المجال : التطورات الزمنية الرتيبية

الوحدة : 1 المستوى : السنة الثالثة علوم تجريبية

الدرس : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي

المدة : 6 سا.د + 3 أ.م

التدرج :

الحصة	المدة	المحاور	الوثيقة
1	2سا TP	1- المدة الزمنية المستغرقة لتحول كيميائي النشاط 1 : تصنيف التحولات الكيميائية التعاريف التحول الكيميائي السريع التحول الكيميائي البطيء التحول الكيميائي البطيء جدا 2- العوامل الحركية النشاط 2 : أهم العوامل الحركية	النشاط 1 : تجارب النشاط 2 : تجارب
2	1سا درس	التعاريف 1- تعريف العامل الحركي 2- أهم العوامل الحركية أ- درجة الحرارة . ب- تركيز الأنواع الكيميائية المتفاعلة . جـ - الوسائط . * تعريف : * أنواع الوساطة	
3	1سا درس	3- التفسير المجهري أ- نظرية التصادم ب- نظرية الحالة الإنتقائية 4- المتابعة الزمنية لتحول كيميائي أ- بعض طرق المتابعة الطريقة الكيميائية الطرق الفيزيائية	

الحصة	المدة	المحاور	الوثيقة
4	2سا TP	المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة	تجربة أو تحليل تجربة
5	1سا درس	ب- سرعة التفاعل النشاط 3 : بيانات المتابعة . 1- سرعة التفاعل بدلالة تقدم التفاعل النشاط 4 : حساب سرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل	النشاط 3 : أسئلة النشاط 4 : تطبيق
6	1سا درس	2- عبارة السرعة بدلالة كمية المادة والتركيز المولي للمتفاعل أو الناتج نشاط 5 : العلاقة التي تربط بين مختلف السرع جـ- زمن نصف التفاعل	نشاط 5 : أسئلة
7	2سا TP	المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية	تجربة أو تحليل تجربة
8	1سا درس	تقويم	
9	1سا درس	فرض وتصحيحه	

بطاقة فنية رقم (1) بطاقة عمل مخبري (بالأفواج)

المدة : 100mn

1/. مؤشرات الكفاءة :

1- يصنف التحولات الكيميائية إلى سريعة ، بطيئة وبطيئة جدا .

2- يصف التلميذ أثر العوامل المؤثرة علي سرعة التحول الكيميائي .

3- يستنتج عمليا أثر العوامل المختلفة على سرعة التحول الكيميائي .

2/. وصف مختلف مراحل النشاط:

المدة	ما يقوم به الأستاذ	ما يقوم به التلميذ
30mn	1- يطرح الإشكالية : هل تستغرق التحولات الكيميائية نفس المدة لتصل إلى الحالة النهائية ؟ ثم يقترح على التلاميذ التجارب الثلاث الخاصة بالنشاط	2- ينجز الأفواج من التلاميذ التجارب و يسجلون ملاحظاتهم . 3- يجيب أحد التلاميذ أمام تلاميذ القسم حول الأسئلة المطروحة مع المناقشة مع كل التلاميذ ، ثم تسجل الأجوبة على السبورة .
10mn		4- يسجل أحد التلاميذ التعاريف على السبورة ليتم نقلها الكل على الكراريس .
30mn	5- يطرح الإشكالية : فماهي سرعة التحول الكيميائي ؟ وكيف تقاس ؟ وماهي أهمية دراستها ؟ وما العوامل المؤثرة عليها ؟ ثم يقترح على التلاميذ التجارب الأربعة الخاصة بالنشاط	6- ينجز الأفواج من التلاميذ التجارب و يسجلون ملاحظاتهم . 7- يجيب أحد التلاميذ أمام تلاميذ القسم حول الأسئلة المطروحة مع المناقشة مع كل التلاميذ ، ثم تسجل الأجوبة على السبورة .
10mn		8- يسجل التلاميذ الأجوبة على الكراريس .

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

الحصة 1 :

1- المدة الزمنية المستغرقة لتحول كيميائي :

النشاط 1 : تصنيف التحولات الكيميائية

من خلال دراستنا ، مرعلينا أن الأنواع الكيميائية تتغير خصائصها وتركيبها عندما يحدث لها تحولا كيميائيا ، لكن هل جميع التحولات الكيميائية تحدث بسرعة واحدة ؟

التجربة 1 :

نضيف قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى أنبوب يحتوي على محلول كبريتات النحاس الثنائية.

التجربة 2 :

نسكب في أنبوب إختبار يحتوي على شعيرات من الحديد ، محلول كبريتات النحاس الثنائية .

التجربة 3 :

نذيب بعض بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ثم نضع المحلول في قارورة .

الأسئلة :

1- ماذا يحدث بمجرد تلامس المتفاعلين في كل تجربة ؟

2- راقب التحول الكيميائي الحادث قي التجربة 2 لمدة $1/2h$ وسجل ملاحظاتك .

3- راقب التحول الكيميائي الحادث في التجربة 3 لمدة $1/2h$ وسجل ملاحظاتك .

قارن بين تطور التحول الكيميائي الحادث في التجربة 3 وتطور التحول الحادث في قارورة محضرة من طرف المخبري منذ عدة أشهر .

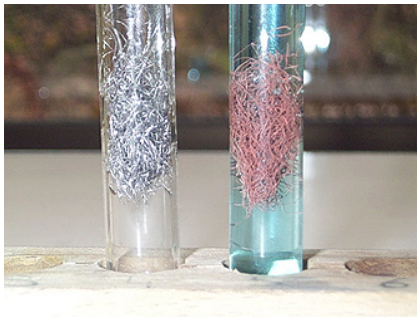
4- قارن بين التحولات الكيميائية الثلاثة من حيث المدة الزمنية .

5- من بين التحولات المدروسة ، ماهي التحولات الممكن متابعة تطورها بالعين المجردة أو بأدوات القياس ؟

الأجوبة :

1- بمجرد تلامس المتفاعلين يتشكل راسب هلامي أزرق في التجربة 1، ولا يبدو حدوث أي شيء في التجربتين 2 و 3 .

2- مع مرور الزمن يترسب معدن النحاس الأحمر على شعيرات الحديد ويتلون المحلول بالأخضر .



3- لا يبدو حدوث أي تغيير للجملة الكيميائية بعد ***1/2h*** .

على جدران القارورة التي حضرها المخبري ، تشكل راسب أشقر اللون عبارة عن ثنائي أكسيد المنغنيز MnO_2 .

4- التحول الكيميائي الحادث في التجربة 1 : سريع .

التحول الكيميائي الحادث في التجربة 2 : بطيء .

التحول الكيميائي الحادث في التجربة 3 : بطيء جدا .

5- يمكن متابعة التحولات الكيميائية البطيئة دون السريعة والبطيئة جدا .

التعاريف :

تصنف التحولات الكيميائية إلى سريعة ، بطيئة و بطيئة جدا .

التحول الكيميائي السريع : يدوم تطوره مدة قصيرة تقل عن مدة الإنطباع الشبكي أي **0,1s** .

التحول الكيميائي البطيء : يدوم تطوره عدة ثواني ، عدة دقائق أو عدة ساعات .

التحول الكيميائي البطيء جدا : يدوم تطوره عدة أيام أو عدة أشهر ، نقول حينئذ أن الجملة عاطلة حركيا .

أمثلة :

سريع	تفاعلات الترسيب ، التفاعلات حمض – أساس ، بعض التفاعلات أكسدة إرجاعية
بطيء	معظم التفاعلات الأكسدة الإرجاعية
بطيء جدا	تشكل الصدأ ، التخمر ، الأسترة

2- العوامل الحركية :

إن الأمثلة السابقة دليل علي تفاوت التحولات الكيميائية في سرعة حدوثها .

فماهي سرعة التحول الكيميائي ؟ وكيف تقاس ؟ وماهي أهمية دراستها ؟ وما العوامل المؤثرة عليها ؟

النشاط 2 : أهم العوامل الحركية

التجربة 4 :

نسكب في أنبوب إختبار يحتوي على برادة الحديد ، محلولا لكبريتات النحاس الثنائية السابق .

- قارن بين سرعة التحول الكيميائي الحادث في هذه التجربة و سرعة التحول الكيميائي الحادث في التجربة 2 .

التجربة 5 :

ضع في كأس ماءا باردا إلى منتصفه .

ضع في كأس ثاني ماءا ساخنا إلى منتصفه .

ضع قرصا فوارا من فيتامين C في كل من الكأسين .

1- راقب الذي يحدث في الكأسين . أيهما أسرع فورانا ؟

2- ما العامل المتغير الذي تتوقع أن يكون مؤثرا في إختلاف السرعتين ؟

التجربة 6 :

*- خذ أنبوبا إختبار نظيفة ضع في :

الأول 5mL من حمض كلور الماء تركيزه 0.1mol/L.

الثاني 5mL من حمض كلور الماء تركيزه 3mol/L .

*- إقطع بدقة قطعتان من المغنزيزم طول كل منها 2cm .

*- ضع إحدى القطع في الأنبوب الأول وأبدأ في قياس الزمن إلى أن تختفي قطعة المغنريوم تماما وسجل الزمن الذي إستغرقه التحول الكيميائي .

