الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية

مديرية التربية لولاية تيميمون — ثانوية المجاهد بضياف قدور –فاتيس–

الشعبة: علوم تجريبية + تقني رياضي هملك — يوم: 2025/12/11

الاختبار الأول في مادة العلوم الفيزيائية — المدة: 03 ساعات

التمرين الأول: (07 نقاط)



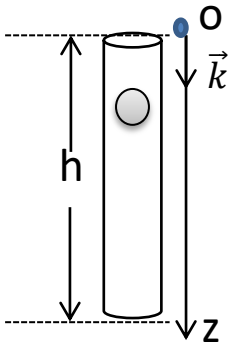
شكلت حركة سقوط الأجسام لمدة طويلة من الزمن موضوع تساؤل واهتمام لدى الكثير من المفكرين والعلماء المتميزين من أمثال أرسطو، غاليلي ونيوتن.

يهدف هذا التمرين إلى دراسة حركة السقوط الشاقولي لأجسام في حقل الجاذبية الأرضية.

المعطيات:

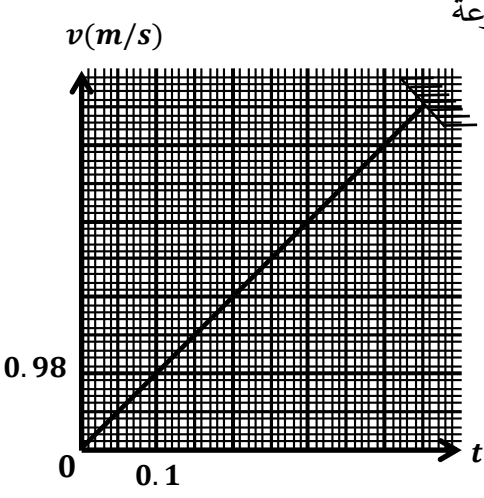
- الجاذبية الأرضية: $g = 9.8\ m/s^2$
- الكتلة الحجمية لكرة الفلين: $\rho_s = 120\ Kg/m^3$
- الكتلة الحجمية للهواء: $\rho_{air} = 1.3\ Kg/m^3$
- حجم الكرية: $V = \frac{4}{3}.\pi.r^3$

نترك ثلاثة أجسام مختلفة الكتلة (كرة حديدة، كرية من الفلين وريشة طائر) تسقط دون سرعة ابتدائية من ارتفاع h داخل أنبوب مفرغ من الهواء مثبت شاقوليا.



الشكل–1–

من نقطة O تقع أعلى الأنبوب في لحظة نعتبرها كمبدأ للأزمنة والفواصل **الشكل –1–** وبواسطة برمجية معالجة الفيديو avistep تحصلنا على **البيان –1–** الممثل لتغيرات سرعة الأجسام v بدلالة الزمن t



البيان –1–

1. عرف السقوط الحر.
2. بين أن طبيعة حركة الأجسام مستقلة عن كتلتها في وسط مفرغ من الهواء.
3. أكتب المعادلات الزمنية للحركة.
4. أوجد قيمة الارتفاع h.

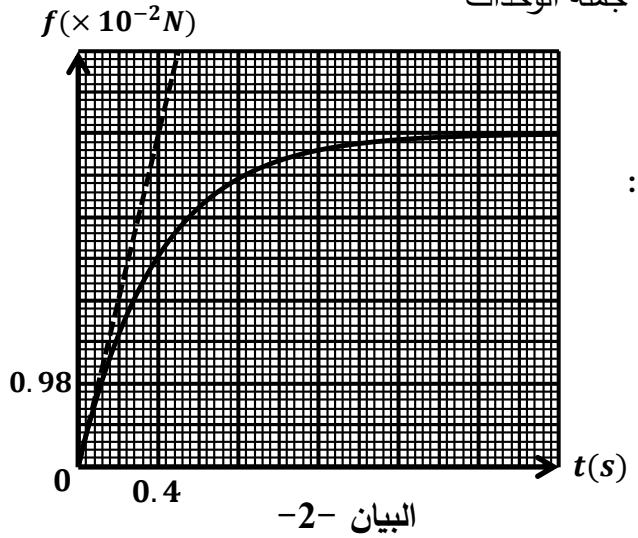
الجزء الثاني: دراسة حركة السقوط الشاقولي الحقيقي لجسم صلب في الهواء.

