وزارة التربية الوطنية

مديرية التربية لولاية : المسيلة　　　　ثانوية : عبد الرحمن بن عوف – عين الخضراء

امتحان شهادة البكالوريا التجريبي دورة ماي 2010

شعبة: الرياضيات و التقني رياضيات

اختبار في مادة: العلوم الفيزيائية　　　　المدة : 04 ساعات و نصف

على المترشح أن يختار أحد الموضوعين التاليين:

الموضوع الأول: (20 نقطة)

✷ التمرين الأول: (04 نقاط)

من أجل تحقيق دراسة حركية تحول بطيء بين شوارد اليود I^- و الماء الأكسجيني H_2O_2 نحقق الخليطين التاليين، حيث يكون لهما نفس التركيز $C = 0,1\ mol.L^{-1}$. نضيف لكل خليط كمية من الماء المقطر وقطرات من حمض الكبريت فيصبح الحجم التفاعلي (الكلي) $V = 30\ mL$. معادلة التفاعل الحادث في كل خليط هي:

الخليط	$(K^+ + I^-)$	H_2O_2
(1)	$18\ mL$	$2\ mL$
(2)	$10\ mL$	$1\ mL$

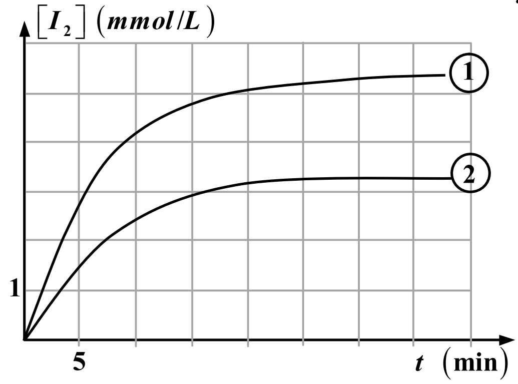
$$2I^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + H_2O_{2(aq)} = I_{2(aq)} + 2H_2O_{(\ell)}$$

1) أكتب المعادلتين النصفيتين للتفاعل الحادث. ثم استنتج الثنائيتين الداخلتين في التفاعل.

2) أ/ أحسب من أجل كل خليط الكميات الابتدائية.

ب/ ضع جدولاً وصفياً لتقدم التفاعل الحادث في الخليط الأول.

3) البيان المقابل يعطي تركيز ثنائي اليود المتشكل بدلالة الزمن في كل خليط:



أ/ أحسب في الخليط الأول، تركيز اليود المتشكل في الحالة النهائية.

ب/ استنتج من البيان (1)، تركيز اليود المتشكل في اللحظة $t = 30\ \text{min}$.

جـ/ هل يعتبر التفاعل منتهيا في الخليط (1) عند اللحظة $t = 30\ \text{min}$؟ علل.

4) أ/ أكتب عبارة سرعة التشكل لثنائي اليود بدلالة $[I_2]$.

ب/ قارن وصفيا السرعتين في اللحظة $t = 5\ \text{min}$.

جـ/ حدد العامل الحركي المسؤول عن تغير السرعة بالنسبة للخليطين.

د/ هل يمكن اعتبار حمض الكبريت كوسيط للتفاعل؟ علل.

✷ التمرين الثاني: (07 نقاط)

I. تحقيق العمود:

نريد تحقيق عمود كهربائي في أحد المخابر و ذلك باستعمال صفيحة معدنية من الزنك و صفيحة معدنية من النحاس وكذا حجم $V_1 = 100\ mL$ من محلول مائي ممدد لكبريتات الزنك تركيزه المولي $C_1 = 1,0\ mol.L^{-1}$ و حجم $V_2 = 100\ mL$ من محلول مائي ممدد لكبريتات النحاس تركيزه المولي $C_2 = 1,0\ mol.L^{-1}$ و جسر ملحي. تجرى التجربة عند الدرجة $25°C$ من الحرارة، حيث ثابت التوازن المرفق لمعادلة التفاعل الحادث عند اشتغال العمود: $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} = Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ هو $K = 4,6\times10^{36}$.

