1
CHEMISTRY

المجال: التطورات الرتبية

الوحدة 1: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

الحجم الساعي: 4 ساعات درس، 4 أعمال مخبرية

المستوى: 3 علوم تجريبية

الموسم الدراسي: 2023/2022

الوحدة 1

المتابعة الزمنية
لتحول كيميائي في محلول مائي

السنة الثالثة من التعليم الثانوي

الوحدة 1

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

البطاقة التقنية للوحدة

مراحل سير الوحدة

1. أنواع التحولات الكيميائية | 2 سا
   1.1 التحول السريع
   2.1 التحول البطيء
   3.1 التحول البطيء جدا
2. طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي
   6 سا
   1.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة اللونية
   2.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية
   3.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس ضغط غاز أو حجمه
   4.2 زمن نصف التفاعل
   5.2 سرعة التفاعل
   أ. سرعة تشكل وسرعة اختفاء نوع كيميائي
   ب. السرعة الحجمية لتشكل/اختفاء نوع كيميائي
3. العوامل الحركية | 4 سا
   1.3 بعض العوامل الحركية
   أ. التركيز الابتدائي للمتفاعل
   ب. درجة الحرارة
   ج. الوسيط
   د. مساحة سطح التلامس
   2.3 التفسير المجهري للعوامل الحركية
   3.3 أهمية العوامل الحركية

مؤشر الكفاءة المستهدفة

1. يصنف التحولات حسب مدتها الزمنية.
2. يوظف منحنيات المتابعة الزمنية لتحول كيميائي.
3. يفسر دور الوسيط اعتمادا على بعض المفاهيم الحركية.
4. يعرف زمن نصف التفاعل.
5. يتمكن من حساب سرعة التفاعل باستغلال بيانات المتابعة الزمنية.
6. يختار ويوظف عاملا حركيا لتسريع أو إبطاء تحول كيميائي.

أهداف التعلم

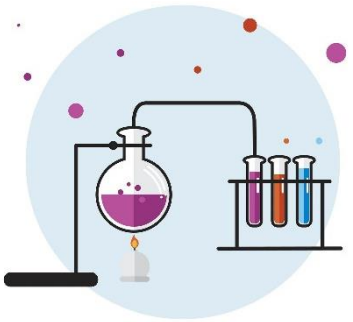
1. يميز بين أنواع التحولات الكيميائية.
2. يتقن طرق المتابعة لتحول كيميائي.
3. يرسم ويوظف المنحنيات في تحديد زمن نصف التفاعل وسرعة التفاعل.
4. يدرك أن تسريع التفاعل أو إبطاؤه يتعلق بالتغيير في أحد العوامل الحركية الأربعة.

البطاقات التجريبية

1. المدة المستغرقة في تحول كيميائي
2. طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي.
   المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية.
   المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة اللونية.
3. العوامل الحركية.

المراجع: الكتاب المدرسي، الوثيقة المرافقة، التدرجات السنوية، وثائق من الأنترنت.

التقويم: تمارين هادفة من الكتاب المدرسي تحقق الكفاءات المستهدفة.
أو سلسلة تمارين مقترحة تحقق الكفاءة المستهدفة.



1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

مكتسبات قبلية

1. أهم القوانين والعلاقات

1. كمية المادة n(mol)

هي عدد الأفراد الكيميائية المتماثلة (ذرات، جزيئات، شوارد) المكونة للمادة رمزها n ووحدتها المول mol.

علاقتها بعدد أفوجادرو

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

تعيينها في حالة مادة صلبة

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

تعيينها في حالة محلول

$$n = C.V$$

تعيينها في حالة غاز متواجد في الشروط النظامية

$$n = \frac{V_g}{V_M}$$

N: عدد الذرات أو الجزيئات.

N_A: عدد أفوجادرو $N_A = 6.023 \times 10^{23} mol^{-1}$

m: كتلة العينة بـ (g)

M: الكتلة المولية للعنصر بـ g/mol

C : التركيز المولي بـ mol/L

V: حجم العينة باللتر L

V_g: حجم الغاز بـ L

V_M: الحجم المولي بـ L/mol

أمثلة تطبيقية

1. عين كمية المادة n في عينة من الحديد $^{56}_{26}F$ كتلتها $m = 5.6\ g$ علما أن: $M(Fe) = 56\ g/mol$

2. عين كمية المادة الموجودة في $V = 0.5\ cm^3$ من الماء حيث الكتلة الحجمية للماء: $\rho = 1\ g/cm^3$

الكتلة الحجمية هي النسبة بين كتلة الجسم وحجمه حيث: $\rho = \frac{m}{V}$

3. محلول لحمض كلور الماء، حجمه $V = 200\ mL$ وتركيزه المولي $C = 5 \times 10^{-2}\ mol/L$، أحسب كمية مادته.

2. قانون الغازات المثالية

صيغته

$$P.V = n.R.T$$

P: ضغط الغاز بـ Pa

V: حجم الغاز بـ m^3

n: كمية مادة الغاز بـ mol

R: ثابت الغازات المثالية $R = 8.31\ SI$

T: درجة الحرارة بـ K

3. التركيز المولي

هو كمية المادة الموجودة في وحدة الحجم (1 لتر).

التركيز المولي

$$C = \frac{n}{V}$$

التركيز الكتلي

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

C أو $[X]$: التركيز المولي بـ mol/L

n: كمية المادة المذابة بـ mol

V: حجم المحلول بـ L

C_m: التركيز الكتلي بـ g/L

m: كتلة العينة بـ (g)

الكتلي هو الكتلة الموجودة في وحدة الحجم (1 لتر).	**العلاقة بين التركيز المولي والتركيز الكتلي** $C_m = C.M$	M: الكتلة المولية للمركب الكيميائي بـ: g/mol
	تركيز محلول محضر من مركب تجاري $C = \frac{10.P.d}{M}$	P: درجة نقاوة المركب التجاري d: كثافة المركب التجاري M: الكتلة المولية للمركب التجاري بـ: g/mol
4. الكتلة الحجمية $\rho(g/cm^3)$ $\rho(g/mL)$	$\rho = \frac{m}{V}$	m: كتلة العينة بـ: (g) V: حجم العينة باللتر: mL
5. الكثافة	**كثافة الأجسام الصلبة** $d = \frac{\rho}{\rho_e}$	d: الكثافة ρ: الكتلة الحجمية للجسم الصلب أو السائل أو الغاز ρ_e: الكتلة الحجمية للماء بـ: g/mL ρ_a: الكتلة الحجمية للهواء M: الكتلة المولية للعنصر بـ: g/mol
	كثافة الغازات في الحالة العامة $d = \frac{\rho}{\rho_a}$	
	كثافة الغازات في الشرطين النظاميين $d = \frac{M}{29}$	
6. درجة النقاوة P	$P = \frac{m}{m'} \times 100$ $= \frac{C.V.M}{m'} \times 100$	m: كتلة المركب النقي بـ: (g) m': كتلة المركب التجاري (غير النقي) بـ: (g)
7. التمديد يمدد المحلول انطلاقا من المحلول الأم المركز وذلك بإضافة الماء المقطر إلى عينة منه، حيث أن كمية مادة المنحل تبقى ثابتة أثناء التمديد.	**كمية مادة المنحل ثابتة** (قبل التمديد = بعد التمديد) $C_0.V_0 = C_1.V_1$	$C_0.V_0$: تركيز وحجم المحلول قبل التمديد (كمية مادة المحلول الأم) $C_1.V_1$: تركيز وحجم المحلول بعد التمديد (كمية مادة المحلول البنت) F: معامل التمديد
	النسبة بين تركيز المحلول الأم وتركيز المحلول البنت تعطى بالعلاقة $F = \frac{C_0}{C_1} = \frac{V_1}{V_0}$	

البروتوكول التجريبي للتمديد

نحضر المحلول (S_1) ذو الحجم V_1 والتركيز C_1 انطلاقا من المحلول (S_0) ذو الحجم V_0 والتركيز C_0.

1. نحسب الحجم V_0 الواجب أخذه من المحلول (S_0) بواسطة علاقة التمديد.

2. نأخذ بواسطة ماصة عيارية حجم V_0 من المحلول (S_0).
3. نضع المحتوى في حوجلة عيارية بها القليل من الماء المقطر.
4. نرج المحلول جيدا (للحصول على محلول متجانس).
5. نكمل بالماء المقطر حتى نحصل على الحجم المطلوب (العياري).

نأخذ بواسطة ماصة عيارية حجم V0 من المحلول الأم.

نضع المحتوى في حوجلة عيارية بها القليل من الماء المقطر.

نكمل بالماء المقطر حتى نحصل على الحجم المطلوب (العياري).

تحضير محلول من مادة صلبة نقية

1. نحسب الكتلة الواجب استعمالها في تحضير المحلول باستعمال العلاقة: $m = M.n = M.C.V$
2. بواسطة ميزان إلكتروني نزن الكتلة المحسوبة في جفنة.
3. نفرغ محتوى الجفنة في حوجلة عيارية تحتوي حجما قليلا من الماء المقطر.
4. نرج المزيج جيدا داخل الحوجلة.
5. نكمل بالماء المقطر حتى حجم العيار.

الصورة التالية توضح الخطوات:

نزن الكتلة

نفرغها في حوجلة

نرج المحتوى

نكمل الحجم بالماء المقطر

2. جدول التقدم

في الشكل الموالي نموذج عام وشامل لجدول التقدم يتم تكييفه وفق الوضعية المعالجة:

معادلة التفاعل		aA + bB = cC + dD			
الحالة	التقدم	كمية المادة بالمول			
ابتدائية	0	$n_0(A)$	$n_0(B)$	0	0
انتقالية	x	$n_0(A) - ax$	$n_0(B) - bx$	cx	dx
نهائية	x_{max}	$n_0(A) - ax_{max}$	$n_0(B) - bx_{max}$	cx_{max}	dx_{max}

ملاحظات:

$n_0(A) - ax$ هي كمية المادة المتبقية من المتفاعل (A) في لحظة معينة.
$n_0(B) - bx$ هي كمية المادة المتبقية من المتفاعل (B) في لحظة معينة.
cx هي كمية المادة الناتجة من الناتج (C) في لحظة معينة.
dx هي كمية المادة الناتجة من الناتج (D) في لحظة معينة.
في السطر الأخير من جدول التقدم تصبح اللحظة المعينة هي اللحظة النهائية.

- **المتفاعل المحد**: هو المتفاعل الذي يحد التفاعل، أي يتوقف التفاعل عندما تستهلك كمية مادته كليا رغم وجود متفاعلات أخرى.
- **التقدم الأعظمي**: هو أقصى قيمة يمكن للتقدم x بلوغها في تحول كيميائي. يرمز له بـ x_{max}.

3. الناقلية

يكون محلول ما ناقلا للتيار الكهربائي إذا كانت به شوارد بتركيز معين وكانت تتحرك بحرية داخله.

1.3 الناقلية G $G(S)$	$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U} = \sigma . K$	R: المقاومة بـ: Ω I: شدة التيار الكهربائي بـ: A U: شدة التوتر بين لبوسي الخلية بـ: V σ: الناقلية النوعية بـ: S/m K: ثابت الخلية بـ: m
2.3 الناقلية النوعية $\sigma(S/m)$	$\sigma = \lambda_{X^+}[X^+] + \lambda_{X^-}[X^-]$	λ_{X^+}: الناقلية النوعية المولية الشاردية للشاردة X^+ بـ: $S.m^2/mol$ $[X^+]$: التركيز المولي للشاردة X^+ بـ: mol/m^3

4. تفاعلات أكسدة/إرجاع

- **المؤكسد**: هو كل فرد كيميائي بإمكانه أن يكتسب إلكترونا أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي.
- **المرجع**: هو كل فرد كيميائي بإمكانه أن يفقد إلكترونا أو أكثر أثناء تفاعل كيميائي.
- **الأكسدة**: هو تفاعل كيميائي يتم فيه فقدان إلكترون أو أكثر.

- **الإرجاع**: هو تفاعل كيميائي يتم فيه اكتساب إلكترون أو أكثر.

- تفاعل الأكسدة والإرجاع هو تفاعل يحدث بين مرجع الثنائية (Ox_1/Red_1) ومؤكسد ثنائية أخرى (Ox_2/Red_2) ويتم انتقال الإلكترونات من المرجع إلى المؤكسد.

$$(Red_1 = Ox_1 + n_1e^-) \times n_2$$
$$(Ox_2 + n_2e^- = Red_2) \times n_1$$
$$n_2Red_1 + n_1Ox_2 = n_2Ox_1 + n_1Red_2$$

كيفية موازنة المعادلات

إن الأساس لموازنة المعادلات هو قانونا الانحفاظ (انحفاظ الشحنة وانحفاظ الكتلة).

- نوازن العنصر الأساسي باستعمال الأعداد الستوكيومترية.
- نوازن عنصر الأكسجين بإضافة جزيئات H_2O للطرف الذي فيه نقص في الأكسجين.
- نوازن عنصر الهيدروجين بإضافة شوارد H^+ أو H_3O^+.
- نوازن الشحنة الكهربائية بإضافة الإلكترونات حسب الحاجة.

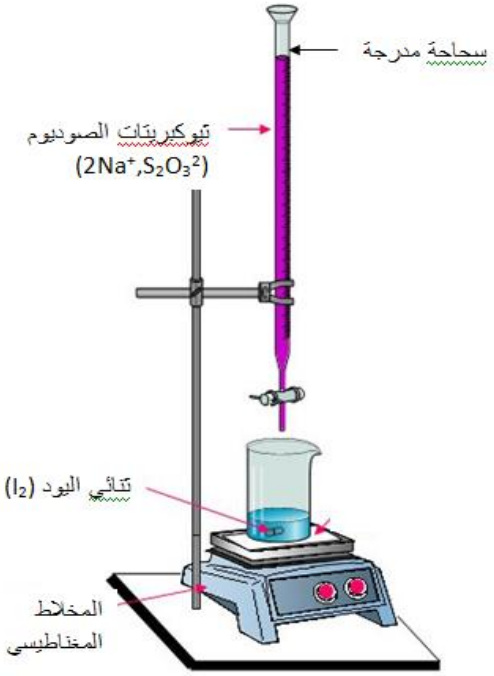
5. المعايرة

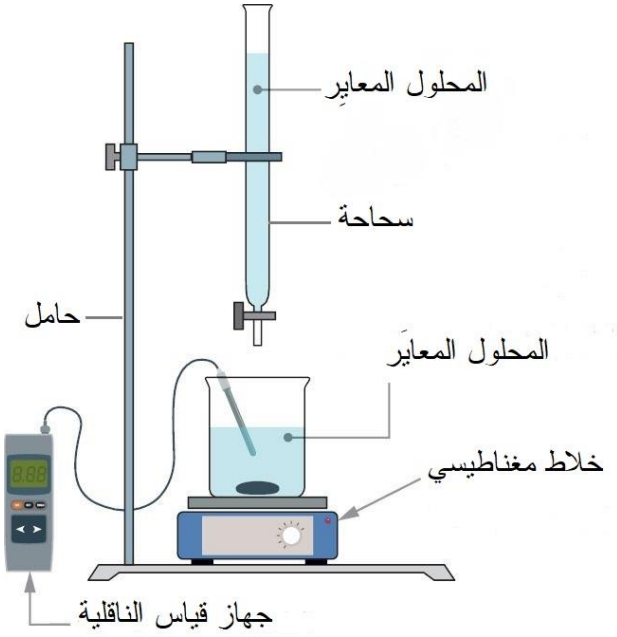
- معايرة نوع كيميائي في محلول مائي يعني تعيين تركيزه المولي في هذا المحلول.
- في عملية المعايرة وعند التكافؤ، يتفاعل المعايَر والمعايِر كليا، لحساب C_2 تركيز المعايَر: $C_1.V_E = C_2.V_2$ وتسمى هذه النقطة بنقطة التكافؤ.