نترك كرية فلين نصف قطرها $r = 2\ cm$ تسقط شاقوليا دون سرعة ابتدائية في الهواء تخضع كرية الفلين أثناء سقوطها لقوة احتكاك $\vec{f} = -K\vec{v}$

1. تحقق أن كتلة كرية الفلين هي: $m = 4\ g$.
2. تحقق أن النسبة بين شدة دافعة أرخميدس وشدة ثقل الكرية تكتب من الشكل: $\frac{P}{\pi} = \frac{\rho_S}{\rho_{air}}$

-هل تهمل دافعة أرخميدس في هذه التجربة؟

3. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة قوة الاحتكاك f تكتب من الشكل: $\frac{df}{dt} = M.f + N$ حيث M و N ثابتان يطلب تحديد عبارتيهما.
4. باستخدام التحليل البعدي أوجد وحدة معامل الإحتكاك K في جملة الوحدات الدولية.
5. **البيان -2-** المقابل يمثل تغيرات شدة الإحتكاك f بدلالة الزمن t ، اعتمادا على ما سبق والمنحنى البياني أوجد مايلي:



البيان -2-

1.5. ثابت الزمن المميز للحركة τ ثم استنتج قيمة معامل الإحتكاك K.

2.5. أوجد قيمة السرعة الحدية v_{lim}.

3.5. شدة التسارع الابتدائي a_0.

التمرين الثاني: (05 نقاط)

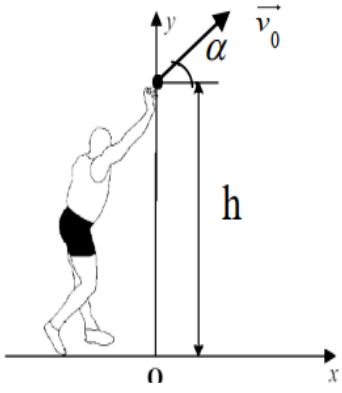
خلال الألعاب الأولمبية التي أُقيمت بالبرازيل سنة 2016، سجّل الأُولمبي الأمريكي ريان كراوزر (Ryan Crouser) رقماً قياسياً في مسابقة رمي الجلّة بفضل قوّة الدفع التي يطبقها عليها.



بإهمال تأثير كل من دافعة أرخميدس والاحتكاك، تتم دراسة حركة مركز عطالة الجلّة G في المعلم المتعامد والمتجانس (O, x, y) المرتبط بمرجع أرضي، ونعتبر أن لحظة انطلاق الجلّة توافق الزمن $t = 0s$، وذلك على ارتفاع h عن سطح الأرض، كما هو موضّح في الشكل -2-.

المعطيات:

- الجاذبية الأرضية: $g = 9.8\ m/s^2$
- كتلة الجلة: $m = 7.26\ Kg$



الشكل -2-

بهدف دراسة وتحديد حركة الجلّة، تعطى المعادلتين الزمنيتين للمسافة كالآتي:

$$\begin{cases} x(t) = 10.t \\ y(t) = -4.9.t^2 + 9.8.t + 2.6 \end{cases}$$

1. أوجد المعادلتين الزمنيتين للسرعة $v_x(t)$ و $v_y(t)$ والتسارع $a_x(t)$ و $a_y(t)$ ثم استنتج طبيعة حركة مركز عطالة الجلة G بالنسبة لكل محور.

2. أوجد معادلة مسار الذي سلكته الجلة في المعلم (O, x, y).

3. حدد قيم المقادير التالية:

1.3. مركبتي السرعة الابتدائية v_{0x} و v_{0y} ثم استنتج v_0 السرعة الإبتدائية التي انطلقت بها الجلة.

2.3. استنتج قيمة زاوية الرمي □

3.3. أوجد أقصى ارتفاع بلغته الجلة h'.

4.3. أوجد المسافة الأفقية D التي حقق بها اللاعب الميدالية الذهبية.

4. أحسب سرعة مركز عطالة الجلة لحظة ارتطامها بالأرض.

5. أحسب الطاقة الكلية للجملة (جلة + أرض) عند الذروة.