يوضع العمود الذي تم تحقيقه هكذا في دارة كهربائية تحتوي على مقاومة و قاطعة. تغلق القاطعة عند اللحظة $t_0 = 0\ s$.

1) ضع مخططا وصفيا للعمود. أكمل المخطط بإدراج المقاومة و القاطعة.

2) أوجد كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ للجملة التي تم تحقيقها عند اللحظة t_0. استنتج جهة التطور التلقائي للجملة في البداية.

3) أكتب المعادلة النصفية الإلكترونية الموافقة للثنائية الخاصة بكل مسرى من مسريي العمود.

4) استنتج، مع التبرير، المعدن الذي يمثل القطب الموجب + للعمود و المعدن الذي يمثل قطبه السالب – .

5) نظريا، نعتبر أن العمود سيتوقف تماما عن الاشتغال عندما يتم استهلاك المتفاعل المحد كليا و المتكون إما من الشوارد Cu^{2+} أو من الشوارد Zn^{2+} .

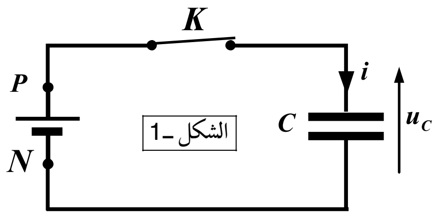
باستعمال معادلة التفاعل الحادث عند أحد المسريين، أحسب كمية الكهرباء العظمى التي يمكن للعمود أن يجريها نظريا في دارته الخارجية.

يعطى: عدد آفوغادروا: $\mathcal{N}_A = 6,02\times10^{23}\ mol^{-1}$ ؛ الشحنة العنصرية: $e = 1,6\times10^{-19}\ C$.

II. **شحن المكثفة:**

نحقق دارة كهربائية بالتوصيل على التسلسل، العمود السابق مع مكثفة سعتها $C = 330\ \mu F$ و قاطعة K . مخطط الدارة موضح بالشكل – 1.

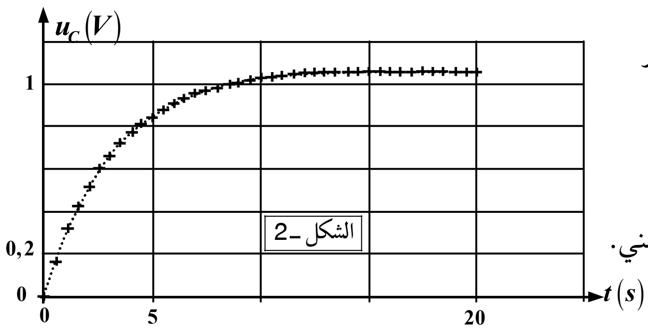
لمشاهدة تطور التوتر الكهربائي u_C بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن، نستعمل تجهيز مناسب (راسم اهتزاز مهبطي بذاكرة أو جهاز إعلام آلي بواجهة رقمية). في اللحظة $t_0 = 0\ s$ ، نغلق القاطعة K فنحصل على التسجيل $u_C = f(t)$ الموضح بالشكل– 2:



من أجل تفسير هذا المنحنى، ننمذج العمود الكهربائي بتجميع متسلسل لمقاومة r مع مولد مثالي للتوتر قوته المحركة E . (الشكل– 3)

1) عند اللحظة $t_1 = 20\ s$ نعتبر أن المكثفة قد شحنت تماما. ما هي قيمة شدة التيار الذي يجتاز الدارة في هذه الحالة؟

القوة المحركة E للعمود هي قيمة التوتر بين طرفيه عندما لا يجري أي تيار في الدارة $(i = 0)$. أعط قيمة E اعتمادا على التسجيل $u_C = f(t)$ (الشكل– 2)

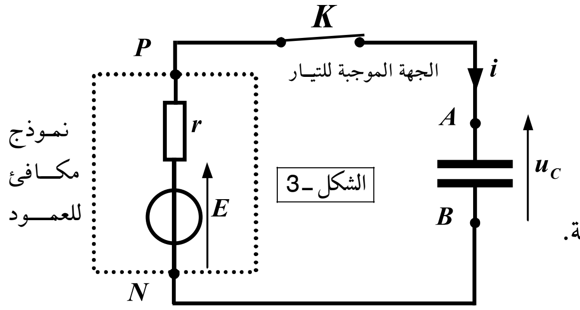


2) تحديد المقاومة الداخلية للعمود:

أ/ أعط العبارة الحرفية لثابت الزمن τ . تحقق من أن هذا المقدار له بعد زمني.