أعد نفس الخطوات بالنسبة للأنبوب الثاني ، ودون النتائج في الجدول التالي :

تركيز حمض كلور الماء	كتلة المغنزيوم(g)	الزمن الذي إستغرقه التحول(s)
$0.1mol/L$		
$3mol/L$		

- كيف تفسر إختلاف الزمن لإنتهاء تطور التحول الكيميائي بين الحالتين ؟

التجربة 7 :

يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين أو الماء الأكسجيني $H_2O_{2\,(aq)}$ إلى غاز ثنائي الأكسجين $O_{2(g)}$ و ماء ، فهل يؤثر وجود الوسيط على سرعة تحلله ؟

نسكب في أربعة كؤوس A ، B ، C و D ، $20mL$ من الماء الأكسجيني .

*- يلعب الكأس A دور شاهد .

*- ندخل في الكأس B سلكا من البلاتين .

*- نضيف إلى الكأس C بعض قطرات من محلول كلور الحديد الثلاثي($Fe^{+3}_{(aq)}+3Cl^{-}_{(aq)}$) المركز .

*- ندخل في الكأس D قطعة صغيرة من الكبد (مصدر الكتلاز) .

1- أكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتفكك الذاتي للماء الأكسجيني .

علما أن الثنائيتين Ox/Red الداخلتين في التفاعل هما : H_2O_2/H_2O و O_2/H_2O_2 .

2- كيف تفسر عدم ملاحظة إنتشار غاز ثنائي الأكسجين في الكأس **A** ؟

3- سجل ما تلاحظ حدوثه في الأنابيب الثلاثة المتبقية .

ما هو دور البلاتين ، أيونات الحديد الثلاثي والكتلاز ؟

الأجوبة :

التجربة 4 :

- التحول الكيميائي أسرع في حالة إستعمال برادة الحديد بدلا من شعيرات الحديد .

التجربة 5 :

إن ما يحدث عند وضع قرص الفيتامين **C** في الماء هو تفاعل كيميائي بين مكونات القرص في وسط مائي إلا أن سرعة التحول إختلفت باختلاف درجة حرارة الوسط التفاعلي .

التجربة 6 :

تركيز حمض كلور الماء	كتلة المغنزيوم(g)	الزمن الذي إستغرقه التحول(s)
0.1mol/L		
1mol/L		
3mol/L		

- يختلف الزمن الذي يستغرقه التحول بإختلاف تركيز المحلول ، إذ تنقص مدته كلما زاد التركيز .

التجربة 7 :

$$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2\bar{e} = H_2O(l) + H_2O(l)$$

1- معادلة التفكك الذاتي :

$$H_2O_2(aq) = O_2(g) + 2H^+(aq) + 2\bar{e}$$

$$2H_2O_2(aq) = 2H_2O(l) + O_2(g)$$

2- إن تفكك الماء الأكسجيني تحول بطي جدا ، لهذا لا نلاحظ إنتشار غاز ثنائي الأكسجين في الكأس **A** .

3- نلاحظ في الكأس **B** تكون فقاعات غازية حول سلك البلاتين ، يتولد عنها إنطلاق بطيء لغاز .

يحدث إنتشار كثيف لغاز في الكأس **C** ونلاحظ أن لون المحلول الإبتدائي وهو الأصفر برتقالي الناتج عن وجود Fe^{3+} يتحول إلى اللون البني وعندما يتوقف إنطلاق الغاز يسترجع المحلول لونه الإبتدائي .

ينطلق غاز كثيف في الكأس **D** .

إن البلاتين ، أيونات الحديد الثلاثي والكبد عبارة عن وسائط ، تعمل على تسريع التحول الكيميائي .

بطاقة فنية رقم (2)

بطاقة درس (كل القسم)

المدة : 50mn

1/. مؤشرات الكفاءة :

1- يتعرف على أهم العوامل الحركية .

3- يتعرف على أهمية العوامل الحركية .

2/. وصف مختلف مراحل النشاط:

المدة	ما يقوم به الأستاذ	ما يقوم به التلميذ
10mn	1- يذكر التلاميذ بالنشاطين المنجزين في حصة الأعمال التطبيقية . ثم يستجوب التلاميذ ، ليذكروا أهم العوامل الحركية ويصفوا أثرها .	
30mn		2- يُعرف العامل الحركي ويسجله على السبورة يذكر أهم العوامل الحركية ، ليسجل العامل الأول على السبورة وطريقة تأثيره وهكذا إلى أن يصل إلى آخر عامل حركي . يسجل التلاميذ التعاريف على الكراريس .
10mn	3- يذكر الأستاذ أمثلة حول أهمية كل عامل حركي .	4- يسجل التلاميذ بعضها على السبورة ثم على الكراريس .

الحصة 2 :

التعاريف :

1- تعريف :

العامل الحركي هو مقدار يؤثر على مدة التحول الكيميائي .

2- أهم العوامل الحركية :

أ- درجة الحرارة .

كلما ارتفعت درجة حرارة الوسط التفاعلي ، كانت مدة التحول قصيرة مما يؤدي إلى تزايد سرعة اختفاء نوع متفاعل أو ظهور نوع ناتج .

ب- تركيز الأنواع الكيميائية المتفاعلة .

تزداد سرعة التحول بزيادة تركيز بعض أو كل الأنواع المتفاعلة .

جـ- الوسائط .

* تعريف : الوسيط هو نوع كيميائي يشترك في التحول الكيميائي ويزيد من سرعته دون أن يستهلك .

* أنواع الوساطة :

عندما يكون الوسيط منتميا لطور المتفاعلات (أيون مميه) ، نقول أن الوساطة متجانسة .

عندما يكون الوسيط منتميا لطور مخالف لطور المتفاعلات (سلكا رفيعا أو مسحوق) ، نقول أن الوساطة غير متجانسة .

عندما يكون الوسيط أنزيما ، نقول أن الوساطة أنزيمية .

ملاحظات :

1- إن تصنيف التحولات الكيميائية يتعلق بالشروط المختارة ، فتحول كيميائي بطيء جدا يمكن أن يصبح سريعا إذا تغيرت الشروط التجريبية .

2- إن العامل الحركي إذا زاد من سرعة تحول كيميائي فلأن هذا التحول ممكن الحدوث ، وهو لا يؤثر على التحولات الكيميائية المستحيلة .

3- أهمية العوامل الحركية :

1- تأثير درجة الحرارة :

1/ رفع درجة الحرارة لتسريع طهي الأطعمة باستخدام قدر الضغط .

2/ تبريد الأطعمة أو تجميدها بوضعها في ثلاجة للتقليل من سرعة تحللها وفسادها .

3/ السقي : التبريد المفاجيء لجملة كيميائية لتوقيف تطورها .

2- تأثيرتركيز الأنواع المتفاعلة :

في الصناعة يمدد الوسط التفاعلي بالماء ، بغرض التحكم في التفاعلات العنيفة وإيقافها .

3- تأثيرالوسائط :

1/ إن نوع الوسيط يحدد طبيعة النوع الكيميائي الناتج .

2/ في الطب ، الإنزيمات تساعد على التشخيص و التداوي .

3/ تستعمل الوساطة في الصناعة بشكل واسع ، خاصة في الصناعة البتروكيميائية .

بطاقة فنية رقم (3)

بطاقة درس (كل القسم)

المدة : 50mn

1/. مؤشرات الكفاءة :

1– يفسر أثر العوامل الحركية المختلفة إعتمادا على نظرية التصادم و نظرية الحالة الإنتقائية .

2– يدرك السبب الذي يجعل زيادة درجة حرارة أو زيادة تركيز الوسط التفاعلي ، يزيد من سرعة التحول الكيميائي .

3– يدرك هدف المتابعة الزمنية لتحول كيميائي .

2/. وصف مختلف مراحل النشاط:

المدة	ما يقوم به الأستاذ	ما يقوم به التلميذ
25mn	1– يذكر التلاميذ بحركة الأفراد الكيميائية في الغازات والسوائل بطرح أسئلة يربطها بدرس الغاز المثالي . ليشير إلى الحركة البروونية ثم يشرح : 1– نظرية التصادم . 2– نظرية الحالة الإنتقائية . ثم يسجل على السبورة الدرس بعد كل شرح.	2– يسجل التلاميذ الدرس على الكراريس .
25mn	3– يمهد لموضوع المتابعة الزمنية بذكر هدف المتابعة و كتابة بعض معادلات التفاعل على السبورة . ثم يطرح السؤال : لكل تحول كيميائي منمذج بمعادلة من المعادلات السابقة ، ماهي الطريقة التي تختارها لإيجاد كمية مادة أو تركيز نوع كيميائي (متفاعل أو ناتج) ؟ حتى يستنتج التلاميذ بعض طرق المتابعة الواردة في البرنامج .	4– يسجل التلاميذ ملخص طرق المتابعة على السبورة ثم على الكراريس (أو تقدم مطبوعة للتلاميذ .

الحصة 3 :

3- التفسير المجهري:

يتم تفسير أثر العوامل المختلفة على سرعة التحول الكيميائي بواسطة نظريتين :

1- نظرية التصادم 2- نظرية الحالة الإنتقائية .

أولا : نظرية التصادم .

تتألف نظرية التصادم من فرضيتين أساسيتين :

الفرضية الأولى : لكي يتفاعل فردين كيميائيين فإن عليهما أن يتصادما ، فتصادمهما شرط أساسي .

الفرضية الثانية : ليس من الضروري أن يؤدي كل تصادم بين فردين إلى حدوث تفاعل بينهما .

التصادمات على نوعين :

تصادمات فعالة : ينتج عنها تحول يؤدي إلى إنتاج نواتج .