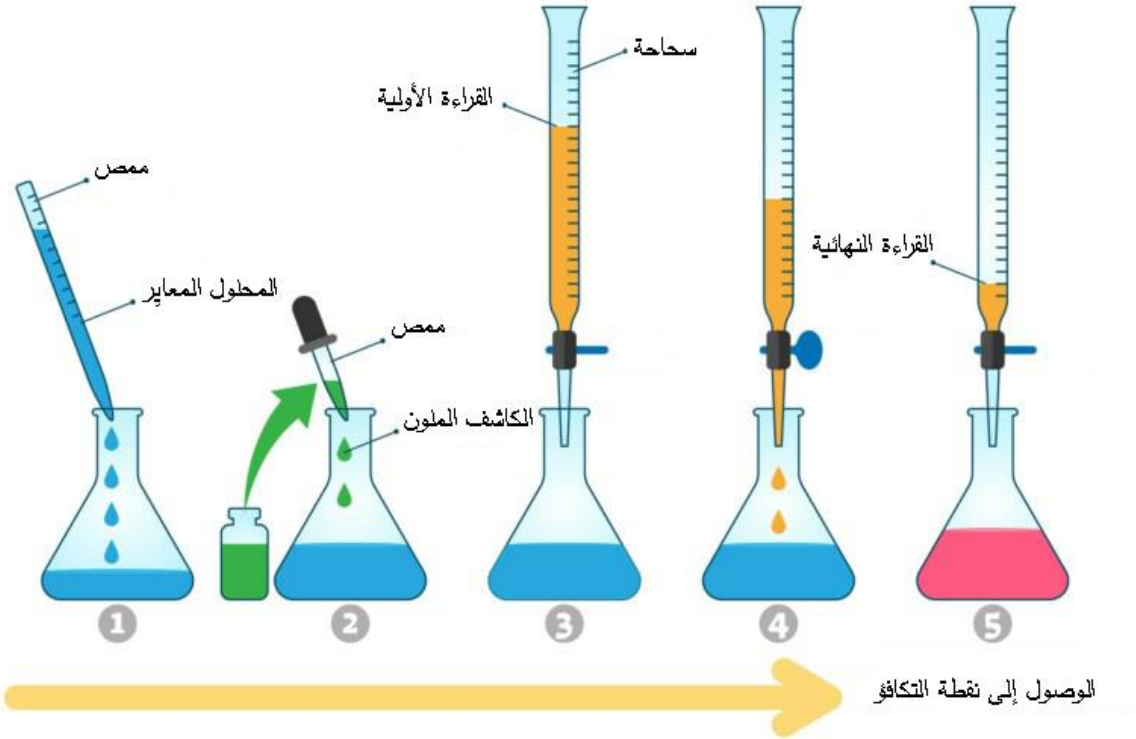
في المعايرة اللونية يمكن أن نستدل على نقطة التكافؤ بتغير لون المحلول.

- يتميز تفاعل المعايرة بالخصائص التالية: سريع، تام، وحيد.

نماذج لبعض التركيبات التجريبية







1 أنواع التحولات الكيميائية

عملي | المدة: ساعتان

البطاقة التقنية للدرس

عناصر الدرس

1. أنواع التحولات الكيميائية
1.1 التحول السريع
2.1 التحول البطيء
3.1 التحول البطيء جدا

تقويم مرحلي
تمارين مختارة من البكالوريا

السندات
نشاط رقم 5 الصفحة 16 من الكتاب المدرسي.

مراحل سير الدرس

تذكير بالمكتسبات القبلية	1 سا
1.1 التحول السريع	15 د
2.1 التحول البطيء	15 د
3.1 التحول البطيء جدا	15 د
تقويم مرحلي	15 د

مؤشر الكفاءة المستهدفة

1. يصنف التحولات الكيميائية حسب مدتها الزمنية.

نشاط الأستاذ

1. يساعد التلاميذ على التمييز بين أنواع التحولات الكيميائية.
2. يشرف على التلاميذ ويقوم إجاباتهم.
3. يجري تجارب بسيطة أمام التلاميذ ويوجههم إلى استخلاص النتائج.

نشاط التلميذ

1. يسترجع بعض المكتسبات القبلية التي لها علاقة بالدرس.
2. يتدرب على كتابة معادلات أكسدة-إرجاع من خلال مجموعة من الأنشطة
3. يتعلم التمييز بين أنواع التحولات الكيميائية وفق المدة الزمنية المستغرقة في كل نوع.

الوسائل المستعملة

الزجاجيات: كؤوس بيشر، أنابيب اختبار، قارورة فارغة.
الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، ملعقة.
المواد الكيميائية والمحاليل:
محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$
محلول كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{aq}$
حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{aq}$
محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$
محلول بيروكسوديسولفات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})_{(aq)}$.
الماء المقطر.

المراجع

الكتاب المدرسي، الوثيقة المرافقة، التدرجات السنوية، وثائق الأنترنت.

مقدمة

التفاعلات الكيميائية تلعب دورا كبيرا في أيض الكائنات الحية وفي التمثيل الضوئي للنباتات التي تمدنا بالغذاء والأكسجين. والتنفس هو أيضا تفاعلات كيميائية. والاحتراق تفاعل كيميائي، بما فيه من تفاعلات أكسدة تتم في محرك الاحتراق الداخلي الذي يسيّر السيارات والمركبات المتنوعة.
ماهي أنواع التحولات الكيميائية إذا احتكمنا إلى سرعة حدوثها؟

1. أنواع التحولات الكيميائية

- **الإشكالية**

هل تبلغ كل التحولات الكيميائية حالتها النهائية في نفس المدة الزمنية؟

- **عمل تجريبي**

البروتوكول التجريبي

الزجاجيات: كؤوس بيشر، أنابيب اختبار، قارورة فارغة.
الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، ملعقة.
المواد الكيميائية والمحاليل:
محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$
محلول كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{aq}$
حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{aq}$
محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$
محلول بيروكسوديسولفات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})_{(aq)}$

1.1 التحول السريع

- **التجربة**

نسكب تدريجيا محلولا من برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$ على محلول من كبريتات الحديد الثنائي المحمض $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{aq}$.

الملاحظة

نلاحظ زوال اللون البنفسجي لبرمنغنات البوتاسيوم المسكوبة مباشرة عند سكبها على محلول كبريتات الحديد الثنائي.

1. محلول برمنغنات البوتاسيوم وبلوراتها.

- زوال اللون البنفسجي لمحلول البرمنغنات دليل على حدوث تفاعل كيميائي بين الشوارد MnO_4^- والشوارد Fe^{2+} وفق المعادلتين النصفيتين التاليتين:

$$(Fe^{2+}_{(aq)} = Fe^{3+}_{(aq)} + e^-) \times 5$$

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e^- = Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O$$

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث (تفاعل أكسدة-إرجاع):

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} = Mn^{2+}_{(aq)} + Fe^{3+}_{(aq)} + 4H_2O$$

2. محلول كبريتات الحديد الثنائي وبلوراتها.

النتيجة

يبلغ تفاعل محلول برمنغنات البوتاسيوم مع محلول كبريتات الحديد الثنائي نهايته مباشرة بمجرد تلامسهما فهو إذن **تفاعل سريع**.

2.1 التحول البطيء

• **التجربة**

نمزج $100\,mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_1 = 0.40\,mol/L$ مع $100\,mL$ من بيروكسوديسولفات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_2 = 0.036\,mol/L$. بعد الرج نجزئ المزيج إلى 10 أجزاء متماثلة في الحجم يكون: $V = 20\,mL$

3. محلول يود البوتاسيوم التجاري.

الملاحظة

نلاحظ تطور لون المحلول في الوسط التفاعلي في أحد الأجزاء.

• تطور لون المحلول نحو لون داكن نتيجة لتزايد كمية اليود الثنائي I_2 المتشكل وفق المعادلتين النصفيتين التاليتين:

$$2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2e^-$$

$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- = 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث (تفاعل أكسدة-إرجاع):

$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

4. عبوة من بلورات بيروكسوديسولفات البوتاسيوم

النتيجة

يبلغ تفاعل محلول يود البوتاسيوم مع محلول بيروكسوديسولفات البوتاسيوم نهايته بعد فترة زمنية تبلغ عدة ثواني، عدة دقائق إلى عدة ساعات فهو إذن **تفاعل بطيء**.

3.1 التحول البطيء جدا

• **التجربة**

نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ثم نضع المحلول في قارورة ونتركها في المخبر.

الملاحظة

بعد عدة أيام: نلاحظ بقاء لون المحلول مستقرا ما يدل على عدم حدوث تحول لشوارد البرمنغنات.
بعد عدة أشهر: نلاحظ تشكل راسب على السطح الداخلي للقارورة.
الراسب المشاهد لونه أشقر وهو عبارة عن ثاني أكسيد المنغنيز MnO_2

يترسب ثاني أكسيد المنغنيز عند إرجاع شوارد MnO_4^- وفق المعادلة:

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} + 3e^- = MnO_{2(s)} + 2H_2O$$

بينما يلعب الماء دور المرجع ويتأكسد وفق المعادلة:

$$2H_2O_{(l)} = O_{2(aq)} + 4H^+ + 4e^-$$

معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث (تفاعل أكسدة-إرجاع):

$$4MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} = 4MnO_{2(s)} + 3O_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

النتيجة

يبلغ انحلال بلورات البرمنغنات في الماء المقطر نهايته بعد فترة زمنية طويلة تبلغ عدة أيام إلى عدة أشهر فهو إذن **تفاعل بطيء جدا**.

الخلاصة

يمكن تصنيف التحولات الكيميائية حسب المدة الزمنية التي تستغرقها لتصل إلى حالتها النهائية إلى:

تحولات سريعة: وهي تحولات تبلغ حالتها النهائية بمجرد تلامس المتفاعلات.

تحولات بطيئة: هي تحولات تستغرق عدة ثواني، دقائق أو ساعات لتصل إلى حالتها النهائية.

تحولات بطيئة جدا: هي تحولات تستغرق عدة أيام أو شهور لتصل إلى حالتها النهائية.

1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

البطاقة التجريبية 01 للتلميذ

1. أنواع التحولات الكيميائية

• **الإشكالية**

هل تبلغ كل التحولات الكيميائية حالتها النهائية في نفس المدة الزمنية؟

• **عمل تجريبي**

الزجاجيات: كؤوس بيشر، أنابيب اختبار، قارورة فارغة.

الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، ملعقة.

المواد الكيميائية والمحاليل:

محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$، محلول كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{aq}$، حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{aq}$، محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$ محلول بيروكسوديسولفات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})_{(aq)}$.

• **التجربة 01**

نسكب تدريجيا محلولا من برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$ على محلول من كبريتات الحديد الثنائي المحمض $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{aq}$.

1. ماذا تلاحظ؟

.....

.....

2. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة وللإرجاع ثم اكتب المعادلة الإجمالية.

.....

.....

.....

3. ماذا تستنتج فيما يخص سرعة هذا التفاعل؟

.....

.....

• **التجربة 02**

نمزج $100\ mL$ من يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_1 = 0.40\ mol/L$ مع $100\ mL$ من بيروكسوديسولفات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_2 = 0.036\ mol/L$. بعد الرج نجزئ المزيج إلى 10 أجزاء متماثلة في الحجم يكون: $V = 20\ mL$

1. ماذا تلاحظ؟

.....

.....

2. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة وللإرجاع ثم اكتب المعادلة الإجمالية.

.....

.....

.....

3. ماذا تستنتج فيما يخص سرعة هذا التفاعل؟

.....

.....

• **التجربة 03**

نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ثم نضع المحلول في قارورة ونتركها في المخبر.

1. ماذا تلاحظ؟

.....

.....

2. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة وللإرجاع ثم اكتب المعادلة الإجمالية.

.....

.....

.....

3. ماذا تستنتج فيما يخص سرعة هذا التفاعل؟

.....

.....

ملاحظة: يمكن الاستعانة بنتيجة تجربة سابقة (نظرا لكونها تستغرق وقتا طويلا في الظهور).

دوّن خلاصة عن كلّ التجارب السابقة ونتائجها.

.....

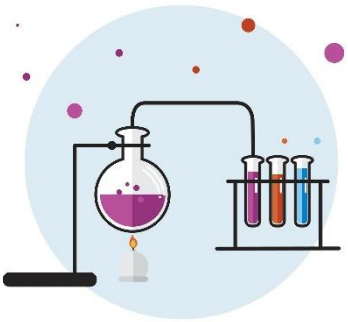
.....

.....

.....

.....

.....



1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

البطاقة التجريبية 01 للأستاذ

1. أنواع التحولات الكيميائية

• **الإشكالية**

هل تبلغ كل التحولات الكيميائية حالتها النهائية في نفس المدة الزمنية؟

• **عمل تجريبي**

الزجاجيات: كؤوس بيشر، أنابيب اختبار، قارورة فارغة.
الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، ملعقة.
المواد الكيميائية والمحاليل:
محلول برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$، محلول كبريتات الحديد الثنائي $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{aq}$، حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{aq}$، محلول يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$ محلول بيروكسوديسولفات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})_{(aq)}$.

1.1 التحول السريع

• **التجربة**

نسكب تدريجيا محلولا من برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$ على محلول من كبريتات الحديد الثنائي المحمض $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{aq}$.

1. ماذا تلاحظ؟

نلاحظ زوال اللون البنفسجي لبرمنغنات البوتاسيوم المسكوبة مباشرة عند سكبها على محلول كبريتات الحديد الثنائي.

2. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة وللإرجاع ثم اكتب المعادلة الإجمالية.

$$(Fe^{2+}_{(aq)} = Fe^{3+}_{(aq)} + e^-) \times 5$$

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e^- = Mn^{2+}_{(aq)} + 4H_2O$$

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} = Mn^{2+}_{(aq)} + Fe^{3+}_{(aq)} + 4H_2O$$

3. ماذا تستنتج فيما يخص سرعة هذا التفاعل؟

يبلغ تفاعل محلول برمنغنات البوتاسيوم مع محلول كبريتات الحديد الثنائي نهايته مباشرة بمجرد تلامسهما فهو إذن **تفاعل سريع**.