ب/ حدد بيانيا قيمة τ بطريقتك الخاصة كما تبدوا لك من البيان في الشكل– 2.

جـ/ استنتج اعتمادا على ما سبق، قيمة المقاومة الداخلية r للعمود.



3) عبارة التوتر $u_C(t)$:

أ/ باحترام التوجيه الموجب للدارة المبين في الشكل– 3، أعط العلاقة الكائنة بين شدة التيار i و الشحنة الكهربائية q التي يحملها اللبوس A للمكثفة.

ب/ أعط العلاقة الكائنة بين الشحنة الكهربائية q و التوتر u_C بين طرفي للمكثفة.

جـ/ بيّن أنه انطلاقا من اللحظة t_0، لحظة غلق القاطعة K ، التوتر الكهربائي u_C يحقق المعادلة التفاضلية التالية: $E = u_C + r.C\dfrac{du_C}{dt}$

د/ الحل العام للمعادلة التفاضلية السابقة، من الشكل: $u_C(t) = E\left(1-e^{-\alpha t}\right)$. استنتج العبارة الحرفية للمعامل α .

✸ التمرين الثالث: (04 نقاط)

تخضع كرة الغولف المستعملة في المسابقات الرسمية لمجموعة من المواصفات الدولية، و يتميز سطحها الخارجي بعدد كبير من الأسناخ $(Alvéoles)$ تساعد على اختراق كرة الغولف للهواء بسهولة، و التقليل من احتكاكاته. خلال حصة تدريبية، و في غياب الرياح، حاول لاعب الغولف البحث عن الشروط الابتدائية التي ينبغي أن يرسل بها كرة الغولف من نقطة O كي تسقط في حفرة Q دون أن تصطدم بشجرة علوها KH توجد بينهما. النقطة O و الموضع K للشجرة و الحفرة Q على نفس الاستقامة (الشكل – 1).

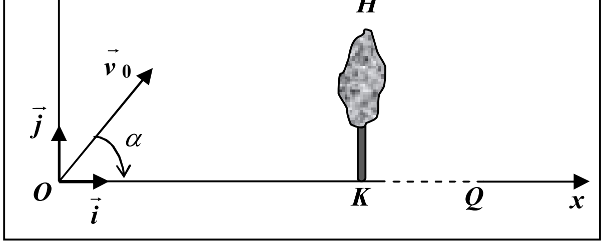
معطيات: كتلة كرة الغولف $m = 45\ g$ ، تسارع الثقالة $g = 10\ m.s^{-2}$ ، $KH = 5\ m$ ، $OK = 15\ m$ ، $OQ = 120\ m$.

نهمل دافعة ارخميدس و كل الاحتكاكات.

1. دراسة حركة كرة الغولف في مجال الثقالة المنتظم:

عند اللحظة $t = 0$، أرسل اللاعب كرة الغولف من النقطة O بسرعة ابتدائية $v_0 = 40\ m.s^{-1}$ يصنع شعاعها $\vec{v}_0$ زاوية $\alpha = 20°$ مع المستوى الأفقي.

لدراسة حركة G مركز عطالة الكرة في المستوى الشاقولي، نختار معلما متعامدا $(O,\vec{i},\vec{j})$ مبدؤه منطبق للنقطة O.



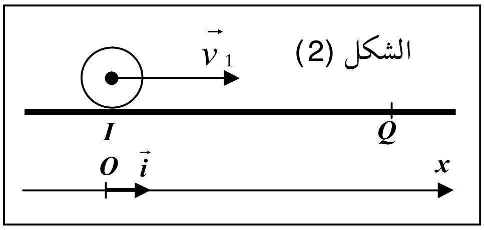
1- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد المعادلتين التفاضليتين اللتين تحققهما v_x و v_y مركبتي شعاع سرعة مركز العطالة G للكرة.

