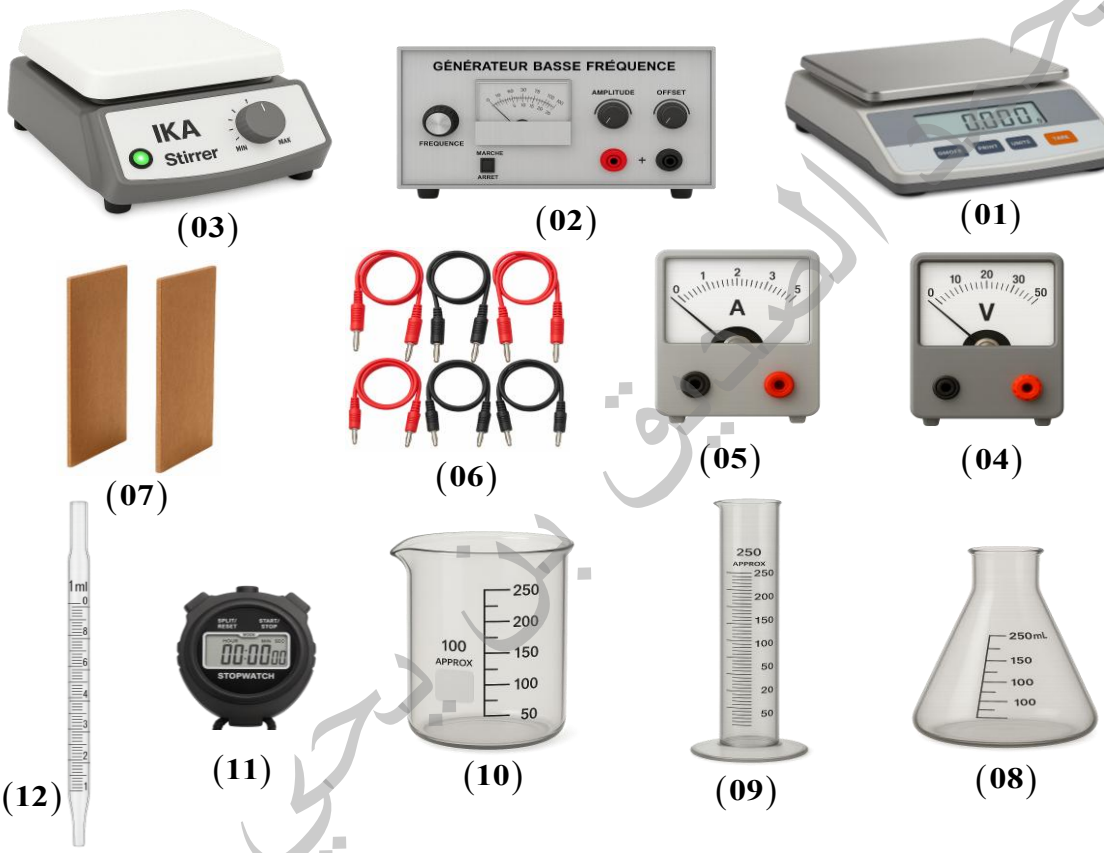


الوثيقة (1) : معلومات خاصة بالمركب كلوريد البنزيل.

- الاسم النظامي حسب $IUPAC$: كلورو ميثيل بنزن.
- الصيغة الجزيئية المجملة: $C_7H_7 - Cl$ - الكتلة المولية: $126{,}6g.mol^{-1}$
- الكتلة الحجمية: $1{,}1g.mL^{-1}$ - الانحلال في الماء: قليل جدا.
- الحالة الفيزيائية: سائل عديم اللون يميل إلى الأصفر الباهت.
- السمية والمخاطر: مركب خطير جدًا، سريع الالتهاب، مهيج قوي للجلد والعينين والجهاز التنفسي.
- التفاعل مع الماء: هو تفاعل تام ينمذج بالمعادلة التالية :

$$C_7H_7 - Cl(l) + 2H_2O(l) = C_7H_7 - OH(l) + H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$$