تصادمات غير فعالة : لا ينتج عنها أي تحول .

ثانيا : نظرية الحالة الإنتقائية .

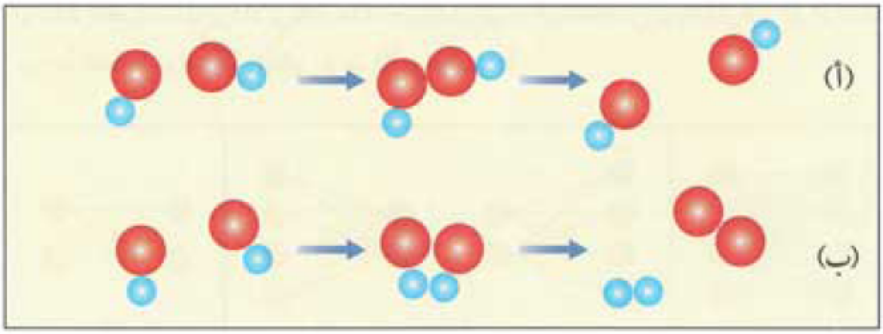
لكي يكون التصادم فعالا ، يجب أن يتحقق شرطان :

الشرط الأول : أن تكون الأفراد الكيميائية المتصادمة في أوضاع مناسبة لبعضها البعض من حيث المسافة والإتجاه .

مثال :

لدينا المعادلة المنمذجة لتحول كيميائي : $2HI(g) = H_2(g) + I_2(g)$

لكي يتم إنتاج $H_2(g)$ و $I_2(g)$ يجب أن تقترب ذرتان من H من بعضهما و ذرتان من I من بعضهما إلى حد كبير .بحيث يكون من الممكن تكوين روابط $H-H$ و $I-I$.



حسب الصورة التصادم «أ» غيرفعال ، أما التصادم «ب» فهو فعال .

الشرط الثاني : توفر الأفراد الكيميائية على قدر كاف من الطاقة حتى يتم التحول .

نسمي الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث تحول كيميائي بالطاقة المنشطة .

زيادة الطاقة المنشطة يزيد من احتمالات التصادمات الفعالة مما يزيد من سرعة التحول .

4- المتابعة الزمنية لتحول كيميائي :

تهدف الحركية الكيميائية إلى المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بمراقبة كميات المادة المتبقية أو المتشكلة لمتفاعلات أو نواتج في لحظات مختلفة ، لتحديد التقدم $x(t)$ لغرض معرفة تركيب الجملة في أية لحظة .

أ- بعض طرق المتابعة :

الطريقة الكيميائية :

ترتكز على معايرة أحد الأنواع الكيميائية الذي يتميز بلونه . وهي طريقة سهلة غير أن لها بعض العيوب :

- يجب أن يكون تفاعل المعايرة سريعا أمام التحول الكيميائي المدروس .
- تنجز الدراسة بصفة متقطعة .
- تتم العملية علي عينات تأخذ من الوسط التفاعلي .
- نتعامل مع كميات كبيرة .

$$2I^-(aq)+H_2O_2(aq)+2H^+(aq)=I_2(aq)+2H_2O(l)$$

1/ نعاير في لحظات مختلفة حجما من الوسط التفاعلي حجمه ثابت ، بتفاعل سريع لتحديد كمية مادة النوع الكيميائي الناتج.

2/ ننجز جدول التقدم .

3/ نستخرج علاقة التقدم $x(t)$ في أية لحظة بدلالة كمية مادة الناتج عن التحول البطيء المعاير .

4/ نستنتج تركيب الجملة الكيميائية في أية لحظة .

الطريقة الفيزيائية :

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون إحدى المقادير الفيزيائية القابلة للقياس في الوسط التفاعلي تتعلق بتركيز بعض الأنواع الكيميائية الموجودة في الوسط التفاعلي :

الناقلية : إذا استهلكت أو نتجت أيونات خلال التحول .

$$(CH_3)_3CCl(aq)+H_2O(l)=(CH_3)_3COH(aq)+H^+(aq)+Cl^-(aq)$$

قياس ال PH : إذا استهلكت أو نتجت أيونات $H^+(aq)$ خلال التحول .

$$(CH_3)_3CCl(aq)+H_2O(l)=(CH_3)_3COH(aq)+H^+(aq)+Cl^-(aq)$$

قياس الحجم : إذا استهلك أو نتج غاز خلال التحول .

$$2H^+(aq)+2Cl^-(aq)+Zn(s)=H_2(g)+Zn^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)$$

قياس الضغط : إذا كان التفاعل ينتج أو يستهلك غازات .

$$2NO_2(g)=N_2(g)+2O_2(g)$$

$$2H^+(aq)+Mg(s)=H_2(g)+Mg^{2+}(aq)$$

1/ نقيس المقدار الفيزيائي باستمرار .

2/ ننجز جدول التقدم .

3/ نستخرج علاقة التقدم $x(t)$ في أية لحظة بدلالة قيمة المقدار .

4/ نستنتج تركيب الجملة الكيميائية في أية لحظة .

بطاقة عمل مخبري (بالأفواج)

المدة : 100mn

1/. مؤشرات الكفاءة :

1- يتعرف على الطريقة الكيميائية للمتابعة .

2- يتعلم كيفية إستغلال جدول التقدم .

3- يدرك أهمية تقدم التفاعل x .

2/. وصف مختلف مراحل النشاط:

المدة	ما يقوم به الأستاذ	ما يقوم به التلميذ
10mn	1- يشرح خطوات التجربة التي سينجزها التلاميذ أو إن تعذر خطوات تحليل تجربة المعايرة اللونية ، ويؤكد على مايلي : أ- التفاعل المدروس بطيء . ب- تفاعل المعايرة سريع . جـ- إجراء عملية السقي لعينة من الوسط التفاعلي لتوقيف التفاعل قبل المعايرة . د- إنجاز جدول التقدم للتفاعل المدروس بغاية إستخراج عبارة تقدم التفاعل بدلالة كمية مادة النوع الكيميائي الناتج المعاير، لمعرفة تركيب الجملة الكيميائية في أية لحظة .	
90mn	3- يراقب الأستاذ أجوبة المجموعات ويتدخل في حالة الخطأ في إنجاز جدول التقدم . 5- يتدخل الأستاذ لتحسين الإجابة أو تصحيحيها .	2- يجيب التلاميذ على الأسئلة المطروحة ضمن مجموعات مصغرة . 4- يجيب أحد التلاميذ عن الأسئلة على السبورة مع المناقشة مع كل التلاميذ . 6- تسجل الأجوبة على الكراريس .

ملاحظة :

في حالة تحليل تجربة ، سيبقى وقتا ، من الأفضل إستغلاله في حل بعض التمارين .

الحصة 4 :

تحليل تجربة 1 : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة

نريد متابعة تطور التحول الكيميائي والذي ننمذجه بمعادلة التفاعل التالي عن طريق المعايرة اللونية :

$$2I^-(aq)+H_2O_2(aq)+2H^+(aq)=I_2(aq)+2H_2O(l)$$

لهذا نمزج $50mL$ من محلول الماء الأكسجيني الشفاف $(aq)H_2O_2$ تركيزه المولي $56mmol.L^{-1}$ ، $1mL$ من محلول حمض الكبريت المركز الشفاف $(2H^+(aq)+SO_4^{2-}(aq))$ تركيزه $3mol.L^{-1}$ و $50mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq)+I^-(aq))$ الشفاف ذو التركيز $0.2mol.L^{-1}$.

بعد رج المزيج لجعله متجانسا ، نجزؤه إلى 10 عينات حجم كل منها $10mL$.

في اللحظة t_1 نقوم بسقي العينة رقم 1، ثم نعاير ثنائي اليود $I_2(aq)$ الناتج و الذي تحويه العينة 1 بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq)+S_2O_3^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C=0.040mol.L^{-1}$.

ولهذا الغرض نضيف إلى العينة قطرات من صمغ النشاء (أو بعض قطرات من محلول التيودان)

لتأخذ العينة ذات اللون الأصفر لإحتوائها على ثنائي اليود ، لونا أزرقا والذي يزول عند بلوغ التكافؤ دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا ، ونسجل قيمة الحجم V_E المضاف عند التكافؤ .

في اللحظة t_2 نقوم بسقي العينة رقم 2، ثم نعاير ثنائي اليود $I_2(aq)$ *الذي تحويه العينة 2 وهكذا .....*

1- ما الذي يمكنك قوله عن العينات فيما يخص تركيبها ؟

2- أيمكن عدم تجزئة الوسط التفاعلي إلى عينات و إجراء المعايرة المتتابعة ، كيف ذلك ؟

3- لغرض معرفة تركيب الوسط التفاعلي في أية لحظة ، وبعد معايرة جميع العينات ، سجلنا الحجم المضاف عند التكافؤ في الجدول التالي :

$t(s)$	0	60	160	270	360	510	720	900	1080	1440	1800
$V_E(mL)$	0	2.2	4.8	6.5	7.5	9.0	10.5	11.5	12.5	13.5	14.0
$n_{I_2}(t)$ $(mmol)$											

أ- إنطلاقا من معادلة التفاعل المنمذجة للمعايرة

$$I_2(aq)+2S_2O_3^{2-}=2I^-(aq)+S_4O_6^{2-}(aq)$$

- أوجد عبارة كمية مادة اليود المتشكل عن طريق التفاعل البطيء المدروس $n_{I_2}(t)$ بدلالة حجم محلول ثيوكبريتات البوتاسيوم المكافيء اللازم للمعايرة V_E و تركيزه المولي C . أتمم الجدول .

