المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

التمرين الأول:

نتابع تطور التفاعل بين ماء جافيل وشوارد اليود، وذلك عن طريق معايرة ثنائي اليود الناتج. الأدوات والمحاليل المستعملة:

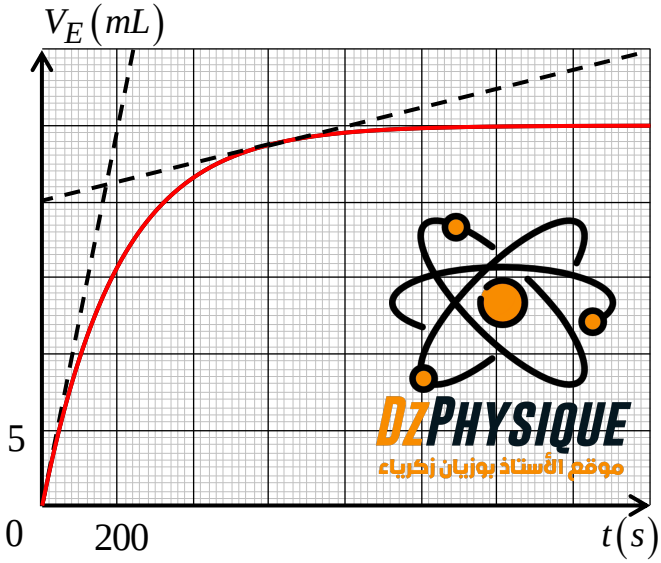
- حوجلات عيارية $100\,mL$، $200\,mL$ و $250\,mL$. - سحاحة مدرجة $50\,mL$. - ماصات سعاتها $10\,mL$، $20\,mL$. - أنابيب اختبار.	- ماء مقطر، قطع جليدية، صمغ النشاء. - ماء جافيل $\left(Na^+(aq)+ClO^-(aq)\right)$ تركيزه $C_1=1mol/L$. - محلول يود البوتاسيوم $\left(K^+(aq)+I^-(aq)\right)$ تركيزه $C_2=0,2mol/L$. - محلول ثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+(aq)+S_2O_3^{2-}(aq)\right)$ تركيزه المولي $C_3=0,04mol/L$.

نأخذ حجما $V_1=50\,mL$ من ماء جافيل $\left(Na^+(aq)+ClO^-(aq)\right)$، ونضيف له قطرات من حمض الإيثانويك المركز (لا يتغير الحجم). نمزج هذا الحجم مع حجم $V_2=50\,mL$ من يود البوتاسيوم $\left(K^+(aq)+I^-(aq)\right)$.

نقسم المزيج بالتساوي في 10 أنابيب اختبار، ونضعها في حمام مائي درجته ثابتة. يبدأ التفاعل في اللحظة $t=0$. في اللحظة t نخرج الأنبوب الأول ونضعه في الثلج المهشم، ثم نعاير ثنائي اليود الموجود فيه بواسطة محلول ثيوكبريتات الصوديوم $\left(2Na^+(aq)+S_2O_3^{2-}(aq)\right)$.

نكرر التجربة مع الأنابيب الأخرى في لحظات أخرة ونسجل في كل تجربة حجم محلول ثيوكبريتات الصوديوم V_E اللازم للتكافؤ.

نمثل $V_E=f(t)$



1. اقترح الطريقة التي نحضر بها حجما $V'=200\,mL$ وتركيزه $C'_1=\frac{C_1}{100}$ من ماء جافيل السابق.
2. اكتب معادلة تفاعل ماء جافيل مع يود البوتاسيوم، الثنائيتان المتفاعلتان هما: $\left(I_2/I^-\right)$ و $\left(ClO^-/Cl^-\right)$.
3. أنشئ جدول التقدم واكتب العلاقة بين التقدم x وكمية مادة ثنائي اليود I_2 في اللحظة t.
4. 1.4. اكتب معادلة تفاعل المعايرة. الثنائيتان المتفاعلتان هما $\left(I_2/I^-\right)$ و $\left(S_2O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}\right)$.

2.4. أنجز رسم تخطيطي لعملية المعايرة.