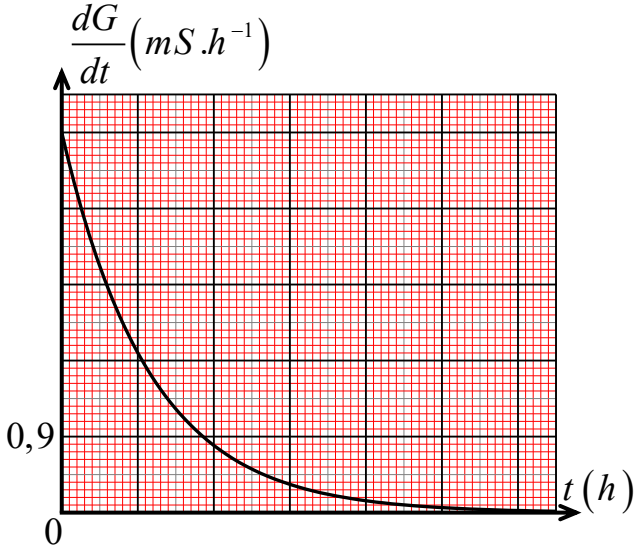
الوثيقة (2): صور لبعض الأدوات والزجاجيات والأجهزة المتوفرة.

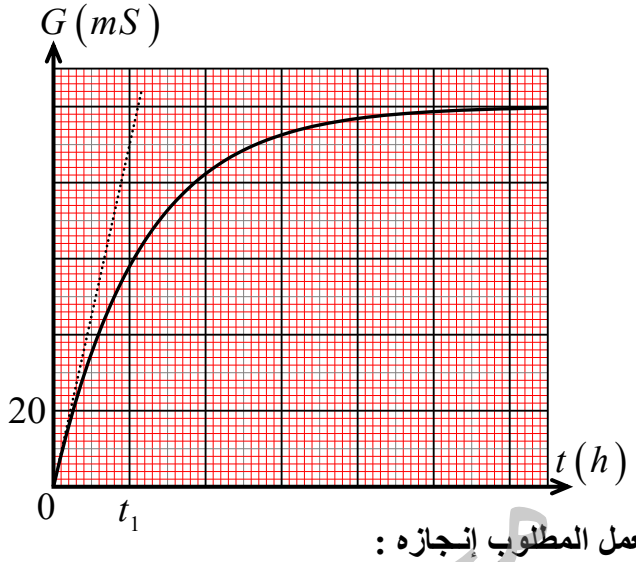


الوثيقة (3) : البروتوكول التجريبي لمتابعة إماهة كلور البنزيل عن طريق قياس الناقلية.

- نضَع الزجاجية (10) فوق الجهاز (03)، ثم نسكب داخلها حجما $V = 100mL$ من الماء المقطر.
- نغمر العنصر (07) داخل الزجاجية (10)، ثم نصله إلى دارة كهربائية مناسبة.
- نشغّل الجهاز (03) على سرعة متوسطة، وعند اللحظة $t = 0$ نضيف حجمًا $V_0 = 1mL$ من كلوريد البنزيل.
- نسجّل الناقلية في لحظات زمنية مختلفة عند درجة حرارة ثابتة θ_1، و ندون النتائج في جدول.
- باستعمال جهاز كمبيوتر وبرمجية مناسبة نعالج النتائج المتحصل عليها.

الوثيقة (4): منحنيي تطور كل من ناقلية G ، و $\frac{dG}{dt}$ بدلالة الزمن.