ب- أنجز جدول التقدم للتحول الكيميائي المتابع زمنيا .

- أوجد عبارة تقدم التفاعل $x(t)$ بدلالة كمية مادة ثنائي اليود $n_{I_2}(t)$ المتشكل .
- أوجد تركيب الجملة الكيميائية عند اللحظة $t=360s$.

الأجوبة :

1– جميع العينات تحتوي على نفس كمية المادة لكل متفاعل وهي 1/10 الكمية الأصلية .

2– يمكن وفي كل لحظة أخذ عينة من الوسط التفاعلي حجمها ***10mL*** لمعايرتها .

3– أ–

$$\frac{n_{I_2}(t)}{1}=\frac{n_{S_2O_3^{2-}}(t)}{2}$$

$$n_{I_2}(t)=\frac{C.V_E}{2}$$

$t(s)$	0	60	160	270	360	510	720	900	1080	1440	1800
$V_E(mL)$	0	2.2	4.8	6.5	7.5	9.0	10.5	11.5	12.5	13.5	14.0
$n_{I_2}(t)$ $(mmol)$	0	0.044	0.096	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.25	0.27	0.28

ب– جدول التقدم :

معادلة التفاعل		$2I^-(aq)+H_2O_2(aq)+2H^+(aq)=I_2(aq)+2H_2O(l)$				
الحالة	التقدم	كميات المادة (mol)				
الإبتدائية	$x=0$	$n_{I^-}(0)$	$n_{H_2O_2}(0)$	$n_{H^+}(0)$	0	بوفرة
الإنتقالية	x	$n_{I^-}(0)-2x(t)$	$n_{H_2O_2}(0)-x(t)$	$n_{H^+}(0)-2x(t)$	$x(t)$	بوفرة
النهائية	x_f	$n_{I^-}(0)-2x_f$	$n_{H_2O_2}(0)-x_f$	$n_{H^+}(0)-2x_f$	x_f	بوفرة

– العبارة : من جدول التقدم نجد : $x(t)=n_{I_2}(t)$

– تركيب الجملة الكيميائية عند ***t=360s*** :

من جدول التقدم نجد :

$$n_{I^-}(t)=n_{I^-}(0)-2x(t) \qquad n_{I^-}(t)=n_{I^-}(0)-2n_{I_2}(t)$$

$$n_{H_2O_2}(t)=n_{H_2O_2}(0)-x \qquad n_{H_2O_2}(t)=n_{H_2O_2}(0)-n_{I_2}(t)$$

$$n_{H^+}(t)=n_{H^+}(0)-2x \qquad n_{H^+}(t)=n_{H^+}(0)-2n_{I_2}(t)$$

عند ***t=360s*** يكون

$$n_{I_2}(360)=0.15mmol$$

بالتعويض

$$n_{I^-}(t)=n_{I^-}(0)-2n_{I_2}(t)=\frac{0.20x50x10^{-3}}{10}-2x0.15x10^{-3}=0.70x10^{-3}mol=0.70mmol$$

$$n_{H_2O_2}(t)=n_{H_2O_2}(0)-n_{I_2}(t)=\frac{0.056x50x10^{-3}}{10}-0.15x10^{-3}=0.13x10^{-3}mol=0.13mmol$$

$$n_{H^+}(t)=n_{H^+}(0)-2n_{I_2}(t)=\frac{2x3x1x10^{-3}}{10}-2x0.15x10^{-3}=0.30x10^{-3}mol=0.30mmol$$

بطاقة درس (كل القسم)

المدة : 50mn

1/. مؤشرات الكفاءة :

1- يستنتج مختلف بيانات المعايرة .

2- يتعرف على عبارة سرعة التفاعل وعبارة السرعة الحجمية للتفاعل .

3- يدرك أنه في حالة التحولات البطيئة ، لا نقدر سرعة التفاعل بالوحدات الدولية .

2/. وصف مختلف مراحل النشاط:

المدة	ما يقوم به الأستاذ	ما يقوم به التلميذ
15mn	1- يقترح على التلاميذ تمثيل الخمس بيانات الممكنة وذلك كيفيا : كمية مادة متفاعل بدلالة الزمن كمية مادة ناتج بدلالة الزمن تقدم التفاعل بدلالة الزمن تركيز متفاعل بدلالة الزمن تركيز ناتج بدلالة الزمن .	2- يتناقش التلاميذ ضمن مجموعات مصغرة ، ثم يجيب أحد التلاميذ امام تلاميذ كل القسم ، مع المناقشة لغاية التوصل إلى الأجوبة الصحيحة . فيتم تسجيلها على السبورة ثم على الكراريس .
10mn	3- يعطي تعريف لسرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل ويسجل ذلك على السبورة .	4- يسجل التلاميذ التعريفين على الكراريس .
25mn	5- يقترح النشاط 4 كتطبيق للسرعتين : سرعة التفاعل السرعة الحجمية للتفاعل ويسلم وثيقة لكل تلميذ . 7- يتأكد من حسن التلاميذ لرسم البيانات ويذكرهم بمايلي : * تدريج المحاور إعتمادا على السلم . * عدم كتابة قيم الجدول على المحاور ماعدا تلك الموافقة لسلم الرسم . * عدم كتابة السلم في أعلى الورقة . * كتابة المقدارين x و t إضافة إلى الوحدة .	6- يتناقش التلاميذ ضمن مجموعات مصغرة ، ثم يجيب أحد التلاميذ على الأسئلة ويدون الأجوبة على السبورة مع المناقشة ، ثم يسجل التلاميذ الأجوبة على الكراريس .

الحصة 5 :

ب- السرعة :

النشاط 3 : بيانات المتابعة

أثناء التحولات الكيميائية يتحول المتفاعل R الناتج P .

1- مثل كيفيا البيانات التالية :

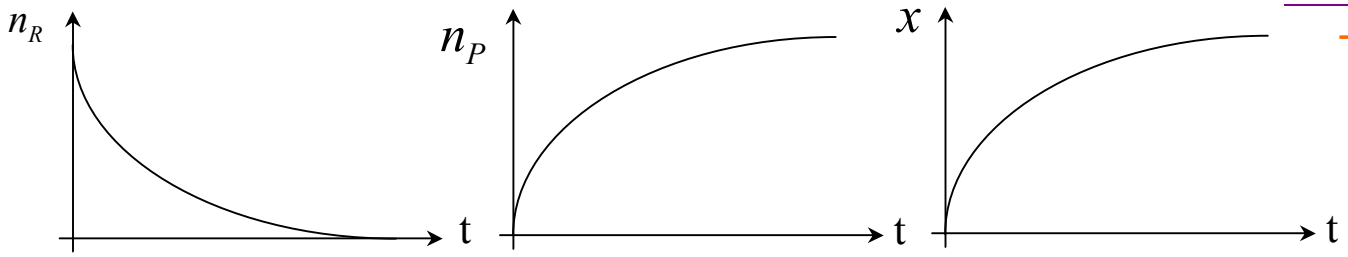
أ- كمية مادة المتفاعل R بدلالة الزمن . ب- كمية مادة الناتج P بدلالة الزمن . جـ- التقدم x بدلالة الزمن .

2- علما أن الوسط التفاعلي حجمه ثابت V_{milieu} ، مثل كيفيا البيانات التالية :

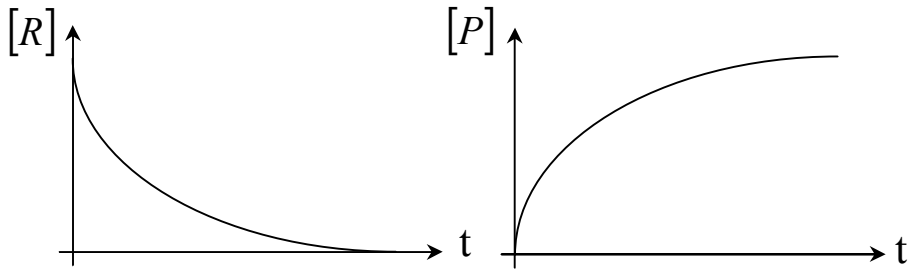
أ- التركيزالمولي للمتفاعل $[R]$ بدلالة الزمن . ب- التركيزالمولي للناتج $[P]$ بدلالة الزمن .

الأجوبة :

1-



2-



1- عبارة السرعة بدلالة التقدم :

سرعة التفاعل :

$$v(t)=\frac{dx}{dt}$$

dx : mol ، dt : s ، $v(t)$: mol/s

السرعة الحجمية للتفاعل :

$$v_{vol}(t)=\frac{1}{V}.\frac{dx}{dt}$$

dx : mol ، dt : s ، V : L ، $v_{vol}(t)$: mol/L.s

ملاحظات :

1- $\frac{dx}{dt}$ هي مشتقة التقدم بالنسبة للزمن مع $\frac{dx}{dt}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta x}{\Delta t}$ وهي قيمة معامل التوجيه للبيان $x=f(t)$ عند اللحظة t المعتبرة .

2- السرعة في الكيمياء مقدار موجب دوما .