3.4. بين أن كمية مادة ثنائي اليود في المزيج تكتب بالعلاقة: $n(I_2)=5.C_3.V_E$

من إعداد الأستاذ بوزيان زكرياء
www.dzphysique.com
07-80-51-60-75
Bouzianedz48 Bouzianezaki Prof.zakidz48 Zakidz48

5. بين أنه عند $t = t_{1/2}$ يكون $V_E(t_{1/2}) = \frac{V_E(m)}{2}$، ثم استنتج قيمة زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$. $V_E(m)$ هو أكبر حجم لازم للتكافؤ.
6. أحسب السرعة الحجمية للتفاعل في المزيج المتفاعل عند اللحظة $t = 0\,s$ و $t = 600\,s$.

التمرين الثاني:

يحتوي مخبر ثانوية العقيد عثمان على علبة لمسحوق المغنيزيوم Mg قيمة النسبة الكتلية $P(\%)$ غير واضحة عليها، ومن أجل تحديدها قام أستاذ العلوم الفيزيائية بتقسيم التلاميذ إلى فوجين.

يهدف هذا التمرين إلى تحديد النسبة الكتلية لعينة من المغنيزيوم Mg باستعمال إحدى طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي.

- **الفوج الأول:**

لدينا محلول (S_0) لحمض كلور الهيدروجين $\left(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)\right)$ تركيزه المولي $c_0 = 10\,mol.L^{-1}$.

نحضر محلولا ممدد (S) تركيزه المولي c وذلك بتخفيف المحلول (S_0) 10 مرات.

1. أحسب التركيز المولي c للمحلول (S).
2. توجد في المخبر الزجاجيات التالية:
   - ماصات: $5\,mL$، $10\,mL$ و $20\,mL$.
   - حوجلات عيارية: $100\,mL$، $250\,mL$ و $500\,mL$.

   اختر الزجاجيات اللازمة لتحضير المحلول (S).

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

- **الفوج الثاني:**

يتفاعل معدن المغنيزيوم Mg مع شوارد الهيدرونيوم H_3O^+ وفق تفاعل تام ينمذج بالمعادلة التالية:

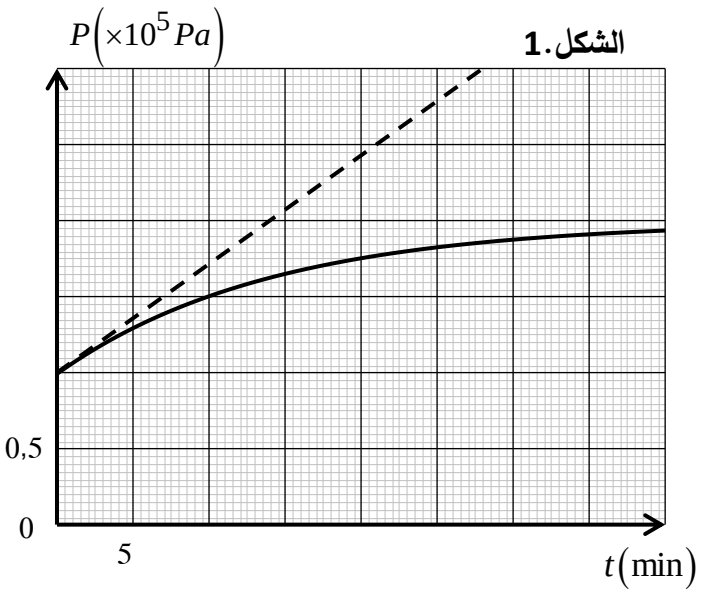
$$Mg(s) + 2H_3O^+(aq) = Mg^{2+}(aq) + H_2(g) + 2H_2O(l)$$