العمل المطلوب إنجازه :

1. عرف الناقلية، ثم وضح سبب متابعة التحول الكيميائي المدروس عن طريق قياس الناقلية.
2. فسر انعدام ناقلية المزيج عند اللحظة $t = 0$.
3. تعرف على الدلالتين (a) و (b) المشار إليهما في ملصقة القارورة المبينة في الوثيقة (1).
4. انطلاقا من الوثيقة (2):
   1.4. اجرد الوسائل والزجاجيات المستعملة في هذه التجربة.
   2.4. حدد الزجاجية المستعملة في أخذ الحجم V_0 من كلوريد البنزيل.
5. ارسم باستعمال الرموز الاصطلاحية التركيب التجريبي المستعمل في تحقيق هذه التجربة، مع شرح الطريقة التي مكنت من الحصول على قيم الناقلية G.
6. أنشئ جدولا لتقدم التفاعل المدروس، و احسب قيمة التقدم الأعظمي x_{max}، علما أن الماء موجود بوفرة.
7. جد عبارة الناقلية $G(t)$ بدلالة تقدم التفاعل $x(t)$ ، K ، V ، $\lambda_{H_3O^+}$ ، λ_{Cl^-} حيث K ثابت يميز العنصر (07) من الوثيقة (2)، و V حجم المزيج التفاعلي (نهمل V_0 أمام V).
8. تحقق أن عبارة تقدم التفاعل هي: $x(t) = \frac{n_0}{G_f} G(t)$، حيث G_f هي الناقلية عند نهاية التفاعل.
9. جد عبارة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 0$ ثم احسب قيمتها.
10. بين أن $t_1 = 20h$، ثم صنف التحول الكيميائي المدروس حسب المدة الزمنية التي يستغرقها.
11. عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم جد قيمته بيانيا.
12. نعيد نفس التجربة السابقة عند درجة حرارة θ_2 أكبر من θ_1:
    1.12. اذكر المصطلح الذي يطلق على درجة الحرارة في هذه الحالة، ثم عرفه.
    2.12. حدد تأثير ذلك على المقادير التالية مع التعليل:

– مدّة التفاعل – السرعة الحجمية لابتدائية للتفاعل – التقدم الأعظمي x_{max} – الناقلية النهائية G_f

الحل النموذجي المقترح

انتهى الموضوع

الجزء الأول :

حل التمرين الأول : (6 نقاط)

I - دراسة حركة المسبار الياباني MMO:

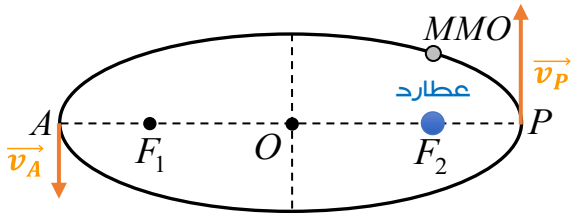
1. الاسم الذي يُطلق على هذا المسار: مسار إهليليجي (قطع ناقص)، وهو مسار بيضاوي متناظر، يقع كوكب عطارد في أحد محرقيه. — 0,5

2. تحديد موقع كوكب عطارد: بما أن P أقرب موضع للمسبار من كوكب عطارد إذن يقع في المحرق F_2. — 0,25

3. اسم النقطتين A و P. — 0,5

النقطة A: الأوج ، النقطة P : الحضيض.

4. تمثيل موقع كوكب عطارد ورسم شعاع سرعة المسبار في النقطتين A و P. — 0,75



5. المدلول الفيزيائي للمقدار $PF_2 + AF_2$: مجموعهما يمثل طول المحور الكبير للمسار الإهليليجي أي: $PF_2 + AF_2 = 2a$ — 0,25

6. حساب النسبة $X = \frac{8T_1^2}{(PF_2+AF_2)^3}$ مقدرة بالوحدة $s^2.m^{-3}$. — 0,25

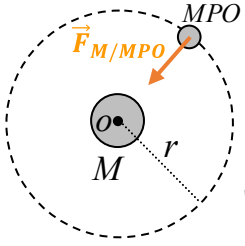
$$X = \frac{8 \times (9{,}3 \times 3600)^2}{((14080 + 3030) \times 10^3)^3} \approx 1{,}79 \times 10^{-12} s^2.m^{-3}$$