2- أوجد العبارة الحرفية للمعادلتين الزمنيتين $x(t)$ و $y(t)$ لحركة G.
استنتج العبارة الحرفية لمعادلة مسار الحركة.

3- نعتبر نقطة B من مسار مركز عطالة الكرة فاصلتها $x_B = x_K = 15\ m$ و ترتيبها y_B. أحسب y_B. هل تصطدم الكرة بالشجرة؟

4- بالنسبة للزاوية $\alpha = 24°$ لا تصطدم الكرة بالشجرة. حدد قيمة السرعة الابتدائية v'_0 التي ينبغي أن يرسل بها اللاعب كرة الغولف كي تسقط في الحفرة Q.

2. دراسة حركة كرة الغولف في مستو أفقي:



الشكل (2)

لم ينجح اللاعب في إسقاط الكرة في الحفرة Q، حيث استقرت بعد سقوطها في نقطة I. الكرة و النقطة توجدان في مستو أفقي. أرسل اللاعب من جديد كرة الغولف من النقطة I بسرعة ابتدائية أفقية $\vec{v}_1$ تجعلها تصل إلى الحفرة Q دون فقدان تماسها مع المستوى الأفقي.

ندرس حركة G مركز عطالة الكرة في المعلم $(O, \vec{i})$ و نختار لحظة إرسال الكرة من النقطة I مبدأ للزمن (الشكل – 2).

نعتبر أن الكرة تخضع أثناء حركتها لاحتكاكات مكافئة لقوة وحيدة $\vec{F}$ ثابتة و معاكسة لمنحى الحركة و شدتها $F = 2,25 \times 10^{-2}\ N$.

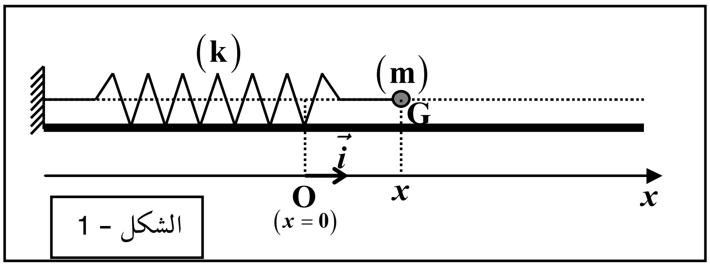
1- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، أوجد المعادلة التفاضلية لحركة مركز عطالة الكرة.

2- استنتج طبيعة حركة G.

3- حدد قيمة v_1 علما أن الكرة وصلت إلى الحفرة بسرعة منعدمة، و أن الحركة استغرقت $4\ s$.

✷ **التمرين الرابع:** (05 نقاط)

لدينا جملة (نابض – جسم) مؤلفة من متحرك كتلته $m = 250\ g$ مربوط بنهاية نابض ذي حلقات غير متلاصقة كتلته مهملة و ثابت مرونته $k = 10\ N.m^{-1}$. الجسم المتحرك ممثل بنقطة مركز عطالته G، يمكنه الاهتزاز أفقيا بالانزلاق على قضيب أفقي يوازي المحور (Ox) (الشكل – 1)



الشكل – 1

ندرس الحركة الاهتزازية للجملة في معلم أرضي غاليلي فرضًا. تنطبق النقطة O مع موضع G عندما يكون النابض في وضع الراحة.

I. مبدئياً نهمل كل الاحتكاكات بين الجسم المتحرك و سكة توجيهه.

1) أعد رسم الشكل – 1، و مثّل عليه كل القوى الخارجية المؤثرة على المتحرك G.