2.1 التحول البطيء

• **التجربة**

نمزج $100\,mL$ من يود البوتاسيوم $(K^+ + I^-)_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_1 = 0.40\,mol/L$ مع $100\,mL$ من بيروكسوديسولفات البوتاسيوم $(2K^+ + S_2O_8^{2-})_{(aq)}$ تركيزه المولي $C_2 = 0.036\,mol/L$. بعد الرج نجزئ المزيج إلى 10 أجزاء متماثلة في الحجم يكون: $V = 20\,mL$

1. ماذا تلاحظ؟

نلاحظ تطور لون المحلول في الوسط التفاعلي في أحد الأجزاء.

2. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة وللإرجاع ثم اكتب المعادلة الإجمالية.

$$2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2e^-$$

$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- = 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

3. ماذا تستنتج فيما يخص سرعة هذا التفاعل؟

يبلغ تفاعل محلول يود البوتاسيوم مع محلول بيروكسوديسولفات البوتاسيوم نهايته بعد فترة زمنية تبلغ عدة ثواني، عدة دقائق إلى عدة ساعات فهو إذن **تفاعل بطيء**.

3.1 التحول البطيء جدا

- **التجربة**

نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ثم نضع المحلول في قارورة ونتركها في المخبر.

1. ماذا تلاحظ؟

نذيب بضع بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ثم نضع المحلول في قارورة ونتركها في المخبر.

2. اكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة وللإرجاع ثم اكتب المعادلة الإجمالية.

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} + 3e^- = MnO_{2(s)} + 2H_2O$$

بينما يلعب الماء دور المرجع ويتأكسد وفق المعادلة:

$$2H_2O_{(l)} = O_{2(aq)} + 4H^+ + 4e^-$$

$$4MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} = 4MnO_{2(s)} + 3O_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

3. ماذا تستنتج فيما يخص سرعة هذا التفاعل؟

يبلغ انحلال بلورات البرمنغنات في الماء المقطر نهايته بعد فترة زمنية طويلة تبلغ عدة أيام إلى عدة أشهر فهو إذن **تفاعل بطيء جدا**.

ملاحظة: يمكن الاستعانة بنتيجة تجربة سابقة (نظرا لكونها تستغرق وقتا طويلا في الظهور).

دوّن خلاصة عن كلّ التجارب السابقة ونتائجها.

يمكن تصنيف التحولات الكيميائية حسب المدة الزمنية التي تستغرقها لتصل إلى حالتها النهائية إلى:

تحولات سريعة: وهي تحولات تبلغ حالتها النهائية بمجرد تلامس المتفاعلات.

تحولات بطيئة: هي تحولات تستغرق عدة ثواني، دقائق أو ساعات لتبلغ حالتها النهائية.

تحولات بطيئة جدا: هي تحولات تستغرق عدة أيام أو شهور لتبلغ حالتها النهائية.

2

طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

عملي | المدة: ع.م + 4 ساعات (6 سا)

البطاقة التقنية للدرس

عناصر الدرس

2. طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي
1.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة اللونية
2.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية
3.2 المتابعة الزمنية بقياس الحجم
4.2 زمن نصف التفاعل
5.2 سرعة التفاعل
أ. سرعة تشكل وسرعة اختفاء نوع كيميائي
ب. السرعة الحجمية لتشكل/اختفاء نوع كيميائي

تقويم مرحلي

تمارين 14 ص 50 و22 ص 54.

مراحل سير الدرس

1.2 المتابعة الزمنية عن طريق المعايرة اللونية	**2 سا**
2.2 المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية	**2 سا**
3.2 المتابعة الزمنية عن طريق قياس ضغط غاز أو حجمه	**1 سا**
4.2 زمن نصف التفاعل	**15 د**
5.2 سرعة التفاعل	**30 د**
أ. سرعة تشكل وسرعة اختفاء نوع كيميائي	15 د
ب. السرعة الحجمية لتشكل/اختفاء نوع كيميائي	15 د
تقويم مرحلي	**15 د**

مؤشر الكفاءة المستهدفة

1. يتقن طرق المتابعة لتحول كيميائي.
2. يرسم ويوظف المنحنيات في تحديد زمن نصف التفاعل وسرعة التفاعل.

نشاط الأستاذ

1. التحكم في استعمال بروتوكول المعايرة اللونية.
2. التحكم في استعمال بروتوكول المتابعة الزمنية عن طريق قياس الناقلية.
3. التحكم في استعمال بروتوكول المتابعة الزمنية عن طريق قياس الحجم أو الضغط.
3. توضيح علاقة التكافؤ ورسم بيان متابعة تقدم التفاعل بدلالة الزمن.

نشاط التلميذ

1. يتعرف على البروتوكول التجريبي.
2. ينجز مخطط التجربة طبقا للوثيقة التي يقدمها له الأستاذ.
3. يستخرج علاقة التكافؤ ويرسم بيان تقدم التفاعل بدلالة الزمن.

الوسائل المستعملة

الزجاجيات: أنابيب اختبار، سحاحة، ماصة عيارية، دورق مخروطي $200\ mL$، قارورتان عياريتان $50\ mL$، 10 كؤوس بيشر $100\ mL$.
الأدوات والوسائل: خلاط مغناطيسي، جهاز قياس الناقلية، مقاتية، قمع، حامل.
المحاليل والمواد الكيميائية:
كحول (2- كلورو-2- ميثيل بروبان)، ماء مقطر، إيثانول.
محلول يود البوتاسيوم $(I^- + K^+)_{(aq)}$، محلول الماء الأكسيجيني H_2O_2، حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{(aq)}$، ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})_{(aq)}$ صمغ النشاء، ماء مثلج.

المراجع

الكتاب المدرسي، الوثيقة المرافقة، التدرجات السنوية، وثائق الأنترنت.

مقدمة

نقصد بمتابعة تحول كيميائي بطيء بمرور الزمن متابعة تغيرات كمية المادة لأحد المتفاعلات أو لأحد النواتج خلال فترات زمنية معينة من مدة التفاعل ولأنه لا يوجد جهاز يقيس كمية المادة مباشرة فإننا نلجأ إلى طرق غير مباشرة لقياس كمية المادة، منها الطرق الكيميائية (المعايرة اللونية)، ومنها الطرق الفيزيائية (متابعة تطور أحد المقادير الفيزيائية والتي تمكننا من تعيين كمية المادة كالحجم، الضغط...الخ).

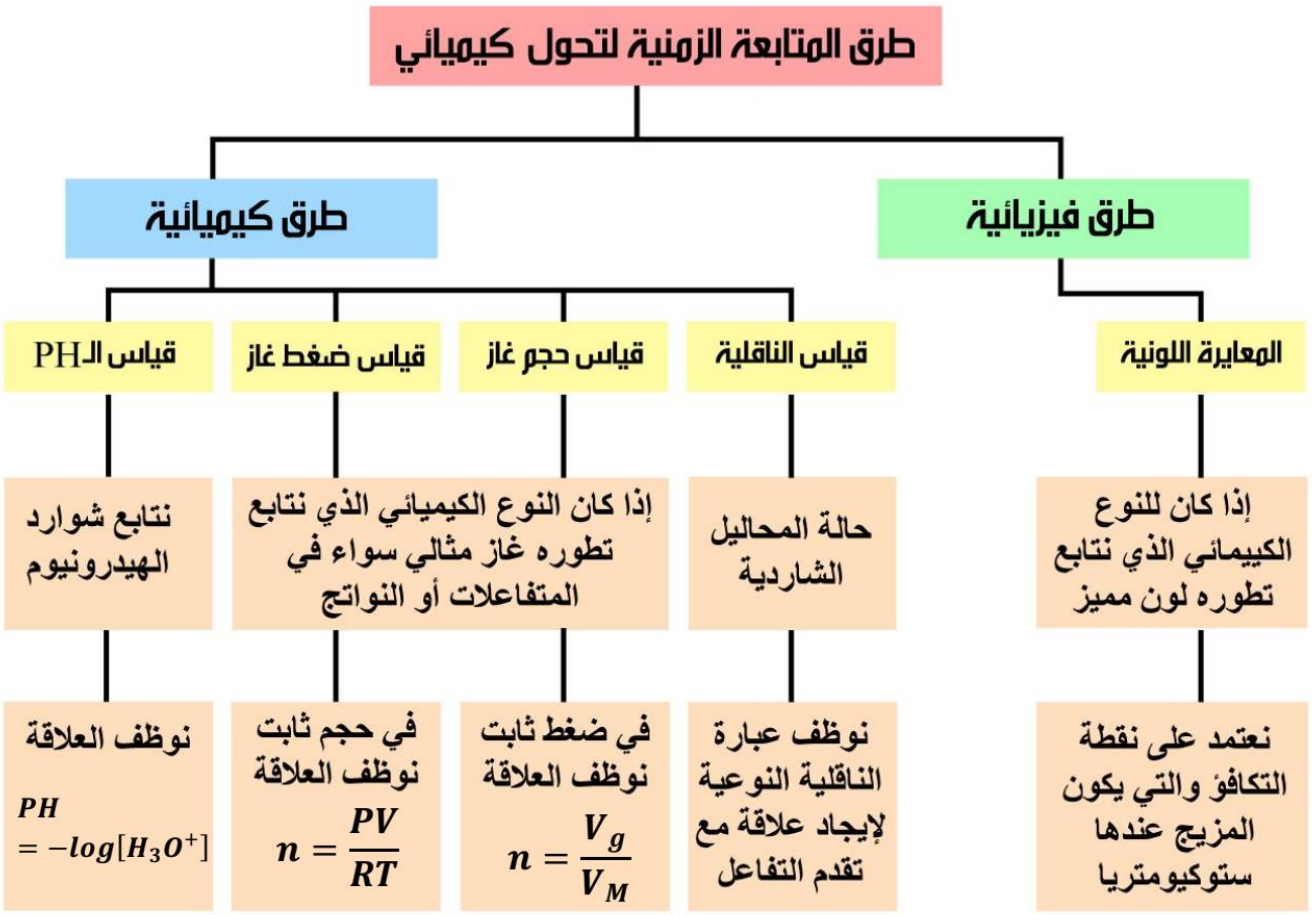
2. طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

يمكن متابعة التحولات الكيميائية بطرق عديدة يمكن تصنيفها إلى:

طرق كيميائية: هذه الطرق نقوم فيها بهدم المزيج الأصلي من أجل تتبع تطوره زمنيا.

طرق فيزيائية: هذه الطرق تحافظ على المزيج الأصلي كما نستخدم فيها أجهزة قياس مختلفة.

المخطط الموالي فيه تلخيص لكل طرق المتابعة:



1.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة اللونية

• الإشكالية

كيف تتم المتابعة الزمنية لتحول كيميائي ما عن طريق المعايرة اللونية؟

• عمل تجريبي

البروتوكول التجريبي

الزجاجيات: أنابيب اختبار، سحاحة، ماصة عيارية، دورق مخروطي $200\ mL$، قارورتان عياريتان $50\ mL$، 10 كؤوس بيشر $100\ mL$.

الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، مقاتية، قمع، حامل.

المواد الكيميائية والمحاليل:

محلول يود البوتاسيوم $(I^- + K^+)_{(aq)}$، محلول الماء الأكسيجيني H_2O_2، حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{(aq)}$، ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})_{(aq)}$ صمغ النشاء، ماء مثلج.

• التجربة

1. نمزج في الدورق:

حجم $V_1 = 50\ mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(I^- + K^+)_{(aq)}$ بتركيز C_1.

حجم $V_2 = 50\ mL$ من محلول الماء الأكسجيني H_2O_2 بتركيز C_2.

قطرات من حمض الكبريت المركز فيظهر اللون البني لثنائي اليود.

5. صورة بها قارورة من الماء الأكسجيني.

2. نملأ السحاحة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه C_3 ونضبط الحجم عند الصفر.

3. في كل لحظة t معينة، نأخذ $10\ mL$ من المزيج التفاعلي ونضعها في بيشر به حوالي $50\ mL$ من الماء المثلج نضيف قطرات من محلول النشا فيظهر لون أزرق غامق ثم نعاير بسرعة كمية ثنائي اليود المتشكل في هذه اللحظة بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى زوال اللون الأزرق.

نسجل الحجم V_E المسكوب من محلول الثيوكبريتات عند التكافؤ في الجدول التالي:

6. بلورات ثيوكبريتات الصوديوم

قيم الجدول المقابل تملأ بالتجربة

$t(\text{min})$	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$										

• استغلال نتائج التجربة

أولا: تفاعل إنتاج اليود الثنائي

1. لماذا نضع الخليط التفاعلي في الماء المثلج في كل مرة؟
2. اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول المدروس علما أن الثنائيات Ox/Red الداخلة في التفاعل: (H_2O_2/H_2O)، (I_2/I^-).
3. أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.
4. أوجد العلاقة بين تقدم التفاعل x في لحظة t وكمية مادة ثنائي اليود $n(I_2)$ الناتجة في المزيج التفاعلي في تلك اللحظة.

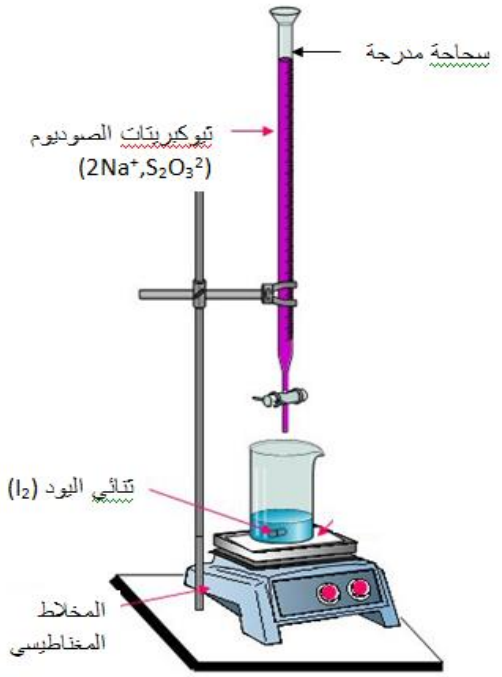
ثانيا: تفاعل معايرة اليود الثنائي الناتج

5. اكتب معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة ثم أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل علما أن الثنائيات Ox/Red الداخلة في التفاعل: (I_2/I^-)، $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$.
6. عبر عن كمية مادة ثنائي اليود $n_0(I_2)$ في العينة المعايرة بدلالة تركيز محلول الثيوكبريتات C_3 وحجمها V_E المسكوب عند التكافؤ في تلك اللحظة.
7. استنتج عبارة كمية مادة ثنائي اليود $n(I_2)$ الناتجة في المزيج التفاعلي في اللحظة t بدلالة كل من: C_3، V_E في $100\ mL$.
8. أكمل عندئذ الجدول التالي:

$t(\text{min})$	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$										
$x(mmol)$										

9. أرسم البيان: $x = f(t)$.