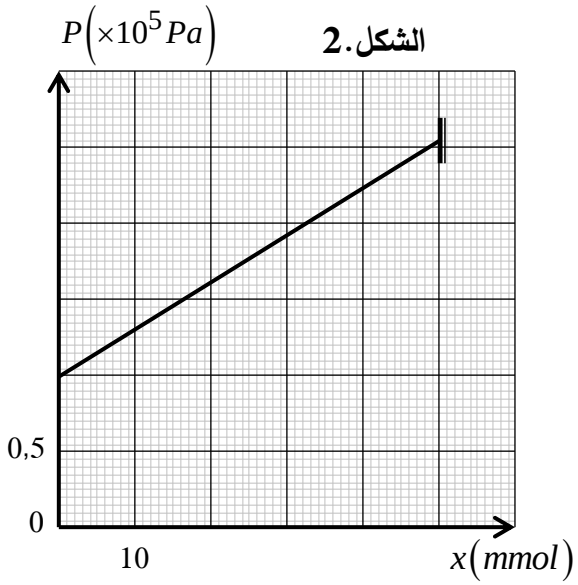
ندخل كتلة $m = 1{,}5\,g$ من $Mg(s)$ في بالون زجاجي حجمه V_{int} يحتوي على حجم $V = 200\,mL$ من المحلول (S) لحمض كلور الهيدروجين $\left(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)\right)$ تركيزه المولي c، عند درجة حرارة ثابتة $25°C$.

سمحت المتابعة الزمنية للتفاعل عن طريق قياس الضغط P في البالون وبرمجية مناسبة بالحصول على البيان الممثل لتطور الضغط P بدلالة الزمن t (الشكل.1)، والبيان الممثل لتطور الضغط P بدلالة تقدم التفاعل x (الشكل.2).

1. أنجز رسم تخطيطي للتركيب التجريبي المستعمل في هذه المتابعة مع تسمية العناصر فيه.
2. أكتب المعادلات النصفية للأكسدة والإرجاع، مع تحديد الثنائيات (Ox/Red).
3. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، واستخرج عبارة تقدم التفاعل x بدلالة P_{H_2}، V_{H_2}، R و T.
4. عبر عن الضغط P في البالون بدلالة x، T، R، V_{H_2}، P_0 حيث P_0 هو ضغط الهواء في البالون.

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي





5. اعتمادا على الشكل.2، أحسب قيمة كل من: حجم الغاز المنطلق V_{H_2}، حجم البالون الزجاجي V_{int}، قيمة التقدم الأعظمي $x_{\max}$.
6. استنتج المتفاعل المحد، واحسب النسبة الكتلية لمسحوق المغنيزيوم.
7. 1.6. عرف السرعة الحجمية للتفاعل، واكتب عبارتها بدلالة الضغط P في البالون.
   2.6. أحسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=0$.
8. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، وحدده بيانيا.

يعطى: $R=8,314\,SI$; $M(Mg)=24\,g.mol^{-1}$

DZPHYSIQUE
موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

التمرين الثالث:

في إحدى حصص الأعمال المخبرية أقترح أستاذ العلوم الفيزيائية على تلاميذ قسم بكالوريا دراسة تفاعل مسحوق الألمنيوم مع محلول حمض كلور الهيدروجين وهو تفاعل تام وبطيء، وبمساعدة المخبرية تم تجهيز القائمة التالية:

- **الزجاجيات والأجهزة:**
  - الماصات: $5\,mL$، $10\,mL$، إجاصة مص.
  - الحوجلات العيارية: $100\,mL$، $250\,mL$.
  - دورق، بيشر، سحاحة مدرجة، مخبار مدرج.
  - مخلاط مغناطيسي وقضيب مغناطيسي.
- **المركبات الكيميائية:**
  - مسحوق الألمنيوم $Al(s)$، كتلته المولية $27\,g.mol^{-1}$.
  - محلول (S_0) لحمض كلور الهيدروجين التجاري $\left(H_3O^+(aq)+Cl^-(aq)\right)$، درجة نقاوته 33%، وكثافته $1,16$، وكتلته المولية $36,5\,g.mol^{-1}$.
  - محلول هيدروكسيد الصوديوم $\left(Na^+(aq)+OH^-(aq)\right)$، تركيزه المولي معلوم $c_B=0,2\,mol.L^{-1}$.