التمرين التجريبي:(08 نقاط)



يحتوي مخبر ثانوية المجاهد بضياف قدور على علبة لمسحوق يحتوي التوتياء $Zn_{(s)}$ درجة نقاوته P (%) غير واضحة على العلبة، ومن أجل تحديدها اقترح أستاذ العلوم الفيزيائية على تلامذته متابعة التحول الحادث بين $Zn_{(s)}$ ومحلول حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)$.

يهدف هذا التمرين إلى معرفة درجة نقاوة مسحوق التوتياء $Zn_{(s)}$.

كل المحاليل مأخوذة عند درجة الحرارة $25\ °C$.

قام الأستاذ بجلب أمام التلاميذ بعض الزجاجيات والمحاليل المستعملة التي دونت في الجدول التالي:

الزجاجيات والوسائل	المساحيق والمحاليل الكيميائية
- ماصات: $1\ mL$، $5.7\ mL$، $10\ mL$، $20\ mL$، إجاصة مص. - حوجلات عيارية: $50\ mL$، $100\ mL$، $250\ mL$، $500\ mL$. - دورق، بيشر، سحاحة مدرجة، مخبار مدرج، مئزر، نظارات ، قفازات. - مخلاط مغناطيسي وقضيب مغناطيسي.	- مسحوق يحتوي على الزنك Zn كتلته المولية $65,4\ g.mol^{-1}$ - محلول (S_0) لحمض كلور الهيدروجين التجاري $(H_3O^+ + Cl^-)$، درجة نقاوته $33\ \%$، وكثافته $1,16$، وكتلته المولية $36,5\ g/mol$.

أولا: تحضير محلول حمض كلور الماء بتركيز معين.

قام التلاميذ بتحضير محلول (S_1) انطلاقا من المحلول (S_0)، بتركيز $C_1 = 0,6\ mol.L^{-1}$ وحجمه $V_1 = 100\ mL$.

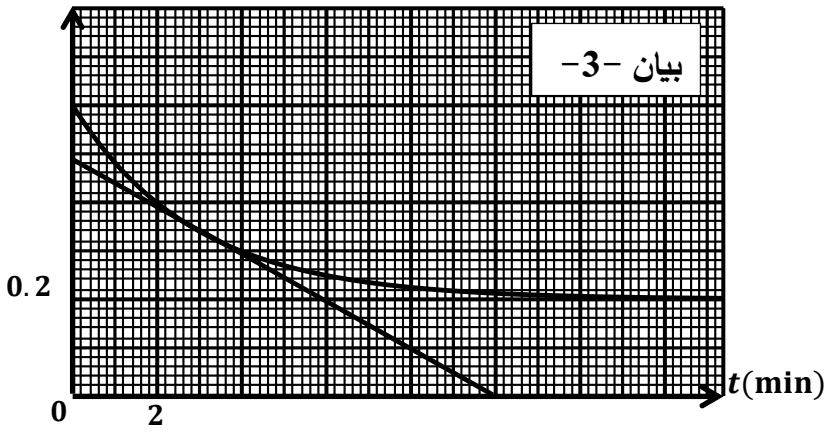
1- ما هو الحجم الذي نأخذه من المحلول (S_0)؟

2- أذكر البروتوكول التجريبي لعملية تحضير المحلول (S_1)، مع ذكر الزجاجيات المستعملة.

ثانيا: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بين محلول حمض كلور الماء ومعدن التوتياء (الزنك).

أخذ أحد التلاميذ حجما $V' = 50\ mL$ من المحلول (S_1) ذي التركيز المولي $C_1 = 0,6\ mol.L^{-1}$ يحتوي على حمض كلور الماء $(H_3O^+ + Cl^-)_{(aq)}$ وعند اللحظة $t = 0$ أضاف كمية من مسحوق التوتياء $Zn_{(S)}$ غير نقي كتلتها m.