النشاط 4 : حساب سرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل

تتفاعل عند درجة حرارة $25°C$ أيونات بيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}$ مع أيونات اليود I^- وفق المعادلة :

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$$

الجدول التالي يعطي تطور تقدم التفاعل خلال الزمن :

$t(mn)$	0	2.5	5	10	15	20	25	30
$x(mmol)$	0	1.0	1.7	3.0	3.8	4.6	5.1	5.6

1- مثل البيان $x=f(t)$. $1cm \to 0.5mmol$, $1cm \to 2mn$

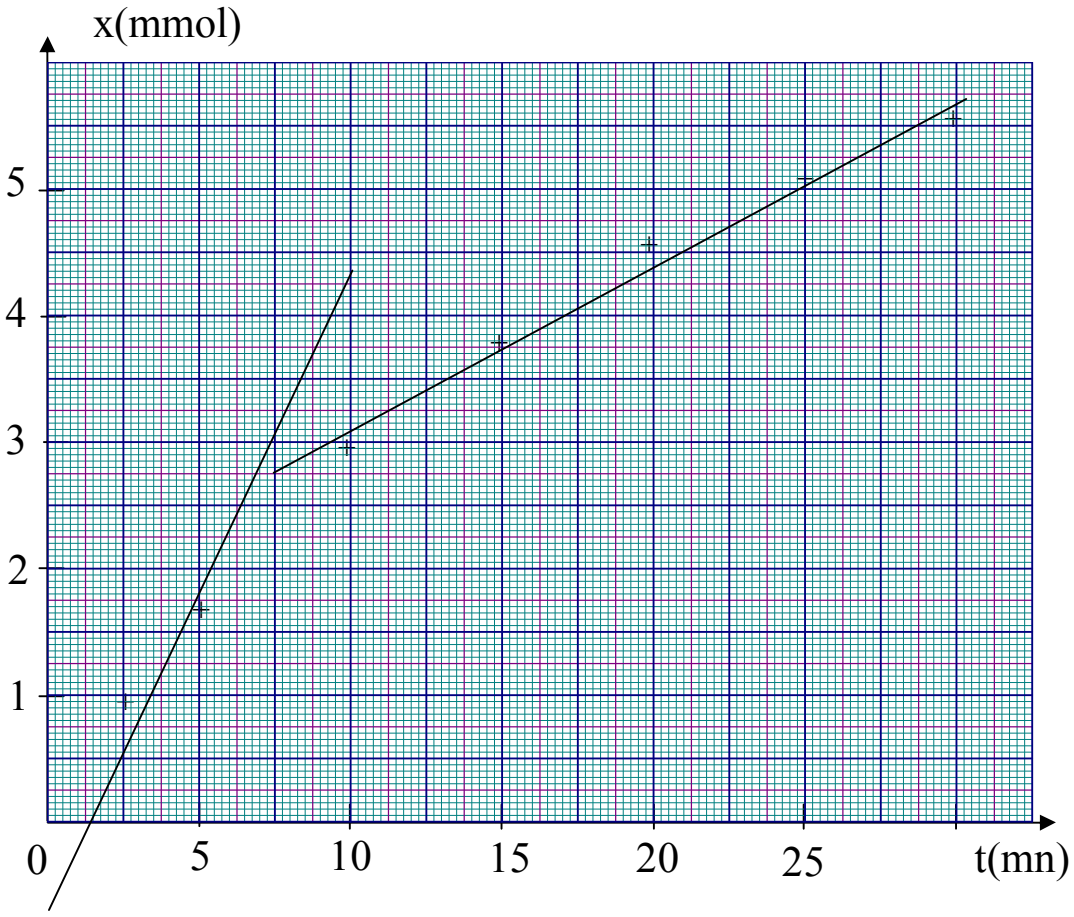
2- أحسب سرعة التفاعل عند اللحظات $t = 20mn$, $t = 0$

3- إذا علمت أن حجم الوسط التفاعلي ثابت ويساوي $V = 100mL$ ، استنتج السرعة الحجمية للتفاعل عند $t = 20mn$, $t = 0$

4- كيف تتطور سرعة التفاعل خلال الزمن ؟

الأجوبة :

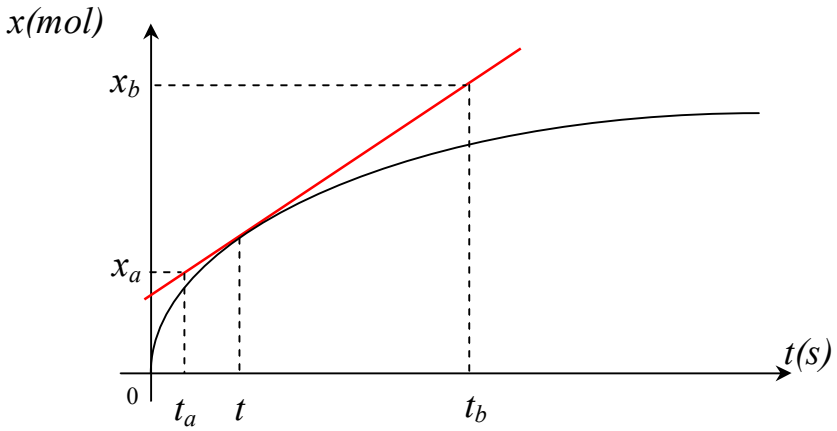
1- تمثيل البيان :



2- حساب سرعة التفاعل :

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

حيث $\frac{dx}{dt}$ تساوي معامل توجيه المماس عند اللحظة t المعتبرة . نختار على المماس نقطتين a و b ثم بالإسقاط العمودي نجد إحداثيتي كل نقطة ونحسب المشتقة كما يلي : $\frac{dx}{dt}=\frac{x_b-x_a}{t_b-t_a}$



$$v(0)=\frac{5-0}{10-0}=0.20\ mmol/mn$$
$$v(25)=\frac{5.9-3}{30-7.5}=0.13\ mmol/mn$$

3- حساب السرع الحجمية :

$$v_{vol}(0)=\frac{v(0)}{V}=\frac{0.20}{0.1}=2\ mmol/L\ .\ mn$$
$$v_{vol}(25)=\frac{v(25)}{V}=\frac{0.13}{0.1}=1.3\ mmol/L\ .\ mn$$

4- تتناقص سرعة التفاعل (أو السرعة الحجمية للتفاعل) مع مرور الزمن ، إذ تكون أعظمية عند اللحظة الإبتدائية وتنعدم عند نهايةالتفاعل .

المدة : 50mn

1/. مؤشرات الكفاءة :

1- يتعرف على بقية عبارات السرعة .

2- يستنتج العلاقة التي تربط بين السرع اللحظية والسرع اللحظية الحجمية .

3- يدرك أهمية زمن نصف التفاعل .

2/. وصف مختلف مراحل النشاط:

المدة	ما يقوم به الأستاذ	ما يقوم به التلميذ
15mn	1- يعرف مختلف السرع ويسجلها على السبورة مع إشراكه التلاميذ في إيجاد عباراتي السرعة اللحظية الحجمية بدلالة تركيز النوع الكيميائي حتى يألفون التعامل مع إشتقاق الدالة .	2- يسجل التلاميذ التعاريف على الكراريس .
30mn	3- يسلم للتلاميذ وثيقة النشاط 5 مع شرح الهدف من النشاط . 5- يتأكد من كون الجدول المنجز من طرف المجموعات صحيحا ، ويصححه في حالة الخطا . قد يساعد التلميذ في حالة عدم التحكم في إستخدام الإشتقاق .	4- يعمل التلاميذ ضمن مجموعات للإجابة على الأسئلة المطروحة في النشاط . 6- يجيب أحد التلاميذ على أسئلة النشاط على السبورة ، ليسجلها بعد ذلك التلاميذ على الكراريس .
5mn	7- يعرف زمن نصف التفاعل ، مع الإشارة إلى أهميته .	8- يسجل التلاميذ التعريف على كراريسهم .

2- عبارة السرعة بدلالة كمية المادة والتركيز المولي للمتفاعل أو الناتج : $R \rightarrow P$

R عبارة عن متفاعل و P عبارة عن ناتج . V هو حجم الوسط التفاعلي ونعتبره ثابتا .

	السرعة الوسطية	السرعة اللحظية	السرعة اللحظية الحجمية
لتشكل ناتج P	$v_{moy} = \frac{\Delta n_P}{\Delta t} \rangle 0$	$v_P = \frac{dn_P}{dt} \rangle 0$	$v_{P\,vol} = \frac{1}{V}.v_P = \frac{1}{V}.\frac{dn_P}{dt}$ $v_{P\,vol} = \frac{d\left(\frac{n_P}{V}\right)}{dt}$ $v_{P\,vol} = \frac{d[P]}{dt} \rangle 0$
لإختفاء متفاعل R	$v_{moy} = -\frac{\Delta n_R}{\Delta t} \rangle 0$	$v_R = -\frac{dn_R}{dt} \rangle 0$	$v_{R\,vol} = \frac{1}{V}.v_R = -\frac{1}{V}.\frac{dn_R}{dt}$ $v_{R\,vol} = -\frac{d\left(\frac{n_R}{V}\right)}{dt}$ $v_{R\,vol} = -\frac{d[R]}{dt} \rangle 0$

نشاط 5 : العلاقة التي تربط بين مختلف السرع

نريد إيجاد العلاقة بين :

سرعة التفاعل ، سرعة تشكل ناتج و سرعة إختفاء متفاعل .

السرعة الحجمية للتفاعل ، السرعة الحجمية لتشكل ناتج و السرعة الحجمية لإختفاء متفاعل .