- **المناقشة**
- مخطط التركيب التجريبي



أولا: تفاعل إنتاج اليود الثنائي

1. نضع الخليط التفاعلي في الماء المثلج في كل مرة لإيقاف التفاعل.
2. معادلة التفاعل المنمذج للتحول المدروس:

$$2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2e^-$$

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$$

المعادلة الإجمالية:

$$2I^-_{(aq)} + H_2O_2 + 2H^+ = I_{2(aq)} + 2H_2O$$

3. جدول تقدم التفاعل:

المعادلة	$2I^-_{(aq)} + H_2O_2 + 2H^+ = I_{2(aq)} + 2H_2O$				
التقدم	كميات المادة بالمول				
0	n_1	n_2	بوفرة	0	بوفرة
x	$n_1 - 2x$	$n_2 - x$	بوفرة	x	بوفرة
x_{max}	$n_1 - 2x_{max}$	$n_2 - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	بوفرة

4. العلاقة بين تقدم التفاعل وكمية مادة ثنائي اليود:

$$n(I_2) = x(t)$$

ثانيا: تفاعل معايرة اليود الثنائي الناتج

5. معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة:

$$I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-_{(aq)}$$
$$2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2e^-$$

المعادلة الإجمالية:

$$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

جدول التقدم:

المعادلة	$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$			
التقدم	كميات المادة بالمول			
0	n_0	n_2	0	0
x_E	$n_0 - 2x_E$	$n_2 - x_E$	x_E	$2x_E$

6. كمية مادة ثنائي اليود $n_0(I_2)$ الناتج في العينة المعايرة عند التكافؤ:

$$\frac{n_0(I_2)}{1} = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}$$
$$n_0(I_2) = \frac{C_3.V_E}{2}$$

7. عبارة كمية مادة ثنائي اليود $n(I_2)$ الناتجة في المزيج التفاعلي الكلي:

حجم العينة هو: $10\ mL$

حجم المزيج التفاعلي: $100\ mL$

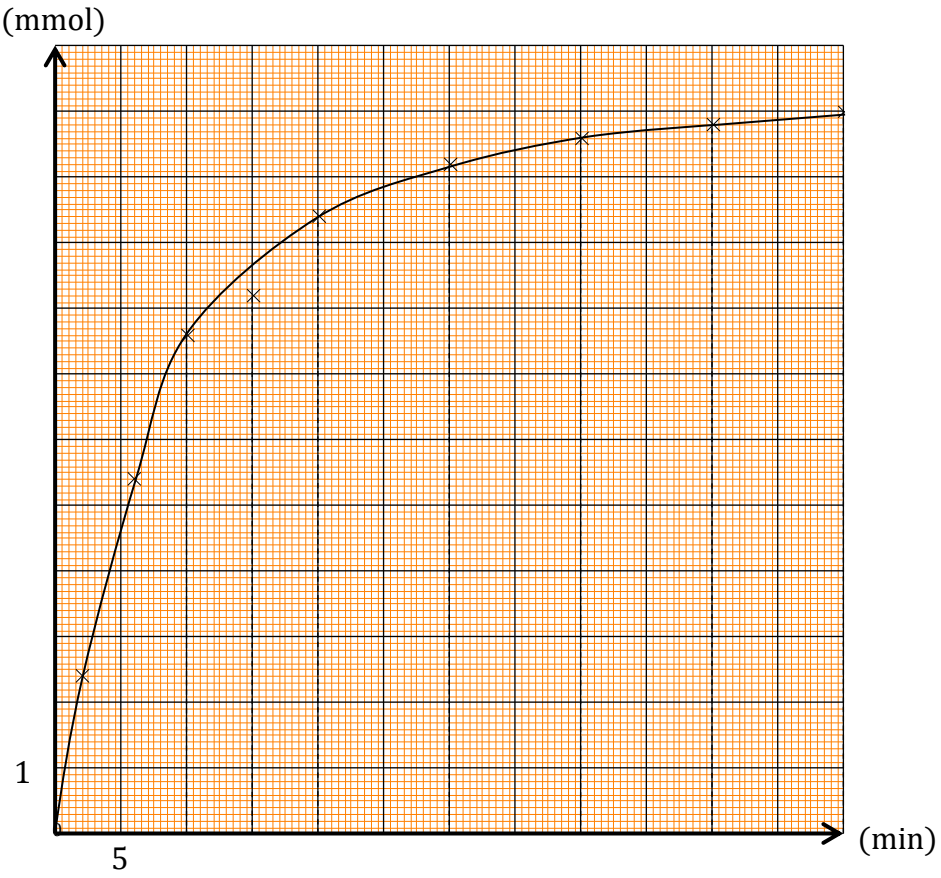
وعليه:

$$n(I_2) = 10\ n_0(I_2)$$
$$n(I_2) = 10\ n_0(I_2) = \frac{C_3.V_E}{2}$$
$$n(I_2) = 5C_3.V_E$$

8. إكمال الجدول:

$t(\text{min})$	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$	0	4.8	10.8	14	16.8	18.8	20.4	21.2	21.6	22
$x(mmol)$	0	2.4	5.4	7.6	8.2	9.4	10.2	10.6	10.8	11

9. البيان: $x = f(t)$:



2.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية

• الإشكالية

كيف تتم المتابعة الزمنية لتحول كيميائي ما عن طريق قياس الناقلية؟

• عمل تجريبي

البروتوكول التجريبي

الزجاجيات: كأس بيشر $100\ mL$، سحاحة $25\ mL$، ماصة عيارية $10\ mL$.
الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، ملعقة، حامل، جهاز قياس الناقلية.
المواد الكيميائية والمحاليل:
كحول (2- كلورو-2- ميثيل بروبان)، ماء مقطر، إيثانول.

• التجربة

يتفاعل 2- كلورو-2- ميثيل بروبان مع الماء وفق المعادلة التالية:

$$C_4H_9Cl_{(l)} + 2H_2O = C_4H_9OH_{(l)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

1. نضع في كأس $50\ mL$ من الماء المقطر و$25\ mL$ من الكحول، نضع الكأس في حمام مائي درجة حرارته $20°C$.
2. نأخذ حجم $1\ mL$ من 2- كلورو-2-ميثيل بروبان، ونضعه في الكأس عند $t = 0\ s$، لحظة تشغيل المقاتية.
3. نعاير مقياس الناقلية، ونغمر خلية القياس في الخليط بعد تحريكه ليصبح متجانسا.

نسجل بعد كل $200\ s$ الناقلية $\sigma(t)$ للمحلول فنحصل على الجدول التالي:

$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200
$\sigma(S/m)$	0	0,489	0.977	1 ,270	1,466	1,661	1,759
$x(mmol)$							
$n_{RCl}(mmol)$							

1400	1600	1800	2000
1,856	1,955	1,955	1.955

• استغلال نتائج التجربة

1. اكتب الصيغة نصف المفصلة لـ: 2- كلورو-2-ميثيل بروبان.
2. وضّح لماذا بإمكاننا متابعة هذا التحول زمنيا عن طريق قياس الناقلية.
3. أنجز جدول التقدم لهذا التفاعل.
4. اكتب عبارة الناقلية النوعية σ عند اللحظة t بدلالة: $[H_3O^+]$، $\lambda_{H_3O^+}$، λ_{Cl^-}.
5. استنتج عبارة الناقلية النوعية عند اللحظة t_f.

6. استنتج أن الناقلية النوعية للمحلول عند أية لحظة t يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$\sigma(t) = \sigma_f . \frac{x(t)}{x_{max}}$$

7. علما أن الكتلة المولية لـ: 2- كلورو-2- ميثيل بروبان $M = 92\ g/mol$ والكتلة الحجمية له $\rho = 0.85\ g/cm^3$:
احسب كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان الابتدائية n_0، ثم استنتج التقدم الأعظمي x_{max}.

8. أتمم السطر الثالث من الجدول.

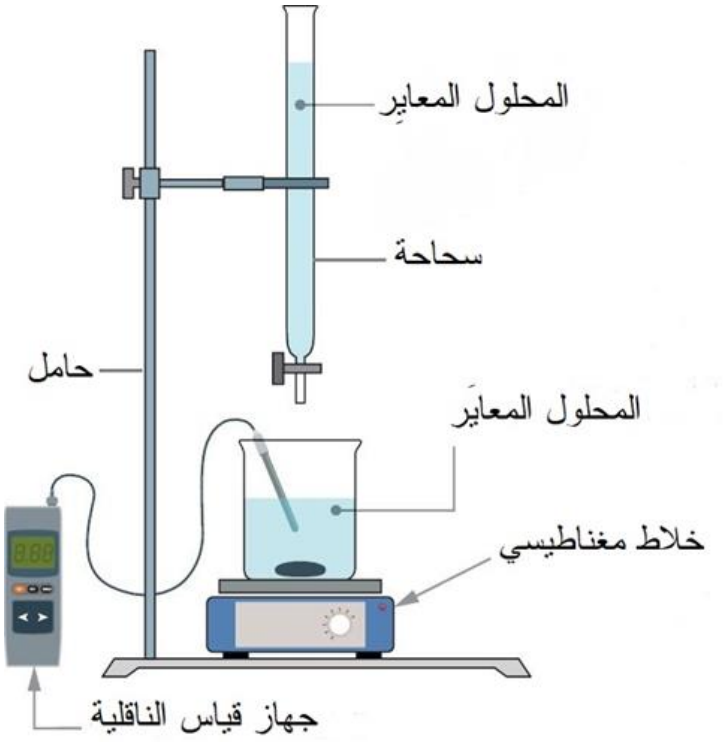
9.أ. اعتمادا على جدول التقدم أوجد كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان في كل لحظة زمنية بدلالة التقدم $x(t)$.

ب. أتمم السطر الرابع من الجدول ثم ارسم البيان $x = f(t)$.

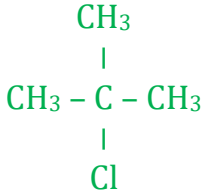
10. حدد التركيب النهائي للمزيج.

- **المناقشة**
- مخطط التركيب التجريبي

7. جهاز قياس الناقلية.



1. الصيغة نصف المفصلة لـ: 2- كلورو-2- ميثيل بروبان:



2. بإمكاننا متابعة هذا التحول زمنيا عن طريق قياس الناقلية لاحتواء الوسط التفاعلي على شوارد حرة (شوارد H_3O^+ وشوارد Cl^-).

3. جدول تقدم التفاعل:

المعادلة	$C_4H_9Cl_{(l)} + 2H_2O = C_4H_9OH_{(l)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$				
التقدم	كميات المادة بالمول				
0	n_0	بوفرة	0	0	0
x	$n_0 - x$	بوفرة	x	x	x
x_{max}	$n_0 - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	x_{max}	x_{max}

4. عبارة الناقلية النوعية σ عند اللحظة t:

$$\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}.[Cl^-]$$

من جدول التقدم نجد أن: $[H_3O^+] = [Cl^-]$ وعليه:

$$\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}.[H_3O^+]$$

$$\sigma(t) = [H_3O^+].(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

5. عبارة الناقلية النوعية عند اللحظة t_f:

مما سبق:

$$\sigma(t) = [H_3O^+].(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

وعليه: $$\sigma_f = [H_3O^+]_f.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

6. الناقلية النوعية للمحلول عند أية لحظة t:

وجدنا في السؤال الخامس عبارتي $\sigma(t)$ و σ_f

ومن جدول التقدم: $[H_3O^+] = \frac{x(t)}{V}$ و: $[H_3O^+]_f = \frac{x_{max}}{V}$ نعوض في عبارتي الناقلية النوعية نجد:

$$\sigma(t) = \frac{x(t)}{V}.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

و: $$\sigma_f = \frac{x_{max}}{V}.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

بقسمة $\sigma(t)$ على σ_f نجد:

$$\frac{\sigma(t)}{\sigma_f} = \frac{x(t)}{x_{max}}$$

إذن: $$\sigma(t) = \sigma_f.\frac{x(t)}{x_{max}}$$

7. كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان الابتدائية:

$$n_0 = \frac{m}{M} = \frac{\rho.V}{M}$$

$$n_0 = \frac{0.85 \times 1}{92} = 9.2 \times 10^{-3}\ mol$$

حساب التقدم الأعظمي:

بمأن التفاعل تام فإن: $n_0 - x_{max} = 0$ وعليه:

$$x_{max} = n_0 = 9.2 \times 10^{-3}\ mol$$

8. ملأ الجدول:

من (6) نجد: $x(t) = x_{max}.\frac{\sigma(t)}{\sigma_f}$

و عليه: $x(t) = \sigma(t).\frac{9.2\times10^{-3}}{1.955}$

$$x(t) = 4.7 \times 10^{-3}.\sigma(t)$$

$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200
$\sigma(S/m)$	0	0.489	0.977	1 .270	1.466	1.661	1.759
$x(mmol)$	0	2.3	4.59	5.97	6.89	7.81	8.27
$n_{RCl}(mmol)$	9.2	6.9	4.61	3.23	2.31	1.39	0.93

1400	1600	1800	2000
1,856	1,955	1,955	1.955
8.72	9.19	9.19	9.19
0.48	0.01	0.01	0.01

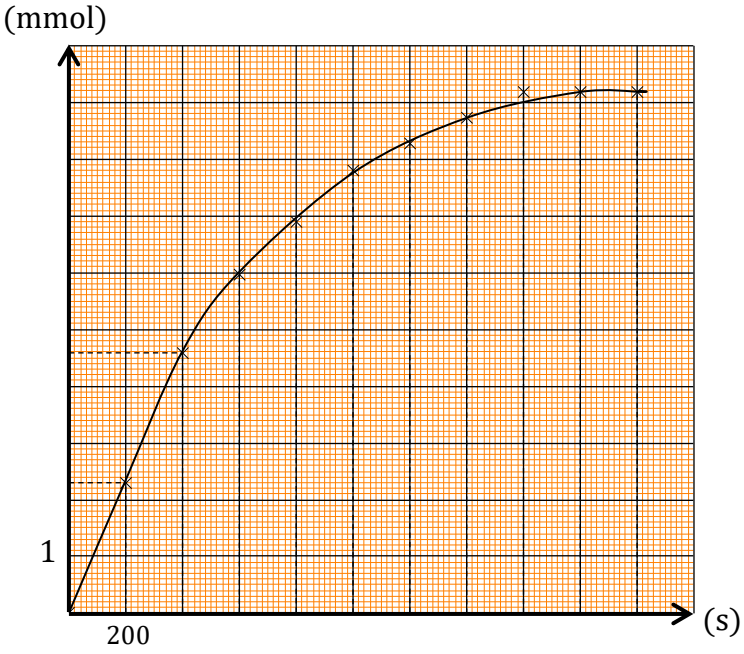
9.أ. كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان في كل لحظة زمنية بدلالة التقدم $x(t)$:

من جدول التقدم:

$$n_{RCl} = n_0 - x(t)$$

$$n_{RCl} = 9.2 \times 10^{-3} - x(t)$$

ب. ملأ السطر الرابع (في الجدول أعلاه)، ثم رسم البيان $x = f(t)$:



10. التركيب النهائي للمزيج:

لدينا من جدول التقدم:

$$[H_3O^+]_f = [Cl^-]_f = \frac{x_{max}}{V} = \frac{9.2 \times 10^{-3}\ mol}{0.075} = 0.122\ mol/L$$

$$n_f(C_4H_9OH_{(l)}) = 9.2 \times 10^{-3}\ mol$$

$$n_f(C_4H_9Cl_{(l)}) = 0\ mol$$

3.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس حجم غاز

• الإشكالية

كيف تتم المتابعة الزمنية لتحول كيميائي ما عن طريق قياس حجم غاز؟

• عمل تجريبي

البروتوكول التجريبي

الزجاجيات: دورق مزود بسدادة يخترقها أنبوب رفيع معوج، حوض من الماء أنبوب مدرج.