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

قام فوجان من التلاميذ بالتجربتين التاليتين:

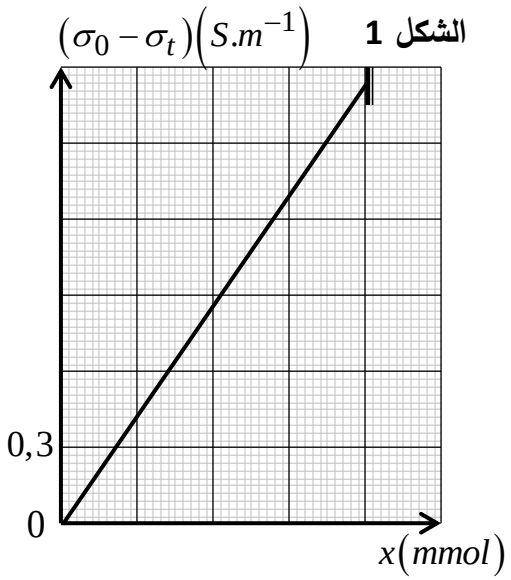
- **الفوج الأول:**

قام تلميذ بتحضير محلول (S_1) انطلاقا من المحلول (S_0)، بتركيز مولي $C_1 = 0,06\,mol/L$ وحجمه $100\,mL$، وذلك بأخذ حجم V_0 من المحلول (S_0) وتمديده بالماء المقطر.

1. استخرج حجم التكافؤ.
2. أحسبت التركيز المولي C_0 للمحلول التجاري، ثم أستنتج معامل التمديد F.
3. حدد قيمة V_0 الحجم الذي نأخذه من المحلول (S_0).
4. أذكر البروتوكول التجريبي لعملية تحضير المحلول (S_1)، مع ذكر الزجاجيات المستعملة.

DZPHYSIQUE
موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

الشكل 1



- **الفوج الثاني:**

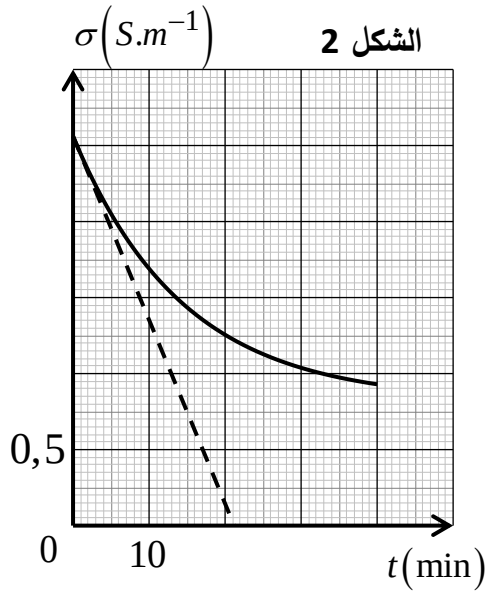
أضاف التلاميذ عند اللحظة $t = 0$ كمية من مسحوق الألمنيوم $Al(s)$ كتلتها $m_0 = 270\,mg$ إلى حجم قدره $V = 100\,mL$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي بشوارد H_3O^+ هو $\left[H_3O^+\right]_0 = 0,06\,mol.L^{-1}$، ثم تابعوا تطور التحول الكيميائي بواسطة قياس الناقلية النوعية σ للمزيج المتفاعل.

ننمذج التحول الكيميائي الحادث بمعادلة تفاعل:

$$2Al(s) + 6H_3O^+(aq) = 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g) + 6H_2O(l)$$

1. اكتب المعادلات النصفية للأكسدة والإرجاع، واستنتج الثنائيات (Ox/Red) الداخلة في التفاعل.
2. أنشئ جدول تقدم هذا التفاعل، ثم أحسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max} وحدد المتفاعل المحد.
3. أحسب الناقلية النوعية σ_0 للمحلول قبل إضافة الألمنيوم.
4. عبر عن الناقلية النوعية σ_t خلال التفاعل بدلالة σ_0، $\lambda_{H_3O^+}$، $\lambda_{Al^{3+}}$، V والتقدم x.
5. مثلنا بيانيا $(\sigma_0 - \sigma_t)$ بدلالة التقدم x في الشكل.1، ومثلنا كذلك σ بدلالة الزمن في الشكل.2.