7. إثبات أن قيمة كتلة كوكب عطارد $M_M = 3{,}3 \times 10^{23} kg$: — 0,25

$$X = Y = \frac{4\pi^2}{GM_M} \Longrightarrow M_M = \frac{4\pi^2}{XG} = \frac{4(3{,}14)^2}{1{,}79 \times 10^{-12} \times 6{,}67 \times 10^{-11}} = 3{,}3 \times 10^{23} kg$$

II - دراسة حركة المسبار الأوروبي MPO:

1. تمثيل القوة $\vec{F}_{M/MPO}$ قوة جذب عطارد للمسبار (MPO)، وتحديد خصائصها. — 0,5



✓ المبدأ : مركز المسبار (MPO). ✓ الجهة : نحو مركز عطارد.

✓ الحامل : المحور الناظمي. ✓ الشدة : $F_{M/MPO} = G\frac{m_{MPO}.M_M}{r^2}$

2. تبيان أنّ حركة المسبار (MPO) حول عطارد دائرية منتظمة. — 0,75

✓ الجملة المدروسة : المسبار (MPO). ✓ مرجع الدراسة : مرجع مركزي عطاردي نعتبره غاليليا.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم (مسبار MPO) في مرجع مركزي عطاردي نجد:

$\vec{F}_{M/MPO} = m_{MPO}.\vec{a}$ أي: $\sum \vec{F}_{ext} = m_{MPO}.\vec{a}$، بالإسقاط على المحور المماسي نجد:

$0 = m_{MPO}.a_t$ نعلم أن : $m_{MPO} \neq 0$ إذن : $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$ ومنه نستنتج أن : v ثابت.

بما أن المسار دائري وقيمة السرعة المدارية ثابتة فإن الحركة دائرية منتظمة.

محمد الصديق بن يحيى

3. ايجاد عبارة a تسارع حركة المسبار بدلالة G ، M_M و r ، و استنتاج عبارة سرعته v.

0,25
$$F_{M/MPO} = G\frac{m_{MPO}.M_M}{r^2} \Rightarrow a_N = G\frac{M_M}{r^2}$$

استنتاج عبارة السرعة المدارية: $r = (R_M + h)$

0,25
$$a_N = G\frac{M_M}{r^2} = \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_M}{r}}$$

1.4. تبيين أن عبارة تسارع جاذبية كوكب عطارد على ارتفاع h من سطحه تعطى بالعلاقة: $g = g_0\frac{R_M^2}{r^2}$

لدينا:

$$F_{M/MPO} = G\frac{m_{MPO}.M_M}{r^2} = m_{MPO}.g \Rightarrow g = G\frac{M_M}{r^2} \dots (1)$$

0,5
لدينا : $r = (R_M + h)$ عند سطح الأرض : $h = 0$ وبالتالي: $g_0 = G\frac{M_M}{{R_M}^2} \dots (2)$، بقسمة العبارة (1) على (2) نجد:

$$\frac{g}{g_0} = \frac{\frac{1}{r^2}}{\frac{1}{{R_M}^2}} \Rightarrow g = g_0\frac{{R_M}^2}{r^2}$$

2.4. ايجاد قيمة R_M نصف قطر كوكب عطارد: من العبارة السابقة لدينا:

0,25
$$g = g_0\frac{{R_M}^2}{r^2} \Rightarrow R_M = \sqrt{\frac{g.r^2}{g_0}} = \sqrt{\frac{3{,}7 \times (3300 \times 10^3)^2}{2{,}02}} \approx 2{,}44 \times 10^6 m \approx 2440 km$$

5. كتابة عبارة الدور المداري T_2 للمسبار (MPO) حول عطارد بدلالة G ، M_M و r ، ثم حساب قيمته.