الأدوات المخبرية: مقاتية.

المواد الكيميائية والمحاليل: حمض كلور الماء $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ حجمه $V_1 = 250\ mL$ وتركيزه $C_1 = 0.2\ mol/L$

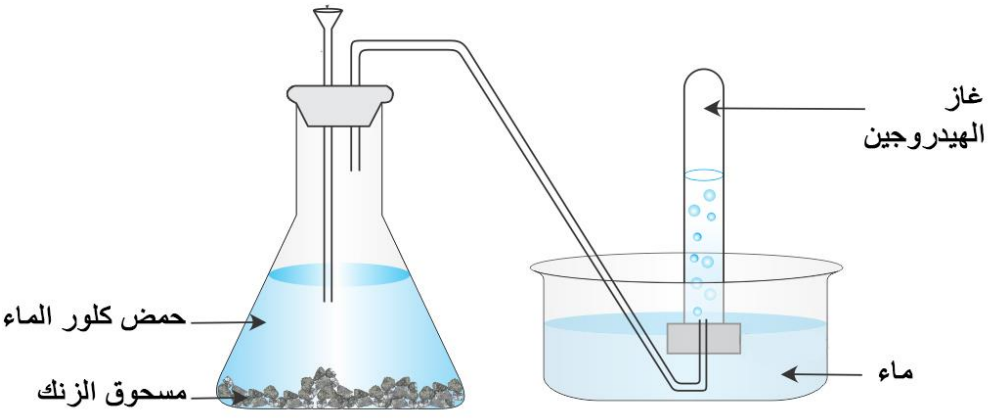
مسحوق الزنك Zn كتلته $m = 1.3\ g$ حيث: $M(Zn) = 65\ g/mol$.

• التجربة

نملأ الأنبوب المدرج بالماء حتى الفوهة ونقلب الأنبوب داخل حوض الماء، نضع حمض كلور الماء ومسحوق الزنك في اللحظة $t = 0$ في الدورق، نسد الدورق وفق التركيب المقابل ونشغل مقاتية، نقيس في لحظة زمنية t حجم انزياح الماء في الأنبوب المدرج أي حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق H_2 في شروط التجربة حيث:

$P = 1\ atm, \theta = 25\ ℃$

دونت النتائج في الجدول التالي:



$t(\text{min})$	0	2	4	6	8	10	12
$V_{H_2}(mL)$	0	25.2	33.1	37.9	42.6	45.7	47.3
$n(H_2)\ mol$							

14	16	18
48.4	48.9	48.9

● **استغلال نتائج التجربة**

1. اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث وحدد الثنائيتين Ox/Red المشاركتين في التفاعل.
2. اكتب العلاقة التي تربط بين: $V(H_2)$ و $n(H_2)$ ثم املأ الجدول.
3. ارسم المنحنى البياني $n(H_2) = f(t)$ وفق سلم رسم مناسب.
4. أنجز جدول تقدم التفاعل.
5. حدد تركيب المزيج عند $t = 2\,min$ و $t = 10\,min$ ثم فسر تطور الجملة الكيميائية.

● **المناقشة**

1. معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث:

$$Zn = Zn^{2+} + 2e^-$$
$$2H^+ + 2e^- = H_2$$

المعادلة الإجمالية:

$$Zn_{(s)} + 2H^+{}_{(aq)} = Zn^{2+}{}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

2. العلاقة بين كمية مادة غاز الهيدروجين وحجمه ثم ملأ الجدول:

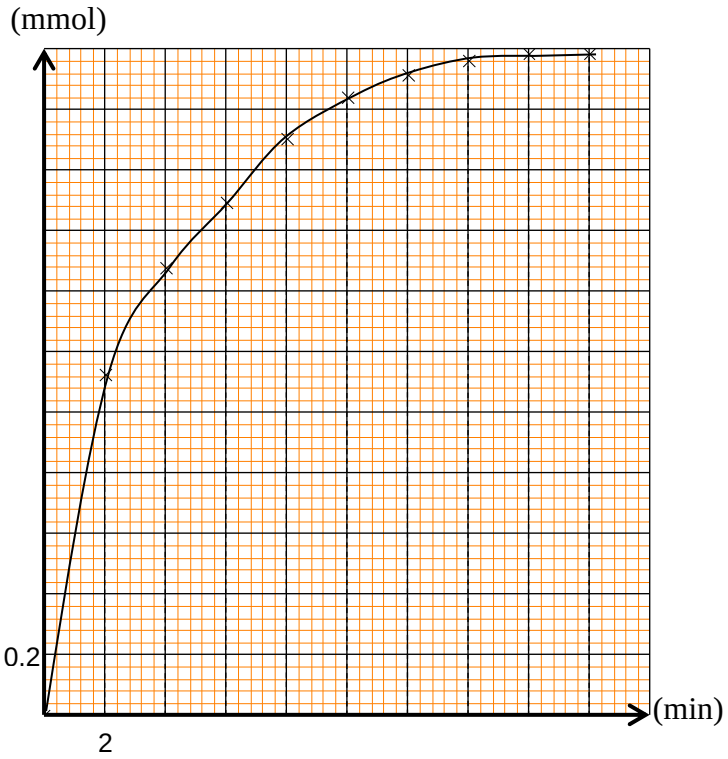
$$n(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_M}$$

t(min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$V_{H_2}(mL)$	0	25.2	33.1	37.9	42.6	45.7	47.3	48.4	48.9	48.9
$n(H_2)\ mmol$	0.000	1.125	1.477	1.691	1.901	2.04	2.111	2.160	2.183	2.183

3. ورسم البيان: البيان في الصفحة التالية.
4. جدول تقدم التفاعل:

معادلة التفاعل		$Zn_{(s)} + 2H^+{}_{(aq)} = Zn^{2+}{}_{(aq)} + H_{2(g)}$			
الحالة	التقدم	كمية المادة بالمول			
ابتدائية	0	$n_0(Zn)$	$n_0(H^+)$	0	0
انتقالية	x	$n_0(Zn) - x$	$n_0(H^+) - 2x$	x	x
نهائية	x_{max}	$n_0(Zn) - x_{max}$	$n_0(H^+) - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}

المنحنى البياني $n(H_2) = f(t)$:



5. تراكيز الأفراد الكيميائية للمزيج:

عند $t = 2\ min$

لدينا من جدول التقدم:

$$n(H_2) = x = 1.125\ mmol$$

$$[Zn^{2+}] = \frac{x}{V} = \frac{1.125}{250} = 4.5 \times 10^{-3}\ mol/L$$

$$[H^+] = \frac{C_1V_1 - 2 \times 1.125 \times 10^{-3}}{250 \times 10^{-3}} = 0.191\ mol/L$$

$$n(Zn) = \frac{m}{M} - x = \frac{1.3}{65} - 1.125 \times 10^{-3} = 0.019\ mol$$

عند $t = 10\ min$

$$n(H_2) = x = 2.04\ mmol$$

$$[Zn^{2+}] = \frac{2.04}{V} = \frac{2.04}{250} = 8.16 \times 10^{-3}\ mol/L$$

$$[H^+] = \frac{C_1V_1 - 2 \times 2.04 \times 10^{-3}}{250 \times 10^{-3}} = 0.034\ mol/L$$

$$n(Zn) = \frac{m}{M} - x = \frac{1.3}{65} - 2.04 \times 10^{-3} = 0.018\ mol$$

4.2 زمن نصف التفاعل

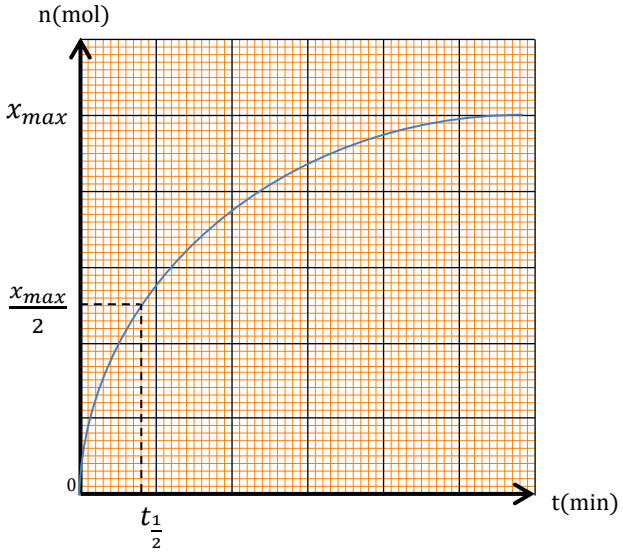
هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي رمزه $t_{\frac{1}{2}}$

كلما كان ومن نصف التفاعل أقل كان التفاعل أسرع (يساعد في المقارنة بين التفاعلات الكيميائية).

يحسب بيانيا، إذ يمثل فاصلة النقطة التي ترتيبتها $x = \frac{x_{max}}{2}$ في البيان $x = f(t)$.

إذا كان التفاعل غير تام فإن زمن نصف التفاعل يمثل فاصلة النقطة التي ترتيبتها:

$$x(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{n_0 + n_f}{2}$$



5.2 سرعة التفاعل

هي معدل تطور التفاعل الكيميائي بالنسبة للزمن، يعبّر عنها إما بدلالة تقدم التفاعل، تركيز أحد المركبات الكيميائية الداخلة في التفاعل أو كمية مادتها.

ليكن التفاعل الكيميائي التالي: $aA + bB = cC + dD$

- سرعة التفاعل

السرعة اللحظية للتفاعل هي معدل تغير تقدم التفاعل بالنسبة للزمن $v = \frac{dx}{dt}$

تحسب السرعة اللحظية للتفاعل بحساب ميل المماس (T) للمنحنى $x = f(t)$ كما تعطى وحدتها بـ: mol/s.

- السرعة الحجمية للتفاعل

معدل تغير تقدم التفاعل في وحدة الحجم بالنسبة للزمن $v_{vol} = \frac{1}{V}\frac{d}{dt}$

وحدة السرعة الحجمية بأنواعها: $mol/l.s$

8. عملية مزج محلولين في المخبر

3.2أ سرعة تشكل وسرعة اختفاء نوع كيميائي

- سرعة التشكل

تمثل السرعة اللحظية للتشكل مشتق عدد المولات (كمية المادة) بالنسبة للزمن

$$v = \frac{dn_C}{dt}$$

- سرعة الاختفاء

ملاحظة: قيمة السرعة دائمة موجبة والإشارة (-) التي تسبق عبارة السرعة في حالة الاختفاء تدل على أن كمية مادة المتفاعل تتناقص بمرور الزمن.

تمثل السرعة اللحظية للاختفاء مشتق عدد المولات بالنسبة للزمن $v = -\frac{dn_A}{dt}$

تحسب السرعة اللحظية (للتشكل أو للاختفاء) بحساب ميل المماس للمنحنى $n = f(t)$ في اللحظة المعتبرة وتعطى وحدتها بـ: mol/s.

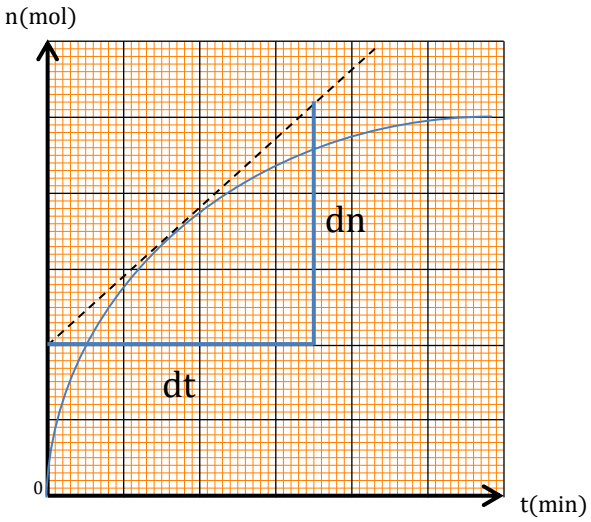
3.2.ب السرعة الحجمية لتشكل/اختفاء نوع كيميائي

- السرعة الحجمية للتشكل

هي مشتق عدد المولات المتشكلة في وحدة الحجم بالنسبة للزمن $v_{vol} = \frac{1}{V}\frac{dn_C}{dt}$

- السرعة الحجمية للاختفاء

هي مشتق عدد المولات المختفية في وحدة الحجم بالنسبة للزمن $v_{vol} = -\frac{1}{V}\frac{dn_A}{dt}$



1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

البطاقة التجريبية 02 للتلميذ

2. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

2.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة اللونية

- **الإشكالية**

كيف تتم المتابعة الزمنية لتحول كيميائي ما عن طريق المعايرة اللونية؟

- **عمل تجريبي**

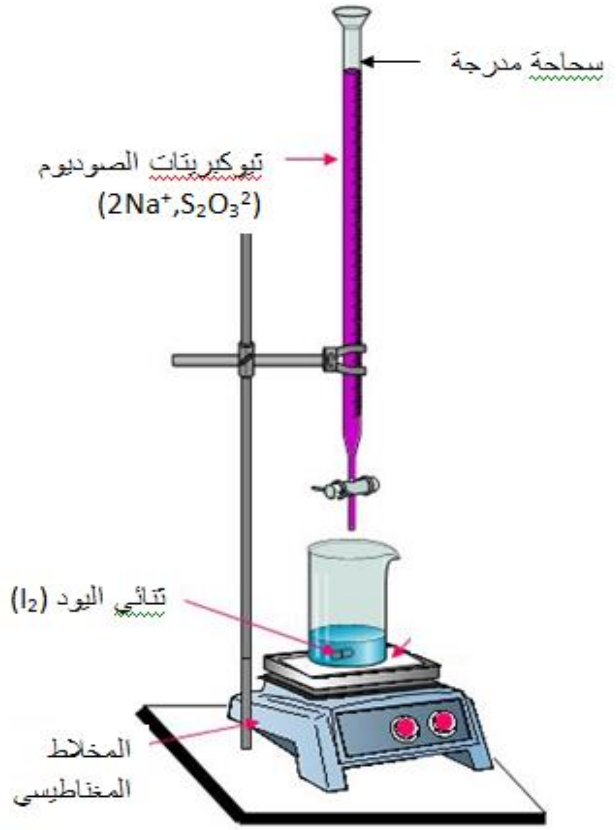
الزجاجيات: أنابيب اختبار، سحاحة، ماصة عيارية، دورق مخروطي $200\ mL$، قارورتان عياريتان $50\ mL$، 10 كؤوس بيشر $100\ mL$.

الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، مقاتية، قمع، حامل.

المواد الكيميائية والمحاليل:

محلول يود البوتاسيوم $(I^- + K^+)_{(aq)}$، محلول الماء الأكسيجيني H_2O_2، حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{(aq)}$، ثيوكيبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})_{(aq)}$ صمغ النشاء، ماء مثلج.

- **التجربة**
- **التركيب التجريبي**



1. نمزج في الدورق:
حجم $V_1 = 50\ mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(I^- + K^+)_{(aq)}$ بتركيز C_1.
حجم $V_2 = 50\ mL$ من محلول الماء الأكسجيني H_2O_2 بتركيز C_2.
حجم $2\ mL$ من حمض الكبريت المركز $3\ mol/L$ فيظهر اللون البني لثنائي اليود.
2. نملأ السحاحة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه C_3 ونضبط الحجم عند الصفر.
3. في كل لحظة t معينة، نأخذ $10\ mL$ من المزيج التفاعلي ونضعها في بيشر به حوالي $50\ mL$ من الماء المثلج نضيف $1\ mL$ من محلول النشا فيظهر لون أزرق غامق ثم نعاير بسرعة كمية ثنائي اليود المتشكل في هذه اللحظة بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى زوال اللون الأزرق.
نسجل الحجم V_E المسكوب من محلول الثيوكبريتات عند التكافؤ في الجدول التالي:

$t(\text{min})$	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$	0	4.8	10.8	14	16.8	18.8	20.4	21.2	21.6	22

- **استغلال نتائج التجربة**

أولا: تفاعل إنتاج اليود الثنائي

1. لماذا نضع الخليط التفاعلي في الماء المثلج في كل مرة؟
2. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول المدروس علما أن الثنائيات Ox/Red الداخلة في التفاعل:
(H_2O_2/H_2O)، (I_2/I^-).
3. أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.
4. أوجد العلاقة بين تقدم التفاعل x في لحظة t وكمية مادة ثنائي اليود $n(I_2)$ الناتجة في المزيج التفاعلي في تلك اللحظة.

ثانيا: تفاعل معايرة اليود الثنائي الناتج

5. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة ثم أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل علما أن الثنائيات Ox/Red الداخلة في التفاعل: (I_2/I^-)، $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$.
6. عبر عن كمية مادة ثنائي اليود $n_0(I_2)$ في العينة المعايرة بدلالة تركيز محلول الثيوكبريتات C_3 وحجمها V_E المسكوب عند التكافؤ في تلك اللحظة.
7. استنتج عبارة كمية مادة ثنائي اليود $n(I_2)$ الناتجة في المزيج التفاعلي في اللحظة t بدلالة كل من: C_3، V_E في $100\ mL$.
8. أكمل عندئذ الجدول التالي:

$t(\text{min})$	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$	0	4.8	10.8	14	16.8	18.8	20.4	21.2	21.6	22
$x(mmol)$										

9. أرسم البيان: $x = f(t)$.

1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

البطاقة التجريبية 02 للأستاذ

2. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

2.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة اللونية

- **الإشكالية**

كيف تتم المتابعة الزمنية لتحول كيميائي ما عن طريق المعايرة اللونية؟

- **عمل تجريبي**

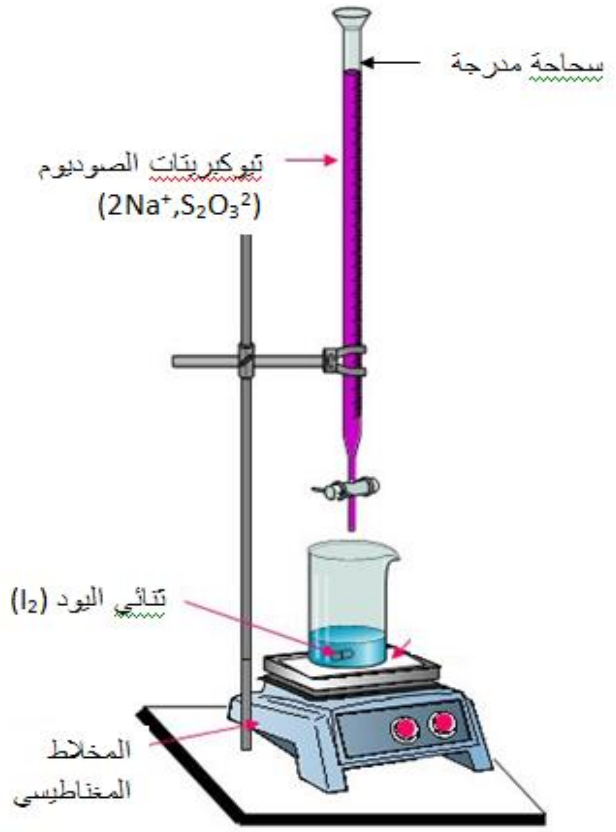
الزجاجيات: أنابيب اختبار، سحاحة، ماصة عيارية، دورق مخروطي $200\ mL$، قارورتان عياريتان $50\ mL$، 10 كؤوس بيشر $100\ mL$.

الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، مقاتية، قمع، حامل.

المواد الكيميائية والمحاليل:

محلول يود البوتاسيوم $(I^- + K^+)_{(aq)}$، محلول الماء الأكسيجيني H_2O_2، حمض الكبريت المركز $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})_{(aq)}$، ثيوكيبريتات الصوديوم $(2Na^+ + S_2O_3^{2-})_{(aq)}$ صمغ النشاء، ماء مثلج.

- **التجربة**
- **التركيب التجريبي**



● **خطوات التجربة**

1. نمزج في الدورق:

حجم $V_1 = 50\ mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(I^- + K^+)_{(aq)}$ بتركيز C_1.

حجم $V_2 = 50\ mL$ من محلول الماء الأكسجيني H_2O_2 بتركيز C_2.

حجم $2\ mL$ من حمض الكبريت المركز $3\ mol/L$ فيظهر اللون البني لثنائي اليود.

2. نملأ السحاحة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم تركيزه C_3 ونضبط الحجم عند الصفر.

3. في كل لحظة t معينة، نأخذ $10\ mL$ من المزيج التفاعلي ونضعها في بيشر به حوالي $50\ mL$ من الماء المثلج نضيف $1\ mL$ من محلول النشا فيظهر لون أزرق غامق ثم نعاير بسرعة كمية ثنائي اليود المتشكل في هذه اللحظة بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى زوال اللون الأزرق.

نسجل الحجم V_E المسكوب من محلول الثيوكبريتات عند التكافؤ في الجدول التالي:

$t(\text{min})$	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$	0	4.8	10.8	14	16.8	18.8	20.4	21.2	21.6	22

● **استغلال نتائج التجربة**

أولا: تفاعل إنتاج اليود الثنائي

1. لماذا نضع الخليط التفاعلي في الماء المثلج في كل مرة؟

نضع الخليط التفاعلي في الماء المثلج في كل مرة لإيقاف التفاعل.

2. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول المدروس علما أن الثنائيات Ox/Red الداخلة في التفاعل: (H_2O_2/H_2O)، (I_2/I^-).

معادلة التفاعل المنمذج للتحول المدروس:

$$2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2e^-$$

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$$

المعادلة الإجمالية:

$$2I^-_{(aq)} + H_2O_2 + 2H^+ = I_{2(aq)} + 2H_2O$$

3. أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل.

المعادلة	$2I^-_{(aq)} + H_2O_2 + 2H^+ = I_{2(aq)} + 2H_2O$				
التقدم	كميات المادة بالمول				
0	n_1	n_2	بوفرة	0	0
x	$n_1 - 2x$	$n_2 - x$	بوفرة	x	$2x$
x_{max}	$n_1 - 2x_{max}$	$n_2 - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	$2x_{max}$

4. أوجد العلاقة بين تقدم التفاعل x في لحظة t وكمية مادة ثنائي اليود $n(I_2)$ الناتجة في المزيج التفاعلي في تلك اللحظة.

$$n(I_2) = x(t)$$

ثانيا: تفاعل معايرة اليود الثنائي الناتج

5. أكتب معادلة التفاعل المنمذج للمعايرة ثم أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل علما أن الثنائيات Ox/Red الداخلة في التفاعل: (I_2/I^-)، $(S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-})$.

$$I_{2(aq)} + 2e^- = 2I^-_{(aq)}$$
$$2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2e^-$$

المعادلة الإجمالية:

$$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-{}_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

جدول التقدم:

المعادلة	$I_{2(aq)} + 2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = 2I^-{}_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$			
التقدم	كميات المادة بالمول			
0	n_0	n_2	0	0
x_E	$n_0 - 2x_E$	$n_2 - x_E$	x_E	$2x_E$

6. عبر عن كمية مادة ثنائي اليود $n_0(I_2)$ في العينة المعايرة بدلالة تركيز محلول الثيوكبريتات C_3 وحجمها V_E المسكوب عند التكافؤ في تلك اللحظة.

$$\frac{n_0(I_2)}{1} = \frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}$$
$$n_0(I_2) = \frac{C_3.V_E}{2}$$

7. استنتج عبارة كمية مادة ثنائي اليود $n(I_2)$ الناتجة في المزيج التفاعلي في اللحظة t بدلالة كل من: C_3، V_E في $100\ mL$.

حجم العينة هو: $10\ mL$

حجم المزيج التفاعلي: $100\ mL$

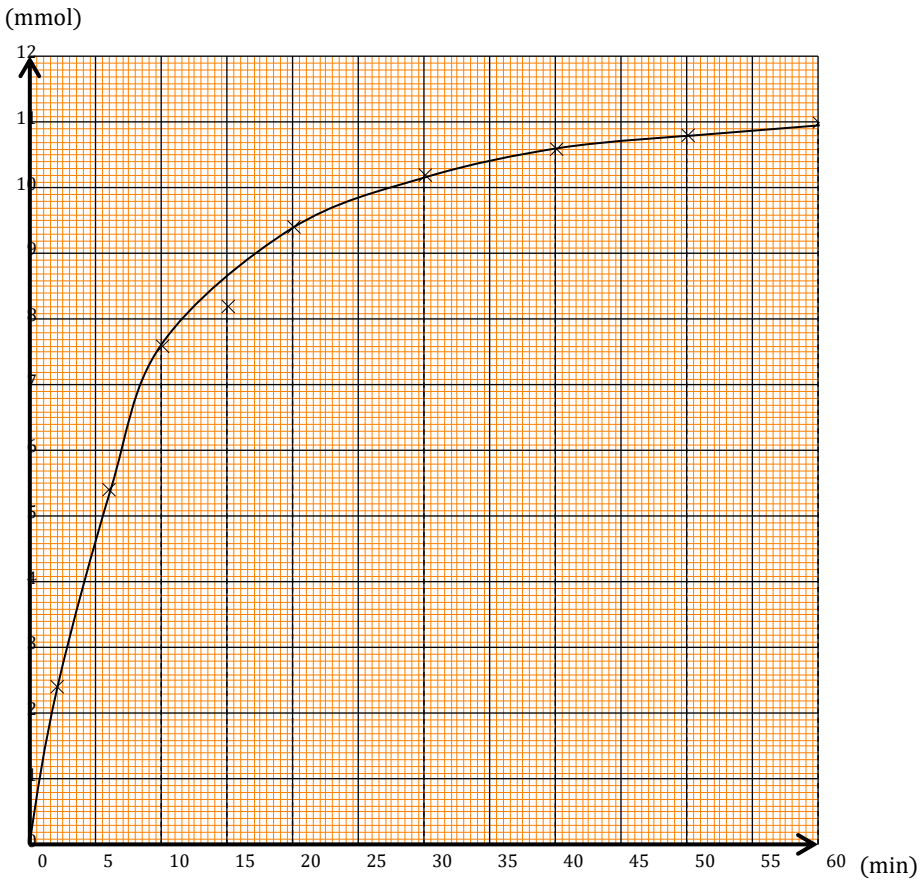
وعليه:

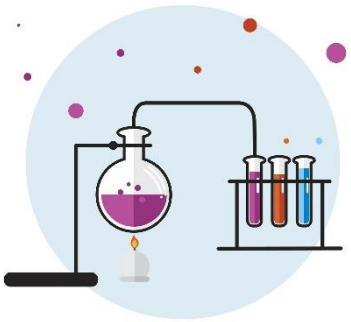
$$n(I_2) = 10\ n_0(I_2)$$
$$n(I_2) = 10\ n_0(I_2) = \frac{C_3.V_E}{2}$$
$$n(I_2) = 5C_3.V_E$$

8. أكمل عندئذ الجدول التالي:

$t(\text{min})$	0	2	6	10	15	20	30	40	50	60
$V_E(mL)$	0	4.8	10.8	14	16.8	18.8	20.4	21.2	21.6	22
$x(mmol)$	0	2.4	5.4	7.6	8.2	9.4	10.2	10.6	10.8	11

9. أرسم البيان: $x = f(t)$.


(mmol)
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
(min)



1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

البطاقة التجريبية 03 للتلميذ

2. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

1.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية

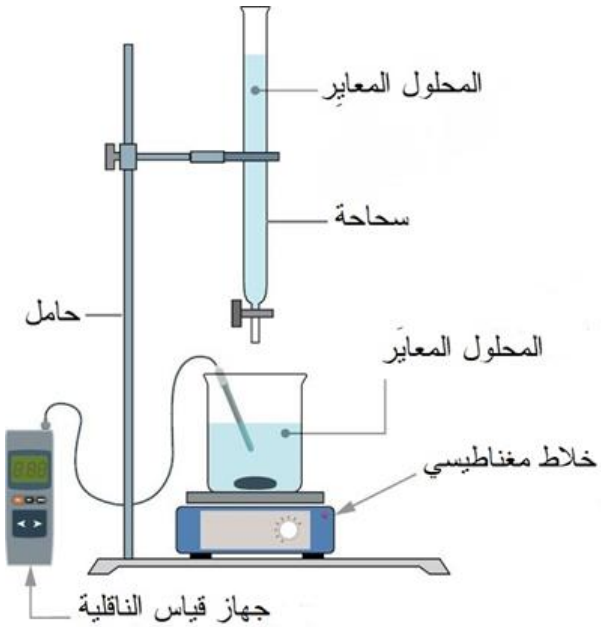
- **الإشكالية**

كيف تتم المتابعة الزمنية لتحول كيميائي ما عن طريق قياس الناقلية؟

- **عمل تجريبي**

الزجاجيات: كأس بيشر $100\ mL$، سحاحة $25\ mL$، ماصة عيارية $10\ mL$.
الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، ملعقة، حامل، جهاز قياس الناقلية.
المواد الكيميائية والمحاليل: كحول (2- كلورو-2- ميثيل بروبان)، ماء مقطر، إيثانول.