الشكل 2



1.5. جد الناقلية النوعية النهائية للمزيج.

2.5. بين أنه عند زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ تكون الناقلية النوعية للمزيج المتفاعل:

$$\sigma(t_{1/2}) = \frac{\sigma_0 + \sigma_f}{2}$$

ثم حدد قيمة $t_{1/2}$ بيانيا.

3.5. أحسب السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t=0$.

تعطى: $\lambda_{Cl^-}=7,63mS.m^2.mol^{-1}$ $\lambda_{H_3O^+}=35mS.m^2.mol^{-1}$

التمرين الرابع:

إن معظم التحولات الكيميائية مثل تحولات أكسدة – إرجاع أو التحولات حمض – أساس تحدث بصفة سريعة لكن ذلك غير صحيح دائما لأن بعضها الآخر يتم ببطء وبسرعة أقل كما هو الحال مع تآكل المعادن.

يهدف التمرين إلى دراسة تأثير تراكيز المتفاعلات بين شوارد اليود $I^-(aq)$ والماء الأوكسجيني $H_2O_2(aq)$ ، ثم دراسة حركية التفاعل السابق.

- **دراسة كيفية:**

من أجل دراسة تأثير تراكيز المتفاعلات في التفاعل بين شوارد اليود $I^-(aq)$ والماء الأوكسجيني $H_2O_2(aq)$ في وسط حمضي، نحقق الخلائط المبينة في الجدول:

الخليط	الماء الأوكسجيني	الماء المقطر	حمض الكبريت
1	$8mL$	$0mL$	$4mL$
2	$4mL$	$4mL$	$4mL$
3	$2mL$	$6mL$	$4mL$

نسكب بعد ذلك في نفس الوقت نفس الكمية من محلول يود البوتاسيوم في كل من هذه الخلائط.

1. أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث علما أن الثنائيتين المتدخلتين فيه هما: $(H_2O_2(aq)/H_2O(aq))$ و $(I_2(aq)/I^-(aq))$.
2. وضح سبب إضافة الماء إلى الخليط (2) و(3).
3. يظهر اللون الأصفر المسمر تدريجيا، إلى ماذا يعود؟
4. اللون الناتج عند تفاعل الخليطين (2) و(3) لمدة دقيقتين فاتح أكثر من لون الخليط (1).
   - فسر سبب الاختلاف.
5. علما أن يود البوتاسيوم هو المتفاعل المحد. أجب بصح أو خطأ مع التعليل.
   - اللون النهائي للخلائط الثلاثة هو نفسه.
   - سرعة التفاعل عند نفس اللحظة الابتدائية للخلائط الثلاثة هي نفسها.

DZPHYSIQUE
موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

- **دراسة كمية:**

لدراسة حركية التفاعل الكيميائي البطيء والتام بين الماء الأكسجيني $H_2O_2(aq)$ وشوارد اليود $I^-(aq)$ في وسط حمضي. مزجنا في بيشر عند اللحظة $t=0$، ودرجة حرارة $25°C$، حجما V_1 من محلول الماء الأوكسجيني تركيزه المولي c_1 مع حجم $V_2=V_1$ من محلول يود البوتاسيوم تركيزه المولي $c_2=6,0\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$ وبضع قطرات من محلول حمض الكبريت المركز. الدراسة التجريبية مكنتنا من الحصول على المنحنيات البيانية الممثلة لتغيرات التراكيز المولية لـ H_2O_2 و I^- بدلالة الزمن. (الشكل.1)