0,5
$$v = \frac{2\pi r}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{GM_M}{r}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^2}{\frac{GM_M}{r}}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 r}{GM_M}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_M}}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_M}} = 2\pi\sqrt{\frac{(3300 \times 10^3)^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 3{,}3 \times 10^{23}}} \approx 8028s$$

$$T_2 \approx 2{,}23h$$

6. ايجاد عدد الدورات التي ينجزها المسبار (MPO) عندما ينجز المسبار (MMO) دورة واحدة.

0,25
$$T_1 = 9{,}3h$$
$$T_2 = 2{,}23h$$
$$N = \frac{T_1}{T_2} = \frac{9{,}3}{2{,}23} \approx 4{,}17$$

$N = 4{,}17$ دورات

محمد الصديق بن يحيى

حل التمرين الثاني : (٦ نقاط)

الجزء الأول: تحديد القوى الخارجية المطبقة على كل بالون.

0,25 — 1. المرجع العطالي المناسب: سطحي أرضي الذي نعتبره عطاليا.

2. عبارة شدة قوة الثقل: $P = m.g$، قيمتها في كل حالة:

0,25 — $$P_{(a)} = m_{(a)}.g = 7 \times 10^{-3} \times 10 = 7 \times 10^{-2} N$$

0,25 — $$P_{(b)} = m_{(b)}.g = 1 \times 10 = 10N$$

0,25 — 3. عبارة دافعة أرخميدس: $\pi = \rho.V.g = 1{,}3 \times 1 \times 10^{-3} \times 10 = 1{,}3 \times 10^{-2} N$

وهي نفسها في الحالتين لأن للبالونين نفس الحجم .

4. حساب في كل حالة النسبة $\beta = \frac{P}{\pi}$:

0,25 — $$\beta_{(a)} = \frac{P_{(a)}}{\pi} = \frac{7 \times 10^{-2}}{1{,}3 \times 10^{-2}} = 5{,}38$$

0,25 — $$\beta_{(b)} = \frac{P_{(b)}}{\pi} = \frac{10}{1{,}3 \times 10^{-2}} = 769{,}23$$

0,25 — نستنتج أن دافعة أرخميدس مهملة أمام قوة الثقل في حالة البالون (b) فقط.

0,25 — 5. 1.5. نوع السقوط الشاقولي للبالون (a) هو سقوط شاقولي حقيقي لأنه يخضع إلى قوة الاحتكاك مع الهواء إضافة إلى قوتي الثقل ودافعة أرخميدس.

0,5 — 2.5. البيان (C_1) يخص حركة البالون (a) لأنه يبرز نظامين انتقالي ودائم والتي تخص السقوط الشاقولي الحقيقي، ومنه البيان (C_2) يخص بالضرورة حركة البالون (b) .

0,5 — 3.5. القوى الخارجية المطبقة على البالون (b) هي قوة الثقل $\vec{P}$ فقط، لكون دافعة أرخميدس مهملة، والبيان (C_2) نميز فيه طورا واحدا تتزايد خلاله قيمة السرعة خطيا (قيمة التسارع ثابتة)، ومنه نستنتج أن البالون يسقط سقوطا شاقوليا حرا (تأثير الهواء مهمل).

0,5 — 6. المدة الزمنية Δt التي يستغرقها كل بالون لبلوغ سطح الأرض .

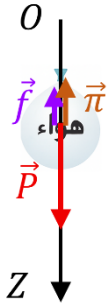
$$\Delta t_{(a)} = 0{,}25 \times 11 = 2{,}75\ s \quad ✓$$

$$\Delta t_{(b)} = 0{,}25 \times 5{,}6 = 1{,}4\ s \quad ✓$$

الجزء الثاني: دراسة حركة السقوط الشاقولي في الهواء.

I. دراسة حركة حركة البالون (a) :

0,25 — 1. تمثيل القوى الخارجية المطبقة على مركز عطالة البالون (a).