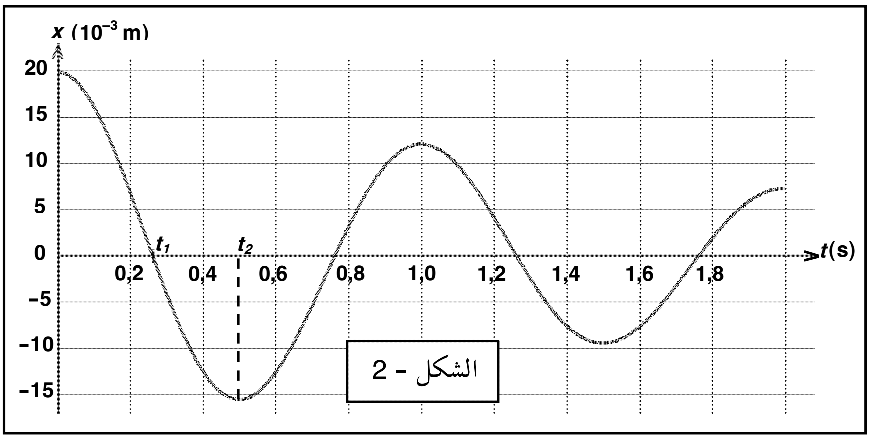
2) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، جد المعادلة التفاضلية للحركة.

3) تحقق من أن: $x = x_M \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\, t + \varphi\right)$، هو حل للمعادلة التفاضلية السابقة مهما كانت قيم x_M و φ.

4) تمت إزاحة الجسم المتحرك عن وضع توازنه في البداية عند اللحظة $t = 0$، و حرر دون سرعة ابتدائية من الفاصلة الابتدائية $x_0 = +2,0\ cm$، حيث $x_M > 0$. جد القيمة العددية لكل من x_M و φ.

5) أحسب الدور الخاص للاهتزازات الحرة غير المتخامدة: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

II. نعتبر الآن بأن الاحتكاكات غير مهملة يمكن نمذجتها بقوة وحيدة شدتها متناسبة مع سرعة الاهتزاز و جهتها معاكسة لجهة الحركة $\vec{f} = -\mu.\vec{v}$، $(\mu > 0)$.



الشكل – 2

بواسطة نظام معلوماتي خاص، يمكننا معرفة موضع المتحرك كل لحظة ... (الشكل – 2) يمكن كذلك عن طريق برمجية خاصة، معالجة منحنيات تغيرات كل من الطاقة الميكانيكية (E_m) و الطاقة الحركية (E_c) و الطاقة الكامنة (E_p) خلال الزمن للجملة (نابض – جسم) ... (الشكل – 3)

1) اعتمادا على الشكل – 2، أحسب قيمة

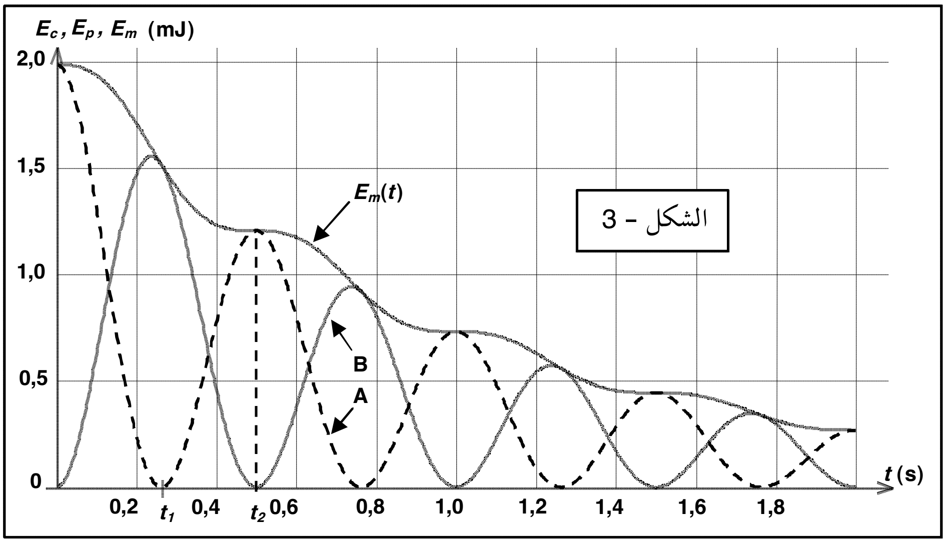
شبه الدور T للحركة. قارن قيمته مع قيمة الدور الخاص T_0، المحسوبة في إجابة السؤال(I)- 5.

2) تعرّف من خلال المنحنيين A و B في الشكل – 3، أيهما يمثل $E_c(t)$ و أيهما يمثل $E_p(t)$ ؟ مع التعليل.