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

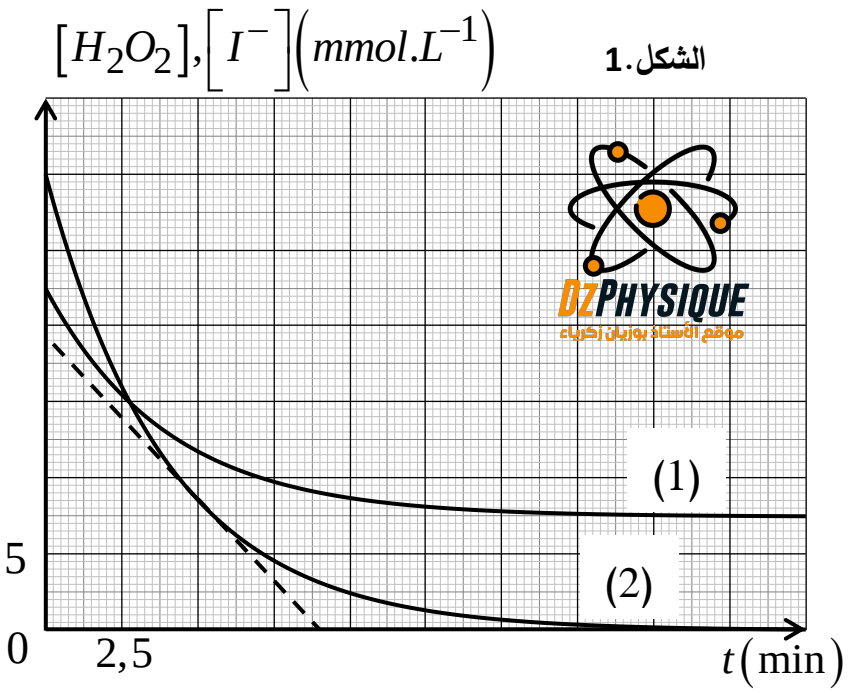
DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

اكتب عبارة التركيز المولي الابتدائي لكل من H_2O_2 و I^-.

1. اعتمادا على الشكل.2، حدد البيان المناسب لـ H_2O_2، مع التعليل.
2. استنتج قيمة التركيز المولي C_1 لمحلول الماء الأوكسجيني.
3. أنشئ جدول التقدم، ثم استنتج المتفاعل المحد.
4. باعتماد على تعريف سرعة التفاعل، بين أن عبارتها تكتب من الشكل:

$$v = -\frac{V_T}{2} \cdot \frac{d\left[I^-\right]}{dt}$$

الشكل.1



5. علما أن سرعة التفاعل عند اللحظة $t = 5\min$ تساوي $0,215 mmol.L^{-1}.\min^{-1}$، أحسب V_1 حجم محلول الماء الأوكسيجيني.
6. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، وعين قيمته.

التمرين الخامس:

لمتابعة التطور الزمني للتحول الكيميائي الحادث بين محلول حمض كلور الماء $\left(H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)\right)$ ومعدن الزمن $Zn(s)$. نضيف عند اللحظة $t = 0$ كتلة من الزنك $m = 0,654\,g$ إلى دورق به حجم $V = 100\,mL$ من محلول حمض كلور الماء تركيزه المولي $c = 0,01 mol.L^{-1}$، نعتبر أن حجم الوسط التفاعلي ثابت خلال مدة التحول. نقيس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق مع مرور الزمن في الشروط التجريبية التالية:

- درجة الحرارة $\theta = 20°C$.
- الضغط $P = 1,013 \times 10^5\, Pa$.

1. اكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول الكيميائي الحادث، علما أن الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما: $\left(H_3O^+ / H_2\right)$، $\left(Zn^{2+} / Zn\right)$. مع تحديد الفرد المرجع والفرد المؤكسد.
2. أنشئ جدول لتقدم التفاعل، وحدد المتفاعل المحد.
3. الدراسة التجريبية لهذا التحول مكنت من الحصول على الجدول التالي:

$t(\min)$	0	6	12	18	24	30	36
$V_{H_2}(mL)$	0	7,6	10,4	11,4	11,8	11,9	12,0

من إعداد الأستاذ بوزيان زكرياء
www.dzphysique.com
07-80-51-60-75
Bouzianedz48
Bouzianezaki Prof.zakidz48 Zakidz48

1.3. أرسم البيان $V_{H_2} = f(t)$.

2.3. عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

3.3. بين أنه يمكن كتابة عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بالشكل: $v_{vol} = \frac{P}{V.R.T} \cdot \frac{dV_{H_2}}{dt}$

بحيث V حجم المزيج التفاعلي.

4.3. احسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظتين $t_1 = 6\,\text{min}$ ، $t_2 = 18\,\text{min}$.