لهذا نعتبر معادلة عامة لتفاعل :

$$\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$$

1- أتمم جدول التقدم التالي :

معادلة التفاعل		αA + βB = γC + δD			
الحالة	التقدم	كميات المادة			
الحالة الإبتدائية	$x = 0$	$n_A(0)$	$n_B(0)$	0	0
الحالة الإنتقالية	$x(t)$				
الحالة النهائية	x_f				

2- أوجد عبارة x بدلالة كمية مادة المتفاعل A في أية لحظة زمنية و عبارة x بدلالة كمية مادة الناتج D في أية لحظة زمنية .

بالتعويض في عبارة سرعة التفاعل ، أوجد عبارة سرعة التفاعل بدلالة سرعة إختفاء المتفاعل A وعبارة سرعة التفاعل بدلالة سرعة تشكل الناتج D .عمم .

3- إستنتج عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة السرعة الحجمية لإختفاء المتفاعل A وعبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة السرعة الحجمية لتشكل الناتج D .

الأجوبة :

1- ملء الجدول :

معادلة التفاعل		$\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D$			
الحالة	التقدم	كميات المادة			
الحالة الإبتدائية	$x = 0$	$n_A(0)$	$n_B(0)$	0	0
الحالة الإنتقالية	$x(t)$	$n_A(0) - a.x(t)$	$n_B(0) - b.x(t)$	$c \, . \, x(t)$	$d \, . \, x(t)$
الحالة النهائية	x_f	$n_A(0) - a.x_f$	$n_B(0) - b.x_f$	$c \, . \, x_f$	$d \, . \, x_f$

2- عبارتا $x(t)$:

$$n_A(t) = n_A(0) - a.x(t) \qquad x(t) = \frac{n_A(0) - n_A(t)}{a}$$

$$n_D(t) = d.x(t) \qquad x(t) = \frac{n_D(t)}{d}$$

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

$$x = \frac{n_C(t)}{c} = \frac{n_D(t)}{d} = \frac{n_A(0) - n_A(t)}{a} = \frac{n_B(0) - n_B(t)}{b}$$

بالتعويض في عبارة سرعة التفاعل :

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{n_A(0) - n_A(t)}{a}\right) = \frac{dn_A(0)}{a.dt} - \frac{dn_A(t)}{a.dt} = -\frac{1}{a}.\frac{dn_A(t)}{.dt} = \frac{v_A(t)}{a}$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{n_D(t)}{d}\right) = \frac{1}{d} \cdot \frac{dn_D(t)}{dt} = \frac{v_D(t)}{d}$$

التعميم :

من أجل التفاعل :

$$aA + bB = cC + dD$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{D}$$

3- بقسمة العلاقة السابقة على حجم الوسط التفاعلي نجد :

$$\frac{v(t)}{V} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_A}{a} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_B}{b} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_C}{c} = \frac{1}{V} \cdot \frac{v_D}{D}$$

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{v_{A\,vol}}{a} = \frac{v_{B\,vol}}{b} = \frac{v_{C\,vol}}{c} = \frac{v_{D\,vol}}{d}$$

جـ- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$:

هو المدة اللازمة ليبلغ التقدم نصف قيمته النهائية . $x(t_{1/2})=\frac{x_f}{2}$

ملاحظة :

عندما تبلغ كمية مادة نوع كيميائي أو تركيزه نصف قيمته النهائية x_f (أو نصف قيمته الأعظمية x_{max} في حالة تفاعل تام).

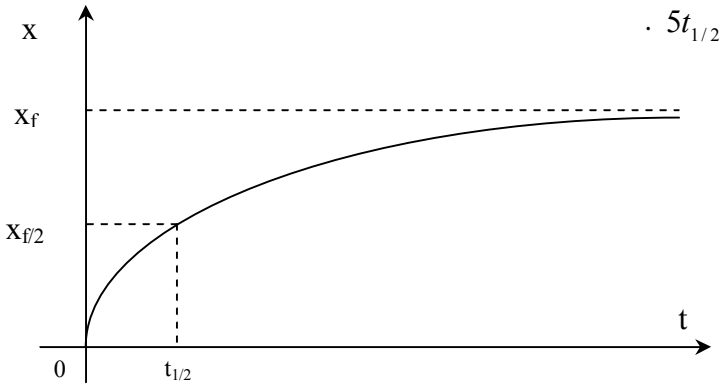
أهميته :

يعطي لنا فكرة عن السرعة :

1/إذا كان $t_{1/2}$ صغير جدا ، فإنه لايمكن إستخدام طريقة المعايرة لأن هذه الطريقة تتطلب وقتا .

2/ نقول أن طريقة القياس مناسبة لمتابعة تحول فيزيائي إذا كانت مدة القياس تساوي أو تقل عن $\frac{1}{10}t_{1/2}$.

3/ مدة التفاعل تساوي تقريبا $5t_{1/2}$.



بطاقة فنية رقم (7)

بطاقة عمل مخبري (بالأفواج)

المدة : 100mn

1/. مؤشرات الكفاءة :

1- يتعرف على طريقة المتابعة عن طريق الناقلية .

2- يتمكن إعتمادا على قيم التقدم x إستنتاج كمية مادة متفاعل في أية لحظة .

3- يحسب سرعة إختفاء متفاعل ويستنتج السرعة الحجمية لإختفاء متفاعل .

2/. وصف مختلف مراحل النشاط:

المدة	ما يقوم به الأستاذ	ما يقوم به التلميذ
10mn	1- يشرح خطوات التجربة التي سينجزها التلاميذ أو إن تعذر خطوات تحليل تجربة	
90mn	3- يراقب الأستاذ أجوبة المجموعات ويتدخل في حالة الخطأ في إنجاز جدول التقدم . 5- يتدخل الأستاذ لتحسين الإجابة أو تصحيحها .	2- يجيب التلاميذ على الأسئلة المطروحة ضمن مجموعات مصغرة . 4- يجيب أحد التلاميذ عن الأسئلة على السبورة مع المناقشة مع كل التلاميذ . 6- تسجل الأجوبة على الكراريس .

ملاحظة :

في حالة تحليل تجربة ، سيبقى وقتا ، من الأفضل إستغلاله في حل بعض التمارين .

الحصة 7 :

تحليل تجربة 2 : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق الناقلية

يتفاعل 2- كلورو-2- ميثيل بروبان مع الماء في خليط من الماء والكحول بتفاعل تام حسب المعادلة :

$$C_4H_9Cl(l)+2H_2O(l)=C_4H_9OH(aq)+H_3O^+(aq)+Cl^-(aq)$$

$$\lambda_{Cl^-}=76{,}3.10^{-4}\ S.m^2.mol^{-1} \qquad \lambda_{H_3O^+}\ 349{,}8.10^{-4}\ S.m^2.mol^{-1}$$

التجربة :

نضع في كأس $50mL$ من الماء المقطر و$25mL$ من الكحول ، نضع الكأس في حمام مائي درجة حرارته $20°C$.

نأخذ حجما $V=1mL$ من 2- كلورو-2- ميثيل بروبان ، ونضعه في الكأس عند $t=0$ ، لحظة تشغيل الكرونومتر .

نعاير مقياس الناقلية ، ونعمر خلية القياس في الخليط بعد تحريكه ليصبح متجانسا .

نسجل بعد كل $200s$ الناقلية $\sigma(t)$ للمحلول ونحصل 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
$x(mmol)$											
$n_{RCl}(mmol)$											

الأسئلة :

1- أكتب الصيغة نصف المنشورة لهذا المركب الكيميائي .

2- إلى ماذا تعود ناقلية المحلول خلال التحول ؟

3- أنجز جدول التقدم للتفاعل الحادث .

4- أكتب عبارة الناقلية المولية الشاردية عند اللحظة t بدلالة $\lambda_{H_3O^+}$ ، λ_{Cl^-} ، $[H_3O^+]$.

5- إستنتج عبارة الناقلية النوعية عند اللحظة t و t_f .

6- أستنتج أن الناقلية النوعية للمحلول عند أية لحظة t يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية :

$$\sigma(t) = \sigma_f \cdot \frac{x(t)}{x_f}$$

7- علما أن الكتلة المولية ل 2-كلورو-2- ميثيل بروبان $M=92g/mol$ والكتلة الحجمية له $\sigma=0,85g/cm^3$.

- أحسب كمية مادة 2-كلورو-2- ميثيل بروبان الإبتدائية n_0 ، ثم إستنتج التقدم الأعظمي x_{max} .

8- أتمم السطر الثالث من الجدول .

9- إعتمادا على جدول التقدم أوجد كمية مادة 2-كلورو-2- ميثيل بروبان في كل لحظة زمنية بدلالة التقدم $x(t)$ ، ثم أتمم السطر الرابع من الجدول . أرسم البيان $n_{RCl}(l) = f(t)$ وأحسب سرعة إختفاء 2-كلورو-2- ميثيل بروبان عند $t=400s$ استنتج السرعة الحجمية لإختفائه عند نفس اللحظة .

ملاحظة :

التفاعل تام منه $x_f = x_{max}$ و 2-كلورو-2- ميثيل بروبان متفاعل محد .

الأجوبة :

1- تعود ناقلية المحلول إلى الشاردتين : شاردة الهيدرونيوم وشاردة الكلور .