3) لماذا تتناقص الطاقة الميكانيكية الكلية للجملة خلال الزمن؟

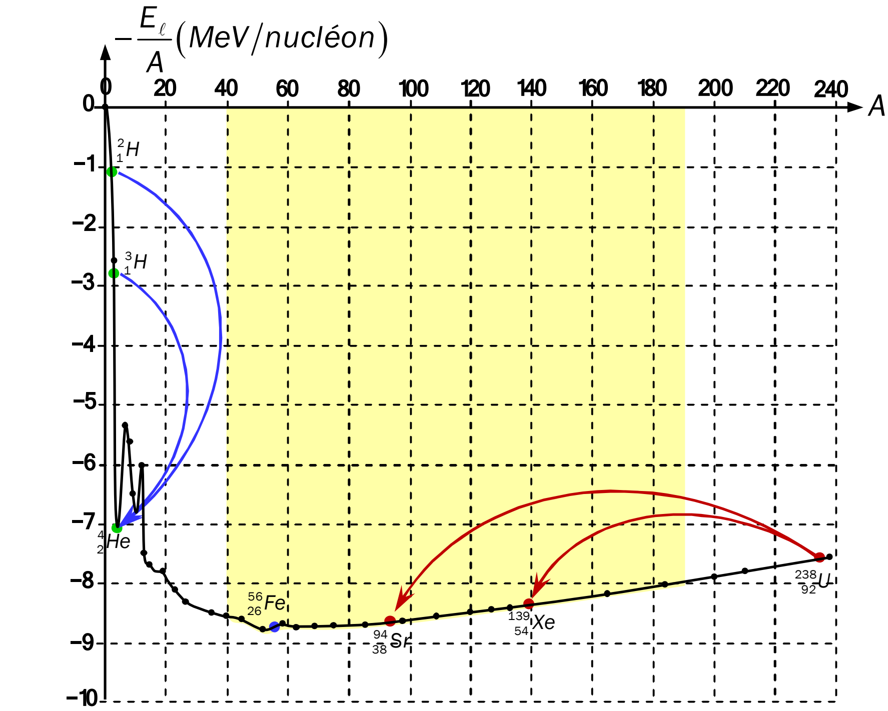
4) في الشكلين – 2،3 تم الإشارة على محور الأزمنة للحظتين خاصتين t_1 ، t_2.
باستعمال الشكل – 2، و تعليل الإجابة،بيّن عند أي من هاتين اللحظتين تكون سرعة المتحرك:
- أعظمية؟
- معدومة؟

5) ماذا يمكننا استنتاجه بخصوص محصلة الاحتكاكات عند كل من هاتين اللحظتين؟ برّر عندئذٍ، الشكل المتدرج لمنحنى الطاقة الميكانيكية $E_m(t)$ في الشكل – 3.



بالتوفيق **عطلة سعيدة** **أستاذ المادة**

الموضوع الثاني: (20 نقطة)



✹ **التمرين الأول:** (03,5 نقطة)

في كامل التمرين نعتبر:

$m_n = 1,00866\,u$ ؛ $m_p = 1,00728\,u$ ؛

$m_\alpha = 4,00150\,u$ ؛ $m_e = 0,00055\,u$

$c = 2,9979\times10^8\ m/s^2$ ؛ $1\,eV = 1,6\times10^{-19}\ J$ ؛

$1\,u = 1,6605\times10^{-27}\ kg = 931,5\,MeV/c^2$

1) عرّف النقص الكتلي للنواة: ^A_ZX

2) عرّف طاقة الربط E_ℓ لنواة ذرية ^A_ZX .

3) أكتب العلاقة التي تمكّن من حساب E_ℓ .