نتائج متابعة تطور المحلول خلال لحظات زمنية مع برمجية اعلام آلي، مكنت من رسم بيان −3− التركيز بدلالة الزمن t:



1− التحول الكيميائي الحادث ينمذج بمعادلة التفاعل التالية:

$$Zn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(aq)}$$

- أكتب المعادلتين النصفيتين للأكسدة والإرجاع الموافقتين لهذا التفاعل، ثم استخرج الثنائيتين **(OX/Red)**

2− أنشئ جدول تقدم التفاعل؟

3− أثبت أن عبارة تقدم التفاعل $x(t)$ في كل لحظة تكتب بالعلاقة: $x(t) = \frac{V_0}{2}.(C_1 - [H_3O^+]_t)$

4− أحسب التقدم الأعظمي x_{max}، ثم استنتج المتفاعل المحد.

5− استخرج كتلة معدن التوتياء m' المتفاعل؟

6− إذا علمت أن كتلة التوتياء المستعملة في التجربة هي $m = 1g$ أحسب درجة النقاوة P (%) لمسحوق التوتياء.

7− أ− عرف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، ثم بين أن عبارة التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+ عند اللحظة $t = t_{1/2}$ تكتب بالعلاقة: $[H_3O^+]_{t_{1/2}} = \frac{C_1 + [H_3O^+]_f}{2}$

ب− حدد زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$، وأذكر أهميته؟

8− أ− عرف السرعة الحجمية للتفاعل.

ب− أكتب عبارة السرعة الحجمية بدلالة التركيز المولي لشوارد الهيدرونيوم H_3O^+.

جـ− أحسب قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 3\ min$.

بالتوفيق أساتذة المادة

التمرين الأول (07 نقاط):

الجزء الأول:

0.25 **1.** السقوط الحر: نقول عن جسم أنه في سقوط حر إذا كان خاضع لقوة ثقله فقط.

2. تبيان أن طبيعة حركة الأجسام مستقلة عن كتلتها:

-بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، نجد:

0.25 $$\sum \vec{F}_{ext} = m_s.\vec{a}_G$$

$$\overrightarrow{P} = m_s.\vec{a}_G$$

0.25 بالإسقاط على محور الحركة نجد: $\boldsymbol{P = m.g = ma_G \rightarrow a_G = g}$

وبالتالي نلاحظ أن طبيعة حركة الأجسام مستقلة عن الكتلة وإنما تتعلق بحقل الجاذبية.

3. كتابة المعادلات الزمنية للحركة:

لدينا الشروط الإبتدائية التالية: عند $\boldsymbol{t = 0}$ $\begin{cases} v_{t=0} = 0 \\ Z = 0 \end{cases}$

1- المعادلة الزمنية للسرعة:

0.5 **لدينا** $a_G = g$ **ومنه** $\frac{dv(t)}{dt} = g$ **ومنه** $dv(t) = gdt$ **بالتكامل نجد** $v(t) = gt + cte$

- من الشروط الإبتدائية لدينا: عند $t = 0$ لدينا $v(0) = 0$ ومنه: $\boldsymbol{v(t) = gt}$

2- المعادلة الزمنية للمسافة:

0.5 **لدينا** $v(t) = gt$ **ومنه** $\frac{dZ(t)}{dt} = gt$ **ومنه** $dZ(t) = (gt)dt$ **بالتكامل نجد** $dZ(t) = (gt)dt$

ومنه $Z(t) = \frac{1}{2}gt^2 + cte$

من الشروط الإبتدائية لدينا: عند $\boldsymbol{t = 0}$ لدينا $\boldsymbol{Z(0) = 0}$ ومنه: $\boldsymbol{Z(t) = \frac{1}{2}gt^2}$

4. قيمة الارتفاع h:

- حساب المساحة أسفل البيان (مساحة المثلث)

0.25 المسافة المقطوعة (قيمة الارتفاع h) هي 1 متر. $s = \frac{0.45*4.41}{2} = 1$

الجزء الثاني:

1. التحقق من كتلة الكرية:

0.5 $$\rho_{s=} \frac{m_S}{V}$$

$$m_S = \rho_s * V = \rho_s * \frac{4}{3}.\pi.r^3$$

$$m_S = 120 * \frac{4}{3} * 3.14 * 0.02^3 = 4 * 10^{-3} Kg = 4g$$

2. التحقق:

0.25 $$\frac{P}{\pi} = \frac{m_s.g}{\rho_{air} * V * g} = \frac{\rho_S}{\rho_{air}}$$