2- جدول التقدم :

معادلة التفاعل		$RCl(l)$	$+H_2O(l)$	$=ROH(aq)$	$+H_3O^+(aq)$	$+Cl^-(aq)$
الحالة	التقدم	كميات المادة (mol)				
الإبتدائية	$x=0$	n_0	بوفرة	0	0	0
الإنتقالية	x	$n_0 - x(t)$	بوفرة	$x(t)$	$x(t)$	$x(t)$
النهائية	x_f	$n_0 - x_f$	بوفرة	x_f	x_f	x_f

4- عبارة الناقلية المولية الشاردية $\sigma(t)$:

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

$$\sigma(t) = \sigma_{H_3O^+} + \sigma_{Cl^-}$$

وحسب جدول التقدم لدينا $[H_3O^+] = [Cl^-]$ وبالتالي :

$$= \lambda_{H_3O^+} . [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} . [Cl^-]$$
$$= \lambda_{H_3O^+} [H_3O^+] + \lambda_{Cl^-} . [H_3O^+]$$

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

5- عبارة الناقلية المولية الشاردية σ_f :

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

من جدول التقدم :

$[H_3O^+] = [Cl^-] = n_0 = \frac{x(t)}{V}$ منه عند اللحظة t: $\sigma(t) = \frac{x(t)}{V}\ (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$

وعندما يصل التحول إلى الحالة النهائية يكون لدينا : $\sigma_f = \frac{x_f}{V}\ (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$

6- الإستنتاج :

بقسمة عبارة $\sigma(t)$ على عبارة σ_f نجد : $\frac{\sigma(t)}{\sigma_f} = \frac{x(t)}{x_f}$

ومنه : $\sigma(t) = \sigma_f \cdot \frac{x(t)}{x_f}$

7- حساب كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان الإبتدائية :

$$n_0 = \frac{m}{M} = \frac{\rho \cdot V}{M}$$
$$= \frac{0{,}85 \cdot 1}{92}$$
$$n_0 = 9{,}2.10^{-3}\ .\ mol$$

التقدم الأعظمي :

$$n_0 - x_{max} = 0$$

ومنه : $x_{max} = n_0 = 9{,}2\ .\ 10^{-3}\ mol$

8- إتمام الجدول .

$\sigma_f = 1{,}955\, S.m^2$

$x_f = x_{max} = n_0 = 9{,}2\ .10^{-3}\ mol$

$$x(t) = \sigma(t) \cdot \frac{x_f}{\sigma_f}$$
$$x(t) = \sigma(t) \cdot \frac{9{,}2\ .10^{-3}}{1.955}$$
$$x(t) = 4{,}7\ .10^{-3}\ .\sigma(t)\ \ mol$$

$t(s)$	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

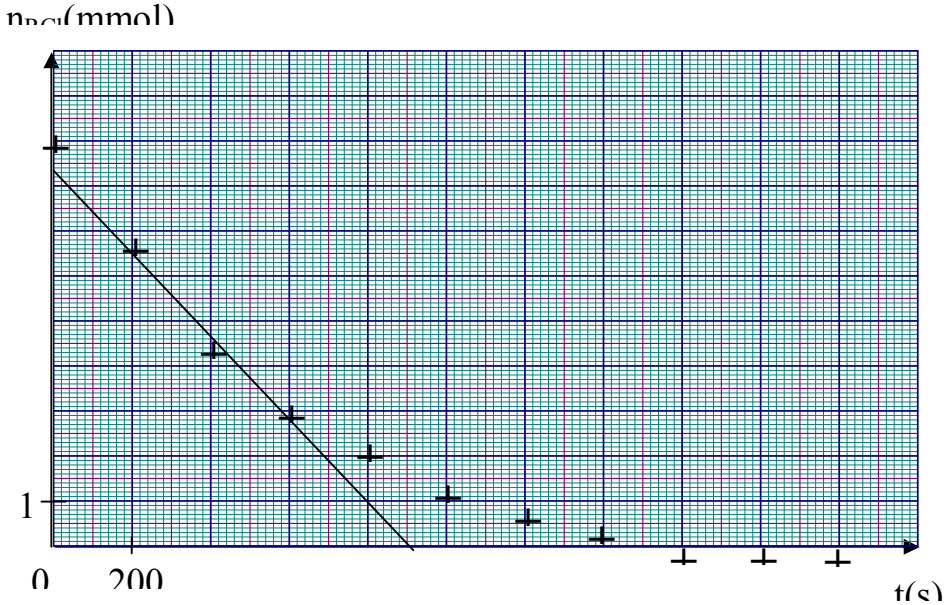
9- من جدول التقدم نستنتج أن :

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

$n_{RCl} = 9{,}2\ .\ 10^{-3} - x(t)\ \ mol$

$t(s)$	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
$x(mmol)$	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



$$v = -\frac{dn_{RcL}}{dt} = -\left(\frac{0-7.8}{900-0}\right)$$

$$v = 8,7.10^{-3} mmol/s$$

سرعة إختفاء 2– كلورو–2– ميثيل بروبان عند $t = 400s$.

استنتاج السرعة الحجمية لإختفائه عند نفس اللحظة :حجم الوسط التفاعلي $V = 50+25+1=76mL$ ومنه

$$v_{vol} = \frac{v_{RCl}}{V} = \frac{8,7.10^{-3}}{76.10^{-3}}$$

$$v_{vol} = 0.11 mmol/L.s$$

الأنشطة :

النشاط 1 : تصنيف التحولات الكيميائية

من خلال دراستنا ، مرعلينا أن الأنواع الكيميائية تتغير خصائصها وتركيبها عندما يحدث لها تحولا كيميائيا ، لكن هل جميع التحولات الكيميائية تحدث بسرعة واحدة ؟

التجربة 1 :

نضيف قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى أنبوب يحتوي على محلول كبريتات النحاس الثنائية.

التجربة 2 :

نسكب في أنبوب إختبار يحتوي على شعيرات من الحديد ، محلول كبريتات النحاس الثنائية .

التجربة 3 :

نذيب بعض بلورات من برمنغنات البوتاسيوم في الماء المقطر ثم نضع المحلول في قارورة .

الأسئلة :

1– ماذا يحدث بمجرد تلامس المتفاعلين في كل تجربة ؟

2– راقب التحول الكيميائي الحادث قي التجربة 2 لمدة *1/2h* وسجل ملاحظاتك .

3- راقب التحول الكيميائي الحادث في التجربة 3 لمدة $1/2h$ وسجل ملاحظاتك .

قارن بين تطور التحول الكيميائي الحادث في التجربة 3 وتطور التحول الحادث في قارورة محضرة من طرف المخبري منذ عدة أشهر .

4- قارن بين التحولات الكيميائية الثلاثة من حيث المدة الزمنية .

5- من بين التحولات المدروسة ، ماهي التحولات الممكن متابعة تطورها بالعين المجردة أو بأدوات القياس ؟

النشاط 2 : أهم العوامل الحركية

التجربة 4 :

نسكب في أنبوب إختبار يحتوي على برادة الحديد ، محلولا لكبريتات النحاس الثنائية السابق .

- قارن بين سرعة التحول الكيميائي الحادث في هذه التجربة و سرعة التحول الكيميائي الحادث في التجربة 2 .

التجربة 5 :

ضع في كأس ماءا باردا إلى منتصفه .

ضع في كأس ثاني ماءا ساخنا إلى منتصفه .

ضع قرصا فوارا من فيتامين C في كلا الكأسين .

1- راقب الذي يحدث في الكأسين . أيهما أسرع فورانا ؟

2- ماهو العامل المتغير الذي تتوقع أن يكون مؤثرا في إختلاف السرعتين ؟

التجربة 6 :

*- خذ أنبوبا إختبار نظيفة ضع في :

الأول 5mL من حمض كلور الماء تركيزه 0.1mol/L.

الثاني 5mL من حمض كلور الماء تركيزه 3mol/L .

*- إقطع بدقة قطعتان من المغنزيزم طول كل منها 2cm .

*- ضع إحدى القطع في الأنبوب الأول وأبدأ في قياس الزمن إلى أن تختفي قطعة المغنريوم تماما وسجل الزمن الذي إستغرقه التحول الكيميائي .

أعد نفس الخطوات بالنسبة للأنبوب الثاني ، ودون النتائج في الجدول التالي :

تركيز حمض كلور الماء	كتلة المغنزيوم(g)	الزمن الذي إستغرقه التحول(s)
$0.1mol/L$		
$3mol/L$		

- كيف تفسر إختلاف الزمن لإنتهاء تطور التحول الكيميائي بين الحالتين ؟

التجربة 7 :

يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين أو الماء الأكسجيني $H_2O_{2\,(aq)}$ إلى غاز ثنائي الأكسجين $O_{2(g)}$ و ماء ، فهل يؤثر وجود الوسيط على سرعة تحلله ؟

نسكب في أربعة كؤوس A ، B ، C و D ، $20mL$ من الماء الأكسجيني .

*- يلعب الكأس A دور شاهد .

*- ندخل في الكأس B سلكا من البلاتين .

*- نضيف إلى الكأس C بعض قطرات من محلول كلور الحديد الثلاثي($Fe^{+3}_{(aq)}+3Cl^-_{(aq)}$) المركز .

*- ندخل في الكأس D قطعة صغيرة من الكبد (مصدر الكتلاز) .

1- أكتب معادلة التفاعل المنمذجة للتفكك الذاتي للماء الأكسجيني .

علما أن الثنائيتين Ox/Red الداخلتين في التفاعل هما : H_2O_2/H_2O و O_2/H_2O_2 .

2- كيف تفسر عدم ملاحظة إنتشار غاز ثنائي الأكسجين في الكأس A ؟

3- سجل ما تلاحظ حدوثه في الأنابيب الثلاثة المتبقية .