- **التجربة**
- **التركيب التجريبي**



- **خطوات التجربة**

1. نضع في كأس $50\ mL$ من الماء المقطر و$25\ mL$ من الكحول، نضع الكأس في حمام مائي درجة حرارته $20°C$.
2. نأخذ حجم $1\ mL$ من 2- كلورو-2-ميثيل بروبان، ونضعه في الكأس عند $t = 0\ s$، لحظة تشغيل المقاتية.
3. نعاير مقياس الناقلية، ونغمر خلية القياس في الخليط بعد تحريكه ليصبح متجانسا.

نسجل بعد كل $200\ s$ الناقلية $\sigma(t)$ للمحلول فنحصل على الجدول التالي:

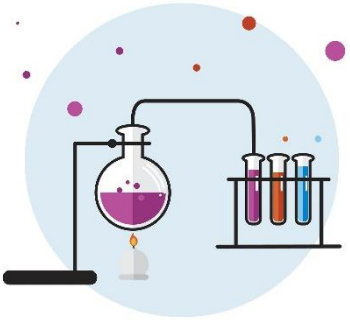
$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
$\sigma(S/m)$	0	0,489	0.977	1 ,270	1,466	1,661	1,759	1,856	1,955	1,955	1.955
$x(mmol)$											
$n_{RCl}(mmol)$											

- **استغلال نتائج التجربة**

1. اكتب الصيغة نصف المفصلة لـ: 2- كلورو-2-ميثيل بروبان ثم اكتب معادلة التفاعل الحادث بينه وبين الماء.
2. وضّح لماذا بإمكاننا متابعة هذا التحول زمنيا عن طريق قياس الناقلية.
3. أنجز جدول التقدم لهذا التفاعل.
4. اكتب عبارة الناقلية النوعية σ عند اللحظة t بدلالة: $[H_3O^+]$، $\lambda_{H_3O^+}$، λ_{Cl^-}.
5. استنتج عبارة الناقلية النوعية عند اللحظتين t و t_f.
6. استنتج أن الناقلية النوعية للمحلول عند أية لحظة t يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$\sigma(t) = \sigma_f . \frac{x(t)}{x_{max}}$$

7. علما أن الكتلة المولية لـ: 2- كلورو-2- ميثيل بروبان $M = 92\ g/mol$ والكتلة الحجمية له $\rho = 0.85\ g/cm^3$:
احسب كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان الابتدائية n_0، ثم استنتج التقدم الأعظمي x_{max}.
8. أتمم السطر الثالث من الجدول.
9. أ. اعتمادا على جدول التقدم أوجد كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان في كل لحظة زمنية بدلالة التقدم $x(t)$.
ب. أتمم السطر الرابع من الجدول ثم ارسم البيان $x = f(t)$.
10. حدد التركيب النهائي للمزيج.



1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

البطاقة التجريبية 03 للأستاذ

2. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

1.2 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية

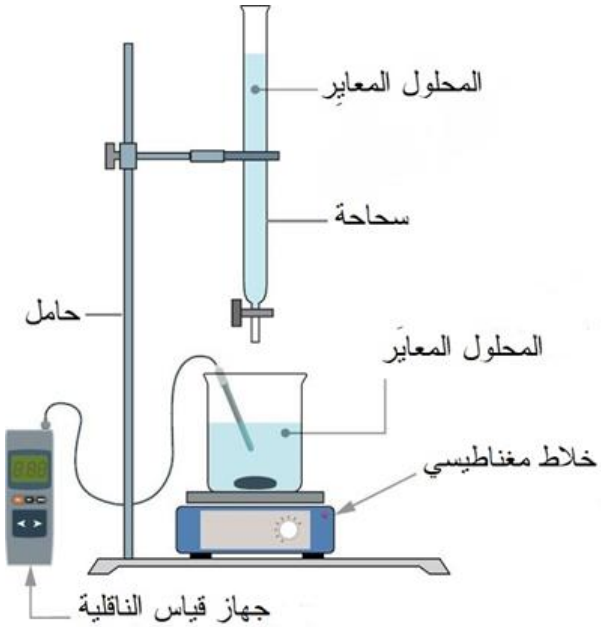
- **الإشكالية**

كيف تتم المتابعة الزمنية لتحول كيميائي ما عن طريق قياس الناقلية؟

- **عمل تجريبي**

الزجاجيات: كأس بيشر $100\ mL$، سحاحة $25\ mL$، ماصة عيارية $10\ mL$.
الأدوات المخبرية: خلاط مغناطيسي، ملعقة، حامل، جهاز قياس الناقلية.
المواد الكيميائية والمحاليل: كحول (2- كلورو-2- ميثيل بروبان)، ماء مقطر، إيثانول.

- **التجربة**
- **التركيب التجريبي**



- **خطوات التجربة**

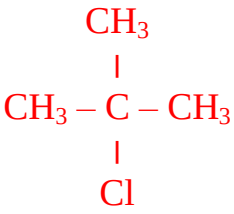
1. نضع في كأس $50\ mL$ من الماء المقطر و$25\ mL$ من الكحول، نضع الكأس في حمام مائي درجة حرارته $20°C$.
2. نأخذ حجم $1\ mL$ من 2- كلورو-2-ميثيل بروبان، ونضعه في الكأس عند $t = 0\ s$، لحظة تشغيل المقاتية.
3. نعاير مقياس الناقلية، ونغمر خلية القياس في الخليط بعد تحريكه ليصبح متجانسا.

نسجل بعد كل $200\ s$ الناقلية $\sigma(t)$ للمحلول فنحصل على الجدول التالي:

$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
$\sigma(S/m)$	0	0,489	0.977	1 ,270	1,466	1,661	1,759	1,856	1,955	1,955	1.955
$x(mmol)$											
$n_{RCl}(mmol)$											

• استغلال نتائج التجربة

1. اكتب الصيغة نصف المفصلة لـ: 2- كلورو-2-ميثيل بروبان ثم اكتب معادلة التفاعل الحادث بينه وبين الماء.



$$C_4H_9Cl_{(l)} + 2H_2O = C_4H_9OH_{(l)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

2. وضّح لماذا بإمكاننا متابعة هذا التحول زمنيا عن طريق قياس الناقلية.

بإمكاننا متابعة هذا التحول زمنيا عن طريق قياس الناقلية لاحتواء الوسط التفاعلي على شوارد حرة (شوارد H_3O^+ وشوارد Cl^-).

3. أنجز جدول التقدم لهذا التفاعل.

المعادلة	$C_4H_9Cl_{(l)} + 2H_2O = C_4H_9OH_{(l)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$				
التقدم	كميات المادة بالمول				
0	n_0	بوفرة	0	0	0
x	$n_0 - x$	بوفرة	x	x	x
x_{max}	$n_0 - x_{max}$	بوفرة	x_{max}	x_{max}	x_{max}

4. اكتب عبارة الناقلية النوعية σ عند اللحظة t بدلالة: $[H_3O^+]$، $\lambda_{H_3O^+}$، λ_{Cl^-}.

$$\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}.[Cl^-]$$

من جدول التقدم نجد أن: $[H_3O^+] = [Cl^-]$ وعليه:

$$\sigma(t) = \lambda_{H_3O^+}.[H_3O^+] + \lambda_{Cl^-}.[H_3O^+]$$

$$\sigma(t) = [H_3O^+].(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

5. استنتج عبارة الناقلية النوعية عند اللحظتين t و t_f.

مما سبق: $\sigma(t) = [H_3O^+].(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$

وعليه: $\sigma_f = [H_3O^+]_f.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$

6. استنتج أن الناقلية النوعية للمحلول عند أية لحظة t يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$\sigma(t) = \sigma_f.\frac{x(t)}{x_{max}}$$

وجدنا في السؤال الخامس عبارتي $\sigma(t)$ و σ_f

ومن جدول التقدم: $[H_3O^+] = \frac{x(t)}{V}$ و: $[H_3O^+]_f = \frac{x_{max}}{V}$ نعوض في عبارتي الناقلية النوعية نجد:

$$\sigma(t) = \frac{x(t)}{V}.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

و: $\sigma_f = \frac{x_{max}}{V}.(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$

بقسمة $\sigma(t)$ على σ_f نجد:

$$\frac{\sigma(t)}{\sigma_f} = \frac{x(t)}{x_{max}}$$

إذن: $\sigma(t) = \sigma_f.\frac{x(t)}{x_{max}}$

7. علما أن الكتلة المولية لـ: 2- كلورو-2- ميثيل بروبان $M = 92\ g/mol$ والكتلة الحجمية له $\rho = 0.85\ g/cm^3$:
احسب كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان الابتدائية n_0، ثم استنتج التقدم الأعظمي x_{max}.

$$n_0 = \frac{m}{M} = \frac{\rho.V}{M}$$

$$n_0 = \frac{0.85 \times 1}{92} = 9.2 \times 10^{-3}\ mol$$

حساب التقدم الأعظمي:

بمأن التفاعل تام فإن: $n_0 - x_{max} = 0$ وعليه:

$$x_{max} = n_0 = 9.2 \times 10^{-3}\ mol$$

8. أتمم السطر الثالث من الجدول.

من (6) نجد: $x(t) = x_{max}.\frac{\sigma(t)}{\sigma_f}$

وعليه: $x(t) = \sigma(t).\frac{9.2\times10^{-3}}{1.955}$

$$x(t) = 4.7 \times 10^{-3}.\sigma(t)$$

$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
$\sigma(S/m)$	0	0,489	0.977	1 ,270	1,466	1,661	1,759	1,856	1,955	1,955	1.955
$x(mmol)$	0	2.3	4.59	5.97	6.89	7.81	8.27	8.72	9.19	9.19	9.19
$n_{RCl}(mmol)$	9.2	6.9	4.61	3.23	2.31	1.39	0.93	0.48	0.01	0.01	0.01

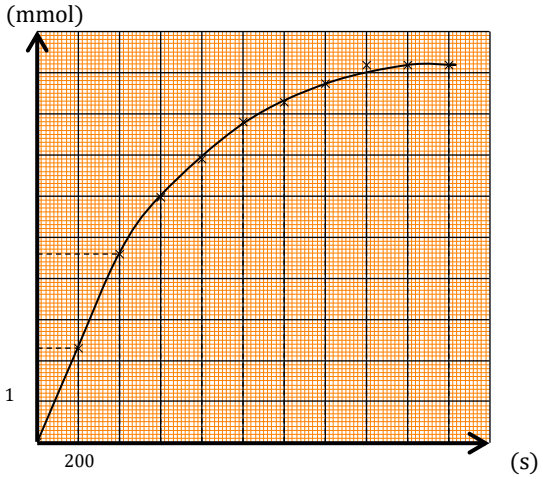
9.أ. اعتمادا على جدول التقدم أوجد كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان في كل لحظة زمنية بدلالة التقدم $x(t)$.

من جدول التقدم:

$$n_{RCl} = n_0 - x(t)$$

$$n_{RCl} = 9.2 \times 10^{-3} - x(t)$$

ب. أتمم السطر الرابع من الجدول ثم ارسم البيان $x = f(t)$



10. التركيب النهائي للمزيج:

لدينا من جدول التقدم:

$$[H_3O^+]_f = [Cl^-]_f = \frac{x_{max}}{V} = \frac{9.2 \times 10^{-3}\ mol}{0.075} = 0.122\ mol/L$$

$$n_f\left(C_4H_9OH_{(l)}\right) = 9.2 \times 10^{-3}\ mol$$

$$n_f\left(C_4H_9Cl_{(l)}\right) = 0\ mol$$

3

العوامل الحركية

عملي | المدة: ع.م + ساعتين (4 ساعات)

البطاقة التقنية للدرس

عناصر الدرس

3. العوامل الحركية
1.3 بعض العوامل الحركية
أ. التركيز الابتدائي للمتفاعل
ب. درجة الحرارة
ج. الوسيط
د. مساحة سطح التلامس
2.3 التفسير المجهري للعوامل الحركية
3.3 أهمية العوامل الحركية

تقويم مرحلي

تمارين 28 و29 ص 57.

مراحل سير الدرس

1.3 العوامل الحركية	**2 سا**
أ. التركيز الابتدائي للمتفاعل	30 د
ب. درجة الحرارة	30 د
ج. الوسيط	30 د
د. مساحة سطح التلامس	30 د
2.3 التفسير المجهري للعوامل الحركية	**30 د**
3.3 أهمية العوامل الحركية	**30 د**
تقويم مرحلي	**1 سا**

مؤشر الكفاءة المستهدفة

1. يتعرف على مجموعة من العوامل الحركية.
2. يدرك أن تسريع التفاعل أو إبطاؤه يتعلق بتغير في أحد العوامل.

نشاط الأستاذ

1. يوجه التلاميذ أثناء القيام بالتجارب.
2. يذكر الأستاذ أمثلة حول أهمية كل عامل حركي.

نشاط التلميذ

1. ينجز تجارب بسيطة تبين العوامل الحركية.
2. يحقق العامل الأول وطريقة تأثيره وهكذا إلى أن يصل إلى آخر عامل حركي من خلال مجموعة من التجارب.

الوسائل المستعملة

الزجاجيات: أنابيب اختبار، كؤوس بيشر، سحاحة، ماصة عيارية.
الأدوات والوسائل: خلاط مغناطيسي، مقاتية، قمع، جهاز تسخين، حامل.
المحاليل والمواد الكيميائية:
حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$، برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$، الماء الأكسيجيني H_2O_2، أسطوانة من البلاتين، محلول كلور الحديد الثلاثي $(Fe^{3+} + 3Cl^-)$، قطعة من كبد حيوان كمصر للكتالاز.

المراجع

الكتاب المدرسي، الوثيقة المرافقة، التدرجات السنوية، وثائق الأنترنت.

مقدمة

العوامل الحركية هي كل مادة أو عامل فيزيائي أو كيميائي خارج عن منظومة التفاعل الكيميائي، وإنما يضاف له من أجل تسريع عملية التفاعل الكيميائي لتقليل مدة التحول الزمنية وللحصول على أكبر ناتج بأقل وقت ممكن. فهل تساءلت يوما لماذا نحفظ المأكولات في الثلاجة؟ أو لماذا نضيف الماء والجليد إلى جملة كيميائية؟ فيما يلي سنرى إجابات لكل ذلك.