0,5 — 2. تبيان أن المعادلة التفاضلية لتطور سرعة البالون هي: $\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}v^2 = g.(1 - \frac{1}{\beta})$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m.\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m.\vec{a}$

بالإسقاط على محور الحركة (OZ): $P - \pi - f = m.a$ ومنه $m.g - \rho.V.g - kv^2 = m.\frac{dv}{dt}$

محمد الصديق بن يحي

بالقسمة على m نجد: $g\left(1-\frac{\rho.V}{m}\right)=\frac{dv}{dt}+\frac{k}{m}v^2$ أي $g-\frac{\rho.V.g}{m}-\frac{k}{m}v^2=\frac{dv}{dt}$ ولدينا من جهة أخرى: $\beta=\frac{P}{\pi}=\frac{m.g}{\rho.V.g}=\frac{m}{\rho.V}$ ومنه: $\frac{dv}{dt}+\frac{k}{m}v^2=g\left(1-\frac{1}{\beta}\right)$	
3. عبارتي التسارع الابتدائي a_0، و السرعة الحدية v_{lim}. لدينا $v=0m/s$، بالتعويض في المعادلة التفاضلية السابقة نجد: $a_0=g\left(1-\frac{1}{\beta}\right)$ لدينا $\frac{dv}{dt}=0$، بالتعويض في المعادلة التفاضلية: $g\left(1-\frac{1}{\beta}\right)=\frac{k}{m}{v_{lim}}^2$ ومنه : $v_{lim}=\sqrt{\frac{m.g}{k}\left(1-\frac{1}{\beta}\right)}$	0,25 0,25
4. 1.4. قيمة a_0: يمثل معامل توجيه المستقيم (Δ) مماس البيان (C_1) عند $t=0$: $a_0=\frac{4-0}{0,5-0}=8\ m.s^{-2}$	0,25
2.4. قيمة السرعة الحدية v_{lim} بيانيا: $v_{lim}=4m.s^{-1}$ قيمة معامل الاحتكاك: لدينا من عبارة السرعة الحدية : $g\left(1-\frac{1}{\beta}\right)=\frac{k}{m}{v_{lim}}^2$ و عليه : $k=\frac{m.g}{{v_{lim}}^2}\left(1-\frac{1}{\beta}\right)$ و منه : $k=\frac{7\times10^{-2}}{4^2}\left(1-\frac{1}{5,38}\right)=3,56\times10^{-3}kg.m^{-1}$	0,25 0,25
3.4. الزمن المميز للحركة τ: يعين بطريقتين إما عن طريق المماس بحيث يمثل فاصلة نقطة تقاطعه مع المستقيم المقارب الذي يشمل v_{lim} أو بالعلاقة : $\tau=\frac{v_{lim}}{a_0}=\frac{4}{8}$ و منه : $\tau=0,5\ s$	0,25
II. دراسة حركة حركة البالون (b) : 1. المعادلة الزمنية للموضع $Z(t)$. لدينا : $Z(t)=\frac{1}{2}a.t^2+v_0.t+x_0$ و نعلم أن : $\frac{dv}{dt}=g=a$ و $v_0=0$ و $x_0=0$ ومنه : $Z(t)=\frac{1}{2}g.t^2$	0,25
2. 1.2. قيمة سرعة وصول البالون إلى سطح الأرض. $v=2\times7=14m.s^{-1}$	0,25
2.2. قيمة الارتفاع h_0. تمثل مساحة في بيان السرعة (C_2) : $h_0=\frac{14\times1,4}{2}=9,8m$ حسابيا: من المعادلة الزمنية للموضع $h_0=\frac{1}{2}g.{t_f}^2=\frac{1}{2}10\times1,4^2=9,8m$	0,25 0,25
إجابة السؤال الختامي: يصل البالون المملوء بالماء أولا لأن في السقوط الحر تكون محصلة القوى ثابتة وفي جهة الحركة وتساوي قوة الثقل وحدها، ومنه يكون التسارع ثابتًا ويسقط الجسم بحركة مستقيمة متسارعة بانتظام أما في السقوط الحقيقي فتؤثر مقاومة الهواء عكس الحركة، فتصبح محصلة القوى متغيرة الشدة ومتناقصة كلما ازدادت السرعة، وبالتالي يتناقص التسارع تدريجيًا إلى أن ينعدم عند بلوغ قيمة السرعة قيمتها الحدّية، مما يجعل زمن سقوط البالون المملوء بالهواء أطول.	0,25