ما هو دور البلاتين ، أيونات الحديد الثلاثي والكتلاز ؟

تحليل تجربة 1 : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق المعايرة

نريد متابعة تطور التحول الكيميائي والذي ننمذجه بمعادلة التفاعل التالي عن طريق المعايرة اللونية :

$$2I^-(aq)+H_2O_2(aq)+2H^+(aq)=I_2(aq)+2H_2O(l)$$

لهذا نمزج $50mL$ من محلول الماء الأكسجيني الشفاف $(aq)H_2O_2$ تركيزه المولي $56mmol.L^{-1}$ ، $1mL$ من محلول حمض الكبريت المركز الشفاف $(2H^+(aq)+SO_4^{2-}(aq))$ تركيزه $3mol.L^{-1}$ و $50mL$ من محلول يود البوتاسيوم $(K^+(aq)+I^-(aq))$ الشفاف ذو التركيز $0.2mol.L^{-1}$.

بعد رج المزيج لجعله متجانسا ، نجزؤه إلى 10 عينات حجم كل منها $10mL$.

في اللحظة t_1 نقوم بسقي العينة رقم 1، ثم نعاير ثنائي اليود $I_2(aq)$ الناتج و الذي تحويه العينة 1 بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم $(2Na^+(aq)+S_2O_3^{2-}(aq))$ تركيزه المولي $C=0.040mol.L^{-1}$.

ولهذ الغرض نضيف إلى العينة قطرات من صمغ النشاء (أو بعض قطرات من محلول التيودان)

لتأخذ العينة ذات اللون الأصفر لإحتوائها على ثنائي اليود ، لونا أزرقا والذي يزول عند بلوغ التكافؤ دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا ، ونسجل قيمة الحجم V_E المضاف عند التكافؤ .

في اللحظة t_2 نقوم بسقي العينة رقم 2، ثم نعاير ثنائي اليود $I_2(aq)$ *الذي تحويه العينة 2 وهكذا .....*

1- ما الذي يمكنك قوله عن العينات فيما يخص تركيبها ؟

2- أيمكن عدم تجزئة الوسط التفاعلي إلى عينات و إجراء المعايرة المتتابعة ، كيف ذلك ؟

3- لغرض معرفة تركيب الوسط التفاعلي في أية لحظة ، وبعد معايرة جميع العينات ، سجلنا الحجم المضاف عند التكافؤ في الجدول التالي :

$t(s)$	0	60	160	270	360	510	720	900	1080	1440	1800
$V_E(mL)$	0	2.2	4.8	6.5	7.5	9.0	10.5	11.5	12.5	13.5	14.0
$n_{I_2}(t)$ $(mmol)$											

أ- إنطلاقا من معادلة التفاعل المنمذجة للمعايرة $I_2(aq)+2S_2O_3^{2-}=2I^-(aq)+S_4O_6^{2-}(aq)$:

- أوجد عبارة كمية مادة اليود المتشكل عن طريق التفاعل البطيء المدروس $n_{I_2}(t)$ بدلالة حجم محلول ثيوكبريتات البوتاسيوم المكافيء اللازم للمعايرة V_E و تركيزه المولي C . أتمم الجدول .

ب- أنجز جدول التقدم للتحول الكيميائي المتابع زمنيا .

- أوجد عبارة تقدم التفاعل $x(t)$ بدلالة كمية مادة ثنائي اليود $n_{I_2}(t)$ المتشكل .
- أوجد تركيب الجملة الكيميائية عند اللحظة $t=360s$.

النشاط 3 : بيانات المتابعة

أثناء التحولات الكيميائية يتحول المتفاعل R الناتج P .

1- مثل كيفيا البيانات التالية :

أ- كمية مادة المتفاعل R بدلالة الزمن . ب- كمية مادة الناتج P بدلالة الزمن . جـ- التقدم x بدلالة الزمن .

2- علما أن الوسط التفاعلي حجمه ثابت V_{milieu} ، مثل كيفيا البيانات التالية :

أ- التركيزالمولي للمتفاعل $[R]$ بدلالة الزمن . ب- التركيزالمولي للناتج $[P]$ بدلالة الزمن .

النشاط 4 : حساب سرعة التفاعل والسرعة الحجمية للتفاعل

تتفاعل عند درجة حرارة $25°C$ أيونات بيروكسوديكبريتات $S_2O_8^{2-}$ مع أيونات اليود I^- وفق المعادلة :

$$S_2O_8^{2-}(aq) + 2I^-(aq) = 2SO_4^{2-}(aq) + I_2(aq)$$

الجدول التالي يعطي تطور تقدم التفاعل خلال الزمن :

$t(mn)$	0	2.5	5	10	15	20	25	30
$x(mmol)$	0	1.0	1.7	3.0	3.8	4.6	5.1	5.6

1- مثل البيان $x=f(t)$. $1cm \rightarrow 0.5mmol$ ، $1cm \rightarrow 2mn$

2- أحسب سرعة التفاعل عند اللحظات $t = 20mn$ ، $t = 0$

3- إذا علمت أن حجم الوسط التفاعلي ثابت ويساوي $V = 100mL$ ، استنتج السرعة الحجمية للتفاعل عند $t = 20mn$ ، $t = 0$

4- كيف تتطور سرعة التفاعل خلال الزمن ؟

نشاط 5 : العلاقة التي تربط بين مختلف السرع

نريد إيجاد العلاقة بين :

سرعة التفاعل ، سرعة تشكل ناتج و سرعة إختفاء متفاعل .

السرعة الحجمية للتفاعل ، السرعة الحجمية لتشكل ناتج و السرعة الحجمية لإختفاء متفاعل .

لهذا نعتبر معادلة عامة لتفاعل : $aA + bB = cC + dD$

1- أتمم جدول التقدم التالي :

معادلة التفاعل		aA	+ bB	= cC	+ dD
الحالة	التقدم	كميات المادة			
الحالة الإبتدائية	x = 0	$n_A(0)$	$n_B(0)$	0	0
الحالة الإنتقالية	x(t)				
الحالة النهائية	x_f				

2- أوجد عبارة x بدلالة كمية مادة المتفاعل A في أية لحظة و عبارة x بدلالة كمية مادة الناتج D في أية لحظة .

بالتعويض في عبارة سرعة التفاعل ، أوجد عبارة سرعة التفاعل بدلالة سرعة إختفاء المتفاعل A وعبارة سرعة التفاعل بدلالة سرعة تشكل الناتج D .عمم .

3- إستنتج عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة السرعة الحجمية لإختفاء المتفاعل A وعبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة السرعة الحجمية لتشكل الناتج D .

تحليل تجربة 2 : المتابعة الزمنية لتحول كيميائي عن طريق الناقلية

يتفاعل 2- كلورو-2- ميثيل بروبان مع الماء في خليط من الماء والكحول بتفاعل تام حسب المعادلة :

$$C_4H_9Cl(l)+2H_2O(l)=C_4H_9OH(aq)+H_3O^+(aq)+Cl^-(aq)$$

$\lambda_{Cl^-}=76{,}3.10^{-4}\ S.m^2.mol^{-1}$ $\lambda_{H_3O^+}\ 349{,}8.10^{-4}\ S.m^2.mol^{-1}$

التجربة :

نضع في كأس $50mL$ من الماء المقطر و$25mL$ من الكحول ، نضع الكأس في حمام مائي درجة حرارته $20°C$.

نأخذ حجما $V=1mL$ من 2- كلورو-2- ميثيل بروبان ، ونضعه في الكأس عند $t=0$ ، لحظة تشغيل الكرونومتر .

نعاير مقياس الناقلية ، ونعمر خلية القياس في الخليط بعد تحريكه ليصبح متجانسا .

نسجل بعد كل $200s$ الناقلية $\sigma(t)$ للمحلول ونحصل 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} $(mmol)$											

الأسئلة :

1- أكتب الصيغة نصف المنشورة لهذا المركب الكيميائي .

2- إلى ماذا تعود ناقلية المحلول خلال التحول ؟

3- أنجز جدول التقدم للتفاعل الحادث .

4- أكتب عبارة الناقلية المولية الشاردية عند اللحظة t بدلالة $\lambda_{H_3O^+}$ ، λ_{Cl^-} ، $[H_3O^+]$.

5- إستنتج عبارة الناقلية المولية الشاردية عند اللحظة t و t_f .

6- أستنتج أن الناقلية المولية الشاردية للمحلول عند أية لحظة t يمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية :

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

7- علما أن الكتلة المولية ل 2- كلورو-2- ميثيل بروبان $M=92g/mol$ والكتلة الحجمية له $\sigma=0{,}85g/cm^3$.

- أحسب كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان الإبتدائية n_0 ، ثم إستنتج التقدم الأعظمي x_{max} .

8- أتمم السطر الثالث من الجدول .

9- إعتمادا على جدول التقدم أوجد كمية مادة 2- كلورو-2- ميثيل بروبان في كل لحظة زمنية بدلالة التقدم $x(t)$ ، ثم أتمم السطر الرابع من الجدول . أرسم البيان $n_{RCl}(l)=f(t)$ وأحسب سرعة إختفاء 2- كلورو-2- ميثيل بروبان عند $t=400s$ استنتج السرعة الحجمية لإختفائه عند نفس اللحظة .

ملاحظة :

التفاعل تام منه $x_f=x_{max}$ و 2- كلورو-2- ميثيل بروبان متفاعل محد .