3. العوامل الحركية

1.3 بعض العوامل الحركية

• الإشكالية

كيف تؤثر العوامل الحركية على التحول الكيميائي؟

البروتوكول التجريبي

• عمل تجريبي

الزجاجيات: أنابيب اختبار، كؤوس بيشر، سحاحة، ماصة عيارية.
الأدوات والوسائل: خلاط مغناطيسي، مقاتية، قمع، جهاز تسخين، حامل.
المحاليل والمواد الكيميائية:
حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$، برمنغنات البوتاسيوم $(K^+ + MnO_4^-)_{aq}$، الماء الأكسيجيني H_2O_2، أسطوانة من البلاتين، محلول كلور الحديد الثلاثي $(Fe^{3+} + 3Cl^-)$، قطعة من كبد حيوان كمصر للاكتاز.

الماء الأكسيجيني: مادة كيميائيّة لها استعمالات عديدة موجود بالشّكل السّائل بلون أزرق شاحب. وهو قليلاً أكثر لزوجة من الماء، وهو حمض ضعيف، ونظراً لطبيعته المؤكسدة القويّة يستخدم الماء الأكسجيني كعامل تبييض.

أ. التركيز الابتدائي للمتفاعل

تجربة

• نحضر ثلاثة خلائط A، B، C لها نفس الحجم $V = V_1 + V_2 + V_3 = 20\ mL$ من:
محلول برمنغنات البوتاسيوم تركيزه المولي $C_1 = 2 \times 10^{-3}\ mol/L$ حجمه V_1.
حجم من الماء V_2.
محلول حمض الأكساليك تركيزه المولي $C_3 = 0.5\ mol/L$ حجمه V_3.
• في البداية نمزج V_1 و V_2 في البيشرات الثلاثة A، B، C
• نضيف الحجم V_3 إلى كل بيشر مع تشغيل المقاتية بعد الرج.
• نسجل t_f الموافقة لزوال اللون البنفسجي فنحصل على الجدول التالي:

حمض الأكساليك: حمض عضوي قوي وهو بلورات صلبة عديمة اللون يذوب في الماء لإعطاء محلول عديم اللون. يصنف على أنه حمض ثنائي الكربوكسيل.

المزيج	$V_1(mL)$	$V_2(mL)$	$V_3(mL)$	$[MnO_4^-]_0$	$[H_2C_2O_4]_0$	t_f
A	5	9	6	5×10^{-4}	0.150	300
B	5	6	9	5×10^{-4}	0.225	260
C	5	3	12	5×10^{-4}	0.300	220

الملاحظة

نلاحظ أن المدة الزمنية اللازمة لزوال اللون البنفسجي تتناقص كلما تزايد $[H_2C_2O_4]_0$ وهذا يعني أن سرعة التفاعل تتزايد.

• التفسير

يعود الاختلاف في المدة الزمنية اللازمة لزوال اللون البنفسجي إلى الاختلاف في التركيز الابتدائي للأكساليك بين الخلائط الثلاثة.

النتيجة

كلما تزايد التركيز المولي الابتدائي لمتفاعل ما كلما كان التفاعل أسرع.

ب. درجة الحرارة

تجربة

• نضع في بيشرين A وB $10\ mL$ من محلول حمض الأكساليك تركيزه المولي $0.5\ mol/L$.

• نترك البيشر A عند درجة الحرارة العادية، ثم نضع في البيشر B حمام مائي حيث درجة الحرارة $60°C$.

• نضيف إلى A وB $30\ mL$ من محلول برمنغنات البوتاسيوم المحمض تركيزه المولي $0.10\ mol/L$.

الملاحظة

نلاحظ أن زوال اللون في B أسرع منه في A وهذا يعني أن سرعة التفاعل في البيشر B أكبر منها في البيشر A.

• التفسير

يعود الاختلاف في سرعة زوال اللون البنفسجي بين البيشرين إلى الاختلاف في درجة حرارة الوسطين المتواجدين فيهما.

النتيجة

يكون تطور جملة كيميائية أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة.

ج. الوسيط

• تعريف الوسيط

الوسيط نوع كيميائي يستعمل بكيمات قليلة من أجل تسريع التفاعل دون المشاركة فيه.

• الوساطة

هي عملية تأثير الوسيط على التفاعل الكيميائي وهي عدة أنواع: الوساطة المتجانسة الوساطة غير المتجانسة، الوساطة الإنزيمية...الخ

تجربة

نسكب في أربعة كؤوس بيشر A، B، C، D $20\ mL$ من الماء الأكسجيني H_2O_2

A يستعمل كشاهد.

نغمس في B أسطوانة من البلاتين.

نضيف إلى C محلولا من كلور الحديد الثلاثي.

نضيف إلى D قطعة صغيرة من كبد حيوان كمنبع للكتالاز.

9. قارورة بها قطعة من كبريتات الحديد الثلاثي.

الملاحظة

لا نلاحظ شيئا في البيشر A
نلاحظ انطلاق فقاعات غازية قرب أسطوانة البلاتين في البيشر B ويمكن التعرف على أنه غاز الأكسجين.
نلاحظ في البيشر C انطلاق غاز، وزوال اللون الأصفر البرتقالي للشوارد Fe^{3+} وظهور اللون الأسمر، ثم عندما ينتهي التفاعل نلاحظ من جديد ظهور اللون الأصفر البرتقالي للشوارد Fe^{3+}.
نلاحظ في البيشر D انطلاق غاز (غاز الأكسجين).

- التفسير

البيشر A: تحلل الماء الأكسجيني بطيء جدا في الشروط المألوفة.
البيشر B، C، D تعمل كل من أسطوانة البلاتين محلول كلور الحديد والكتالاز كمحفّزات لتحلل الماء الأكسجيني.

النتيجة

تساعد الوسائط على تسريع التفاعل الذي يكون في الحالة المألوفة بطيئا جدا دون المشاركة فيه.

ج. مساحة سطح التلامس

تجربة

نضع في أنبوب اختبار كمية من برادة الحديد
نضع في أنبوب اختبار ثاني قطعة من الحديد
نسكب في الأنبوبين نفس الحجم من محلول كبريتات النحاس الثنائية.

الملاحظة

نلاحظ بعد مدة اختفاء برادة الحديد قبل اختفاء قطعة الحديد.

- التفسير

في حالة برادة الحديد، يتفاعل عدد كبير من ذرات الحديد مع محلول كبريتات النحاس الثنائية في الوقت نفسه، فتتحول كمية برادة الحديد كليا بشكل أسرع مما تتحول به قطعة الحديد، والتي يكون عدد الذرات المتفاعلة فيها مع المحلول في نفس الوقت أقل.

النتيجة

تساعد مساحة سطح التلامس على تسريع التفاعل، حيث كلما زادت مساحة سطح التلامس زادت سرعة التفاعل.

2.3 التفسير المجهري للعوامل الحركية

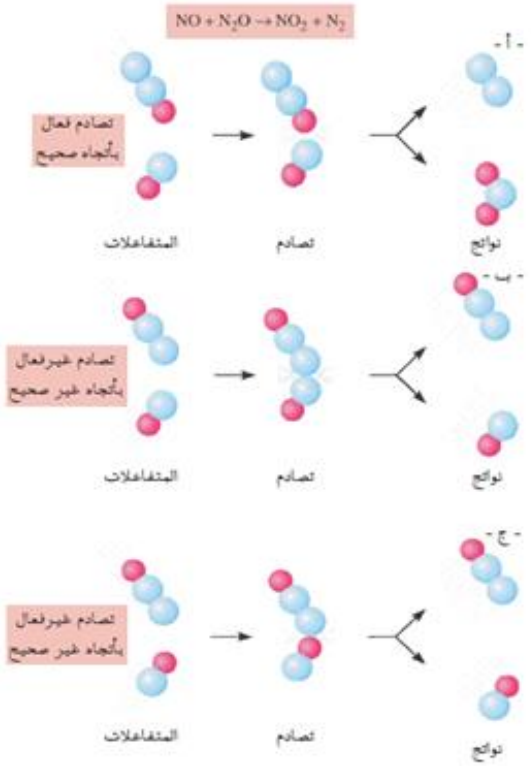
ينتج التحول الكيميائي عن التصادمات الفعالة للأفراد الكيميائية المتفاعلة (ذرات، جزيئات، شوارد) حيث تنكسر الروابط التي بينها لتشكل روابط أخرى جديدة، وحتى يكون التصادم فعالا يجب تقديم طاقة لهذه الأفراد متمثلة في الطاقة الحركية، وأن يكون توجه الأفراد مناسبا حتى يحدث الاصطدام.

إذا كانت الطاقة المقدمة غير كافية أو كان توجه الأفراد غير مناسب فإن الاصطدام لا يكون فعالا وبالتالي لا يحدث تفاعل كيميائي.

تفسير تأثير التركيز الابتدائي: زيادة عدد الأفراد الكيميائية المتحركة في نفس الحجم يزيد من عدد التصادمات بينها (زيادة عدد التصادمات بصفة عامة معناه زيادة عدد التصادمات الفعالة والذي يعني بالضرورة زيادة سرعة التفاعل).

تفسير تأثير درجة الحرارة: إن رفع درجة الحرارة يزيد من الطاقة الحركية (السرعة) للأفراد داخل الجملة الكيميائية مما يزيد عدد التصادمات بينها.

تفسير تأثير الوسيط: تدخّل الوسيط بين الأفراد الكيميائية المراد تفاعلها يزيد من احتمال تصادمها مع بعضها البعض.



3.3 أهمية العوامل الحركية

- تركيز المتفاعلات

في المخبر يمكن مثلا إيقاف تفاعل كيميائي بتمديد المحلول.

في المخابر الصناعية، يتم وضع الوسط التفاعلي فوق وعاء كبير من الماء ويتم غمره فيه عند بداية التفاعل حتى يمكن التحكم فيه (يمكن أن يكون التفاعل عنيفا) بتمديده.

10. صورة من مخبر للصناعة البيوكيميائية.

- درجة الحرارة

درجة الحرارة الداخلية لجسم الإنسان العادي محصورة بين 36°C و38°C تقريبا، عند انخفاضها تتناقص سرعة التفاعلات البيوكيميائية إذ يفقد الإنسان وعيه عند 33°C. استعمال أجهزة التبريد يساعد في الحفاظ على جودة الأطعمة ويطيل مدة صلاحيتها من خلال إبطاء التفاعلات البيوكيميائية التي تفسدها.

- الوسيط

تساعد الوسائط الإنزيمية على حدوث التفاعلات الكيميائية في الجسم
في الصناعة الغذائية تستعمل الإنزيمات في تحضير الكثير من المواد الغذائية كالخبز وبعض المشروبات.
في الطب تستخدم في التشخيص والتداوي.
كما تستخدم في العديد من الصناعات والمجالات الأخرى كالبترول والصيدلة...الخ.

1 المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

ملخص الوحدة

1. المدة الزمنية المستغرقة في تحول كيميائي

يمكن تصنيف التحولات الكيميائية حسب المدة الزمنية التي تستغرقها لتصل إلى حالتها النهائية إلى:

- **تحولات سريعة:** وهي تحولات تبلغ حالتها النهائية بمجرد تلامس المتفاعلات.
- **تحولات بطيئة:** هي تحولات تستغرق عدة ثواني، دقائق أو ساعات لبلوغ حالتها النهائية.
- **تحولات بطيئة جدا:** هي تحولات تستغرق عدة أيام أو شهور لبلوغ حالتها النهائية.

2. المتابعة الزمنية لتحول كيميائي

من أجل الدراسة الكمية لتطور جملة كيميائية خلال الزمن يجب معرفة تركيبها في كل لحظة. لذلك يمكن استعمال عدة طرق:

- الطريقة الكيميائية التي تعتمد على المعايرة
- الطريقة الفيزيائية التي تعتمد على قياس أحد المقادير الفيزيائية: الناقلية، الحجم، الضغط...الخ.

• سرعة التفاعل

السرعة اللحظية	للتفاعل	مشتق تقدم التفاعل بالنسبة للزمن	$v = \frac{dx}{dt}$
	لتشكل نوع كيميائي	مشتق عدد المولات (كمية المادة) بالنسبة للزمن	$v = \frac{dn_C}{dt}$
	لاختفاء نوع كيميائي	مشتق عدد المولات (كمية المادة) بالنسبة للزمن. الإشارة (-) تعني أن كمية المادة للمتفاعل تتناقص لكن السرعة دوما موجبة.	$v = -\frac{dn_A}{dt}$
السرعة الحجمية	للتفاعل	مشتق تقدم التفاعل في وحدة الحجم بالنسبة للزمن	$v_{vol} = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$
	لتشكل نوع كيميائي	مشتق عدد المولات المتشكلة في وحدة الحجم بالنسبة للزمن	$v_{vol} = \frac{1}{V}\frac{dn_C}{dt}$
	لاختفاء نوع كيميائي	مشتق عدد المولات المختفية في وحدة الحجم بالنسبة للزمن	$v_{vol} = -\frac{1}{V}\frac{dn_A}{dt}$

• زمن نصف التفاعل

هو الزمن اللازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه الأعظمي رمزه $t_{\frac{1}{2}}$

يحسب بيانيا، إذ يمثل فاصلة النقطة التي ترتيبتها $x = \frac{x_{max}}{2}$ في البيان $x = f(t)$.

إذا كان التفاعل غير تام فإن زمن نصف التفاعل يمثل فاصلة النقطة التي ترتيبتها: $x(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{n_0+n_f}{2}$.

3. العوامل الحركية

هي العوامل التي تؤثر على سرعة التفاعل منها: التركيز الابتدائي للمتفاعل، درجة الحرارة، الوسيط (متجانس، غير متجانس إنزيمي...الخ).

- كلما تزايد التركيز المولي الابتدائي لمتفاعل ما كلما كان التفاعل أسرع.
- يكون تطور جملة كيميائية أسرع كلما ارتفعت درجة الحرارة.
- تساعد الوسائط على تسريع التفاعل الذي يكون في الحالة المألوفة بطيئا جدا دون المشاركة فيه.
- تساعد مساحة سطح التلامس على تسريع التفاعل، حيث كلما زادت مساحة سطح التلامس زادت سرعة التفاعل.

• التفسير المجهري للعوامل الحركية

ينتج التحول الكيميائي عن التصادمات الفعالة للأفراد الكيميائية المتفاعلة (ذرات، جزيئات، شوارد) حيث تنكسر الروابط التي بينها لتشكل روابط أخرى جديدة، وحتى يكون التصادم فعالا يجب تقديم طاقة لهذه الأفراد متمثلة في الطاقة الحركية، وأن يكون توجه الأفراد مناسبا حتى يحدث الاصطدام.

• أهمية العوامل الحركية

- في المخبر يمكن مثلا إيقاف تفاعل كيميائي بتمديد المحلول.
- استعمال أجهزة التبريد يساعد في الحفاظ على جودة الأطعمة ويطيل مدة صلاحيتها من خلال إبطاء التفاعلات البيوكيميائية التي تفسدها.
- في الصناعة الغذائية تستعمل الإنزيمات في تحضير الكثير من المواد الغذائية كالخبز وبعض المشروبات. كما تستخدم في العديد من الصناعات والمجالات الأخرى كالبترول والصيدلة...الخ.