( $K_c$ )	ثابت التوازن بدلالة التراكيز
Reaction Product	حاصل التفاعل
Equilibrium Constant with Partial Pressure ( $K_p$ )	ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية
Le Chatelier's Principle	مبدأ لوشاتوليه
Analytical Chemistry	الكيمياء التحليلية
Amphoteric Compound	مركب مذبذب
The Degree of Ionization	درجة تأين
Conjugate Pairs	أزواج مترافقة
Acid Dissociation Constant ( $K_a$ )	ثابت تأين الحمض
Base Dissociation Constant ( $K_b$ )	ثابت تأين الأساس
Aqueous Solutions of Salts	المحاليل المائية للأملاح
Hydrolysis	حلمة
Rehydration	إماهة
Acidic Buffer Solution	المحلول المنظم للحموضة
Solubility of a Salt	ذوبانية ملح
Solubility Product Constant ( $K_{sp}$ )	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 العضوية
Alcohol	الغول



English	Arabic
Markovnikov's Rule	قاعدة ماركوفنيكوف
Esterification	الأسترة
Dehydration	البلمهة
Zaitsev's Rule	قاعدة زايٲسف
Aldehydes	الألدهيدات
Ketones	الكيتونات
Carbonyl Group	زمرة الكربونيل
Carboxylic Acids	الحموض الكربوكسيّية
Carboxyl Group	زمرة الكربوكسيل
Ester	إستر
Amide	أميد
Amide Group	الزّمرة الأميدية
Ester Group	الزّمرة الإستيرية
Primary Amines	أمينات أوّلية
Secondary Amines	أمينات ثانوية
Tertiary Amines	أمينات ثالثية