5.3. كيف تفسر مجهريا التغير في السرعة الحجمية للتفاعل مع مرور الزمن.

6.3. استنتج سرعة اختفاء شوارد H_3O^+ عند نفس اللحظات السابقة.

4. عرف زمن نصف التفاعل، وحدد قيمته بيانيا.

المعطيات: $R = 8,314\,SI$; $M(Zn) = 65,4\,g.mol^{-1}$

DZPHYSIQUE موقع الأستاذ بوزيان زكرياء

التمرين السادس:

نحضر ماء جافيل من تفاعل غاز ثنائي الكلور $Cl_2(g)$ مع محلول الصود $\left(Na^+(aq) + OH^-(aq)\right)$ الموجود بوفرة بتحول كيميائي تام ننمذجه بمعادلة التفاعل التالية:

$$Cl_2(g) + 2\left(Na^+(aq) + OH^-(aq)\right) = \left(Na^+(aq) + ClO^-(aq)\right) + \left(Na^+(aq) + Cl^-(aq)\right) + H_2O$$

I. تعرف الدرجة الكلورومترية $°Chl$ بأنها حجم غاز ثنائي الكلور اللازم استعماله لتحضير لتر واحد من ماء جافيل في الشرطين النظاميين.

- بين أن: $°Chl = C_0.V_M$ حيث C_0 التركيز المولي لماء جافيل و V_M الحجم المولي.

II. يحدث في الضوء أن شوارد ClO^- تؤكسد بشكل بطيء جزيئات الماء H_2O وبالتالي ماء جافيل سيفقد فعاليته تدريجيا وبوجود شوارد الكوبالت Co^{2+} فإن هذا التفاعل يكون أسرعا.

1. إذا علمت أن الثنائيتين (Ox/red) الداخلتين في التفاعل هما (O_2/H_2O) و (ClO^-/Cl^-)، أكتب المعادلة المنمذجة للتحول السابق.

- نأخذ كمية من ماء جافيل من قارورة $Bref$ كتب عليها $16°Chl$.

2. أحسب التركيز الابتدائي C_0 لماء جافيل الموجود في قارورة $Bref$.

- نقوم بدراسة سرعة اختفاء الشوارد ClO^- بوجود شوارد Co^{2+} نقيس عند درجة الحرارة $\theta = 20°C$ وتحت ضغط $P = 1,013\times10^5\,Pa$ حجم غاز ثنائي الأوكسجين V_{O_2} المتشكل في كل لحظة فنتحصل على الجدول التالي:

$t\,(s)$	0	60	120	180	240	300	360	420	450	480
$V_{O_2}(mL)$	0	79	148	203	248	273	298	312	316	316

3. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل.

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي

4. مثل المنحنى البياني $V_{O_2} = f(t)$ الذي يمثل تغيرات V_{O_2} بدلالة الزمن باختيار سلم رسم مناسب.
5. أ- أحسب التقدم الأعظمي x_{max} ثم استنتج قيمة التركيز الابتدائي $\left[ClO^-\right]_0$ حيث حجم محلول ماء جافيل المستعمل $V = 0{,}11L$.

ب- هل يوافق ما هو مكتوب على القارورة؟

6. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم حدد قيمته من البيان السابق.
7. أ- عرف السرعة الحجمية لاختفاء ClO^-، ثم أثبت أن: $v_{Vol}\left(ClO^-\right) = \frac{2P}{V.R.T} \cdot \frac{dV_{O_2}}{dt}$

حيث T درجة الحرارة المطلقة و R ثابت الغازات المثالية.

ب- أحسب السرعة الحجمية لاختفاء ClO^- عند اللحظة $t = t_{1/2}$ ثم استنتج السرعة الحجمية للتفاعل عند نفس اللحظة السابقة.

8. ما هو التركيب المولي للمزيج التفاعلي عند اللحظة $t = 2t_{1/2}$؟
9. أعط تمثيل البيان $V_{O_2} = g(t)$ كيفيا على البيان السابق في حالة عدم وجود الشوارد Co^{2+}.

DZPHYSIQUE
موقع الأستاذ بوزيان زكرياء