محمد الصديق بن يحي

الجزء الثاني :

حل التمرين التجريبي : (٦ نقاط)

1. الناقليّة هي قدرةُ المحلول على نقل التيار الكهربائي نتيجة وجود شوارد حُرّة الحركة. — 0,25
سبب متابعة التحول المدروس عن طريق قياس الناقلية هو وجود شوارد ناتجة يزداد تركيزها في المزيج. — 0,25

2. تفسير انعدام ناقلية المزيج عند اللحظة $t = 0$ هو كون المزيج لا يحتوي على أي شوارد، بل يحتوي على: — 0,25
- ✓ ماء مقطر ناقليته مهملة.
- ✓ جزيء كلوريد البنزيل متعادل كهربائيا غير ناقل للتيار الكهربائي.

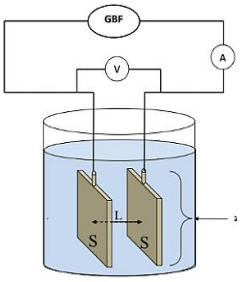
3. التعرف على الدلالتين:
a. مادة سامّة. — 0,25
b. مادة قابلة للاشتعال. — 0,25

4. 1.4. الزجاجية المستعملة في أخذ V_0 من كلوريد البنزيل هي العنصر 12، ماصة عيارية ذات سعة $1mL$. — 0,25

2.4. جرد الأدوات والزجاجيات المستعملة في التجربة — ١

2. مولد التواترات المنخفضة GBF	3. مخلاط مغناطيسي	4. فولط متر
5. أمبير متر	6. أسلاك توصيل	7. خلية قياس الناقلية
10. كأس بيشر سعته $250mL$	11. ميقاتية	

5. التركيب التجريبي المستعمل في التجربة والطريقة التي مكنت من الحصول على قيم الناقلية.



عند إضافة كلوريد البنزيل في اللحظة $t = 0$ نشغل الميقاتية ثم نقرأ في لحظات زمنية مختلفة قيم كل من شدة التيار الكهربائي I_{eff} على جهاز الأمبير متر وقيم التوتر الكهربائي U_{eff} من جهاز الفولط متر، ثم نتحصل على قيم الناقلية من خلال العلاقة التالية: $G = \frac{I_{eff}}{U_{eff}}$. — 0,25 — 0,25

6. جدول تقدم التفاعل: — 0,25

المعادلة		$C_7H_7 - Cl(l) + H_2O(l) = C_7H_7 - OH(l) + H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$				
الحالة	التقدم	كميات المادة بـ mol				
ح ابتدائية	0	n_0	بوفرة	0	0	0
ح انتقالية	x	$n_0 - x$		x	x	x
ح نهائية	x_{max}	$n_0 - x_{max}$		x_{max}	x_{max}	x_{max}

- حساب التقدم الأعظمي: في نهاية التفاعل يكون:

$$n_0 - x_{max} = 0 \Longrightarrow n_0 = x_{max} = \frac{m}{M} = \frac{\rho . V_0}{M} = \frac{1,1 \times 1}{126,6} = 8,69 \times 10^{-3} mol$$ — 0,25

7. عبارة الناقلية : $G(t) = K.\sigma(t) = K.c(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) = K.\frac{x(t)}{V}(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \dots (1)$ — 0,25