0.25 $$\frac{\rho_S}{\rho_{air}} = 92.30$$

- نعم تهمل دافعة أرخميدس لأن: $P \gg \pi$

3. تبيان المعادلة التفاضلية التي يحققها الأحتكاك f مع إيجاد M و N:

الجملة المدروسة: كرة الفلين.
المرجع: سطحي أرضي.
القوى المؤثرة: الثقل $\vec{P}$ و الأحتكاك $\vec{f}$

- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن نجد: $\sum \vec{F}_{ext} = m_s.\vec{a}_G$

ومنه: $\vec{P} + \vec{f} = m_s.\vec{a}_G$

بالإسقاط نجد: $P + f = m_S a_G$

ومنه: $m_s g + f = m_s.\frac{dv}{dt}$

ومنه: $m_s g + f = m_s.\frac{d\frac{f}{K}}{dt}$

ومنه: $m_s g + f = \frac{m_s}{K}.\frac{df}{dt}$

بالتالي: $Kg + \frac{K}{m_s}f = \frac{df}{dt}$،

وعليه: $\begin{cases} M = \frac{K}{m_s} \\ N = Kg \end{cases}$

4. إيجاد وحدة معامل الاحتكاك:

لدينا: $f = kv \Rightarrow k = \frac{f}{v}$ ، ومنه: $[k] = \frac{[F]}{[v]} = \frac{[M][a]}{[v]} = \frac{[M]\frac{[L]}{[T]^2}}{\frac{[L]}{[T]}} = \frac{[M]}{[T]}$

إذن: وحدة k هي: $Kg.s^{-1}$

5. اعتمادا على البيان وماسبق نجد:

1. ثابت الزمن وقيمة معامل الإحتكاك:

من البيان لدينا: $\boldsymbol{\tau = 0.4s}$.

-إستنتاج قيمة معامل الإحتكاك $\boldsymbol{K}$:

نعلم أن: $\boldsymbol{\tau = \frac{m}{K}}$ ومنه: $\boldsymbol{K = \frac{m}{\tau}}$ وبالتالي: $\boldsymbol{K = \frac{4\times10^{-3}}{0.4} = 10^{-2}Kg/s}$

2. قيمة السرعة الحدية:

لدينا: $\boldsymbol{f_{lim} = Kv_{lim}}$ ومنه: $\boldsymbol{v_{lim} = \frac{f_{lim}}{K}}$ وبالتالي: $\boldsymbol{v_{lim} = \frac{3.92\times10^{-2}}{10^{-2}} = 3.92\ m/s}$

3. شدة التسارع الابتدائي:

لدينا: $a_G = \frac{dv}{dt}$ **ومنه:** $a_G = \frac{d\frac{f}{K}}{dt}$ **ومنه:** $a_G = \frac{1}{K}.\frac{df}{dt}$

عند اللحظة $t = 0s$ **يكون:** $a_0 = \frac{1}{K}.\frac{df}{dt}\Big|_{t=0s} = \frac{1}{10^{-2}}.\frac{3.92.10^{-2}}{0.4} = 9.8\ {}^{m}/_{s^2}$

التمرين الثاني:(05 نقاط):

1. إيجاد المعادلات الزمنية:

0.5

$$\begin{cases} x(t) = 10.t \ \dots\dots\dots(1) \\ y(t) = -4.9.t^2 + 9.8.t + 2.6 \dots..(2) \end{cases}$$

بالإشتقاق نجد:

$$\begin{cases} v_x(t) = 10\ m/s \\ v_y(t) = (-9.8.t + 9.8\ )\ m/s \end{cases}$$

بالإشتقاق نجد:

0.5

$$\begin{cases} \boldsymbol{a(t) = 0\ m/s^2} \\ \boldsymbol{a_y(t) = -9.8\dfrac{m}{s^2}} \end{cases}$$

طبيعة الحركة:

0.5

بالنسبة للمحور ox حركة مستقيمة منتظمة.

بالنسبة للمحور $\boldsymbol{oy}$ حركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

---

2. معادلة المسار:

0.5

من (1) نجد: $\boldsymbol{t = \frac{x}{10}}$ **نعوض في (2) نجد:** $y = -4.9.(\frac{x}{10})^2 + 9.8(\frac{x}{10}) + 2.6$

ومنه: $\boldsymbol{y = -0.049x^2 + 0.98x + 2.6}$

---

3. تحديد قيم المقادير التالية:

1. مركبتي السرعة وسرعة القذف:

لما $t = 0s$

0.5

$$\begin{cases} v_x(0) = v_{0x} = 10m/s \\ v_y(0) = v_{0y} = -9.8.(0) + 9.8 = 9.8m/s \end{cases}$$

سرعة الإنطلاق $\boldsymbol{v_0}$

0.25

$$\boldsymbol{v_0 = \sqrt{{v_{0x}}^2 + {v_{0y}}^2} = 14m/s}$$

---

2. قيمة الزاوية:

0.5

$$\tan \propto = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{9.8}{10} = 0.98$$
$$\propto = 44.42^{\circ}$$

---

3. أقصى ارتفاع $\boldsymbol{h'}$:

0.5

عند اقصى ارتفاع يكون: $\boldsymbol{v_y(t') = -9.8.t' + 9.8 = 0m/s}$

$$\boldsymbol{t' = 1s}$$

بالتعويض في (2) نجد: $y(1) = -4.9 * 1^2 + 9.8 * 1 + 2.6 = 7.5\ m$

---

4. المسافة الأفقية $\boldsymbol{D}$

عند النقطة D **يكون**

0.75

$$\boldsymbol{y = -0.049x^2 + 0.98x + 2.6 = 0m}$$

$$\begin{cases} \boldsymbol{x_{D1} = 22.34m} \text{ مقبول} \\ \boldsymbol{x_{D2} = -2.34m} \text{مرفوض} \end{cases}$$

4. سرعة الارتطام:

من (1) نجد: $t_D = 2.234\ s$ **ومنه:** $V_D = \sqrt{v_x(t_D)^2 + v_y(t_D)^2} = \sqrt{10^2 + (-12.09)^2} = 15.692\ m/s$ — 0.5

5. حساب الطاقة الكلية

$$E_T = E_C + E_{PP} = \frac{1}{2}mv^2 + m.g.h' = \frac{1}{2}mv_{0x}^2 + m.g.h' = 896.61\ joul$$ — 1

التمرين التجريبي (08 نقاط):

أولا:

1- الحجم الذي نأخذه:

حساب تركيز المحلول S_0

لدينا: $C_0 = \frac{10.P.d}{M} = \frac{10.*33*1.16}{36.5} = 10.48\ mol/l$ — 0.5

ولدينا: $F = \frac{C_0}{C_1} = \frac{V_1}{V_0} \Rightarrow V_0 = \frac{C_1V_1}{C_0} = 5.7 * 10^{-3}\ l$ ومنه الحجم الذي نأخذه هو: $\boldsymbol{V_0 = 5.7 * 10^{-3}\ l}$ — 0.5

2- البروتوكول التجريبي:

الهدف: تحضير محلول S_1 بتركيز C_1 وحجم V_1

الوسائل والأدوات: ماصة بعيار ***5.7 ml***، حوجلة عيارية ***100 ml***، المحلول S_0

طريقة التحضير: بعد ارتداء المئزر والقفازات والنظارات نضع كمية قليلة من الماء المقطر في الحوجلة ثم نضيف ***5.7ml*** من المحلول S_0، نرج المزيج ثم نكمل بالماء المقطر حتى خط العيار ***100 ml*** — 1

النتيجة: نتحصل في الأخير على محلول S_1 بتركيز C_1 وحجم V_1

ثانيا:

1- المعادلتين النصفيتين:

المعادلة النصفية للأكسدة: $Zn_{(s)} = Zn^{2+}_{(aq)} + 2é$ والثنائية: $(Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(S)})$ — 0.5

العادلة النصفية للإرجاع: $2H_3O^+_{(aq)} + 2é = H_{2(g)} + 2H_2O_{(aq)}$ و الثنائية: $(H_3O^+_{(aq)}/H_{2(g)})$ — 0.5

2- جدول التقدم:

المعادلة: $Zn_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} = Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(aq)}$