محمد الصديق بن يحي

8. التحقق من العبارة: بالاعتماد على العبارة السابقة نجد:

0,25 $$G_f = K.\sigma_f = K.c_0(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \Rightarrow G_f = K.\frac{x_{max}}{V}(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

0,25 و منه : $G_f = K.\frac{n_0}{V}(\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-}) \dots (2)$ بقسمة (1) على (2) نجد: $\frac{G(t)}{G_f} = \frac{x(t)}{n_0} \Rightarrow x(t) = \frac{n_0}{G_f}G(t)$

9. حساب السرعة الحجمية عند $t = 0$:

0,25 $$v_{vol}(0) = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt} = \frac{1}{V}\frac{d(\frac{n_0}{G_f}G)}{dt} = \frac{n_0}{V.G_f}\frac{d(G)}{dt}$$

ولدينا من البيانين الأول والثاني عند $t = 0$:

0,25 $$G_f = 20 \times 5 = 100mS \text{ و } \frac{d(G)}{dt} = 0.9 \times 5 = 4.5mS.h^{-1}$$

بالتعويض نجد:

0,25 $$v_{vol}(0) = \frac{n_0}{V.G_f}\frac{d(G)}{dt} = \frac{8,69 \times 10^{-3}}{0,1 \times 100 \times 10^{-3}}(4,5 \times 10^{-3}) = 3,9 \times 10^{-3}mol.l^{-1}h^{-1}$$

10. تبيان أن $t_1 = 20h$:

لدينا من البيان (2) $a = \left(\frac{d(G)}{dt}\right)_{t=0} = 4.5mS.h^{-1}$، ومن معامل توجيه المماس عند $t = 0$:

0,25 $$a = \frac{(90-0) \times 10^{-3}}{t_1 - 0} = \frac{90 \times 10^{-3}}{t_1} \Rightarrow t_1 = \frac{90 \times 10^{-3}}{a} = \frac{90 \times 10^{-3}}{4,5 \times 10^{-3}} = 20h$$

- التحول الكيميائي يستغرق 5 أيام حتى يصل إلى حالته النهائية وبالتالي فإنه تحول بطيء جدا.

0,25 $$t_f = \frac{20 \times 6}{24} = 5jours$$

11. زمن نصف التفاعل: هو الزمن اللازم لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته الأعظمية. $x\left(t_{1/2}\right) = \frac{x_{max}}{2}$

0,25 إيجاد قيمته بيانيا: لدينا $G(t) = G_f\frac{x(t)}{n_0}$ و عليه : $G\left(t_{1/2}\right) = G_f\frac{\frac{x_{max}}{2}}{x_{max}} = \frac{G_f}{2}$

0,25 ت ع : $G\left(t_{1/2}\right) = \frac{100}{2}mS = 50mS$ بإسقاط القيمة نجد: $t_{1/2} = 16h$

0,25 12. 1.12. في هذه الحالة نسمي درجة الحرارة "عامل حركي" وهو كل مؤثر على مدة التحول الكيميائي (أي يؤثر على سرعة التفاعل).

0,5 2.12. تأثير درجة الحرارة على المقادير التالية:

أ. مدة التفاعل تقل لأن زيادة درجة الحرارة تزيد من حدة التصادمات الفعالة بين الشوارد وبالتالي تزيد سرعة التفاعل مما يجعله يصل إلى حالته النهائية في زمن أقل.

ب. السرعة الحجمية الابتدائية تزداد كون التفاعل يصبح أسرع.

ج. التقدم الأعظمي: في هذه الحالة هو نفسه كمية المادة الابتدائية وبالتالي لا يتغير (يبقى ثابت).

د. الناقلية النهائية تزداد لأن زيادة حركة الشوارد يؤدي إلى نقل كهربائي أكبر.

محمد الصديق بن يحي