الحالة	التقدم X	كميات المادة بـــالمول				
الإبتدائية	0	n0	$C_1.V'$	0	0	بوفرة
الإنتقالية	X(t)	$n0 - X$	$C_1.V' - 2X$	X	X	بوفرة
النهائية	X_{max}	$n0 - X_{max}$	$C_1.V' - 2X_{max}$	X_{max}	X_{max}	بوفرة

0.5

3- إثبات عبارة $x(t)$:

من جدول تقدم التفاعل لدينا: $n_t(H_3O^+) = C_1.V' - 2.x_t$ بقسمة العبارة السابقة على V'، نجد: — 0.5

$$[H_3O^+]_t = C_1 - \frac{2.x_t}{V_0} \quad \text{ومنه:} \quad x_t = \frac{V_0}{2}.(C_1 - [H_3O^+]_t)$$

4- حساب التقدم الأعظمي: — 0.5

من البيان: $[H_3O^+]_{max} = [H_3O^+]_f = 0{,}2\ mol/l$

وعليه: $x_{max} = \frac{0{,}05}{2} \times (0{,}6 - 0{,}2) = \mathbf{0{,}01\ mol}$

-**إستنتاج المتفاعل المحد:** نلاحظ من البيان أنه عند نهاية التفاعل أن $[H_3O^+]_f \neq 0\ mol/l$ إذن Zn متفاعل محد.

5- حساب كمية مادة التوتياء المتفاعلة: — 0.5

بما أنها متفاعل محد فإن:

$$n_f(Zn_{(s)}) = \frac{m}{M} - X_f = 0$$

ومنه: $m = M.X_f = 0.654\ g$

6- حساب درجة النقاوة: — 0.5

$$P = \frac{m_{\text{متفاعلة}}}{m} * 100 = \frac{0.654}{1} * 100 = 65.4\%$$

7- زمن نصف التفاعل: — 0.25

هو الزمن الازم لبلوغ التفاعل نصف تقدمه النهائي. $t = t_{1/2} \Rightarrow x\left(t_{\frac{1}{2}}\right) = \frac{x_f}{2}$

-**التبيان:**

- لدينا من جدول التقدم السابق: $n_t(H_3O^+) = [H_3O^+]_t * V' = C_1V' - 2x \Rightarrow [H_3O^+]_t = \frac{C_1V'-2x}{V'}$

- لما $t = t_{\frac{1}{2}}$ يكون: $[H_3O^+]_{\frac{t1}{2}} = \frac{C_1V'-2x\left(\frac{t1}{2}\right)}{V'} = \frac{C_1V'-2\frac{x_f}{2}}{V'} = C_1 - \frac{x_f}{V'}$

لدينا من جدول التقدم: $x_f = \frac{C_1V'-[H_3O^+]_f*V'}{2}$ ومنه: $[H_3O^+]_{\frac{t1}{2}} = C_1 - \frac{C_1V'-[H_3O^+]_f*V'}{2V'} = \frac{C_1+[H_3O^+]_f}{2}$ — 0.5

➢ **تحديده:**

من البيان نجد: $[H_3O^+]_{\frac{t1}{2}} = 0.4\ mol/l$ بالإسقاط نجد: $t_{1/2} = 2\ min$ — 0.25

➢ أهميته:*المقارنة بين التحولات البطيئة من حيث السرعة. — 0.5

* توقع زمن نهاية التفاعل.

8- .....

أ- **تعريف السرعة الحجمية للتفاعل:** سرعة التفاعل في وحدة الحجوم. $v_{Vol} = \frac{1}{V'}.\frac{dx}{dt}$ — 0.25

ب- عبارة السرعة الحجمية للتفاعل بدلالة $[H_3O^+]$:

لدينا سابقا: $x_t = \frac{V'}{2}.(C_1 - [H_3O^+]_t)$ ومنه: $v_{Vol} = \frac{1}{V'}.\frac{d(\frac{V'}{2}.(C_1-[H_3O^+]_t))}{dt} \Rightarrow v_{Vol} = -\frac{1}{2}.\frac{d[H_3O^+]}{dt}$ — 0.5

ج- السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة $t = 3\ min$::

$$v_{Vol}|_{t=3\ min} = -\frac{1}{2} \times \frac{0{,}49 - 0{,}24}{0 - 5} = 2{,}4 \times 10^{-2}\ \text{mol}./l.\text{min}$$ — 0.25