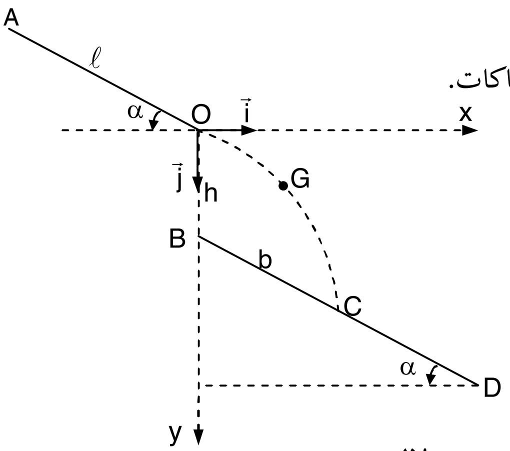
4) ماذا يمثل منحنى أسطون؟ (الشكل– جانبه)

5) عيّن على هذا المنحنى مجال النوى المستقرة.

6) بيّن على البيان أين توجد النوى القابلة للانشطار و النوى القابلة للاندماج؟ علل مع ذكر أمثلة.

7) ما هي القيمة المتوسطة لطاقة الربط لكل نكليون للنوى في حالة الاستقرار؟

✹ **التمرين الثاني:** (04 نقاط)



منظر جانبي لأحد المسارات موضح بالشكل المقابل: $g = 10\ m.s^{-2}$ ؛ $h = 20\ m$ ؛ $\alpha = 30^\circ$.

ندرس حركة جسم متحرك (S)، نعتبره نقطة مادية G كتلتها m . نعتبر كل الحركات تتم بدون احتكاكات.

يترك الجسم لينزلق دون سرعة ابتدائية انطلاقا من النقطة A على المستوى المائل AO ، ليصل إلى النقطة O بسرعة v_0 ثم يباشر بعدها حركته الفضائية في مستوى حقل الثقالة ليسقط على مستو مائل آخر BD في النقطة C .

1) نرمز بـ $\ell = AO$ ، للمسافة المقطوعة على المستوى المائل:

* عبّر عن v_0 بدلالة ℓ ، α و g .
* أحسب v_0 إذا كانت $\ell = 40\ m$.

2) تتم دراسة الحركة الفضائية في المعلم $(O,\vec{i},\vec{j})$:

* أوجد المعادلة الكارتيزية $y=f(x)$ لمسار الحركة الفضائية للنقطة G ، بالتعبير عن y بدلالة x ، g ، α و v_0 .
* أوجد في نفس المعلم المعادلة الكارتيزية للمستقيم BD .
* أوجد الفاصلة x_C لنقطة السقوط C بدلالة h ، g ، α و v_0 . بيّن أن البعد $b = BC$ يمكن التعبير عنه بدلالة h ، g و v_0 . أحسب b .

في الحقيقة يتم السقوط في النقطة C' حيث $BC' = b' = rb$ ، و يعزى السبب في ذلك للاحتكاكات بين الجسم (S) و المستوى المائل AO . في حين تتم الحركة الفضائية دون احتكاك. $\mu = \frac{f}{N}$ حيث f المركبة المماسية (قوة الاحتكاك) لقوة رد الفعل R للمسلك (الطريق) و N مركبتها الناظمية.

1. بيّن أن سرعة وصول الجسم (S) إلى النقطة O هي: $v'_0 = r v_0$.
2. عبّر عن المعامل μ بدلالة r و α .
3. أحسب μ من أجل $r = 0,90$.

✹ **التمرين الثالث:** (04 نقاط)

يتم تحضير معدن الزنك بالتحليل الكهربائي لمحلول كبريتات الزنك المحمض بحمض الكبريت. لا تتدخل شوارد الكبريتات في هذا التحول. نلاحظ تشكل راسب معدني على أحد المسريين و انطلاق غاز بجوار المسرى الآخر.

المعطيات: $M(Zn) = 65\ g.mol^{-1}$ ؛ $\mathcal{N} = 6,02\times10^{23}\ mol^{-1}$ ؛ $e = 1,6\times10^{-19}\ C$ ؛ $1F = 96500\ C.mol^{-1} \approx 10^5\ C.mol^{-1}$

I. دراسة التحول:

1. ما هي التفاعلات المتوقعة، التي يمكن أن تحدث بجوار كل من المسريين؟
علمًا أن الماء المذيب يتدخل في العملية بحيث يتأكسد معطيا غاز ثنائي الأكسجين. تعطى الثنائيات (Ox/red) :
$(Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)})$ ؛ $(H^{+}_{(aq)}/H_{2(g)})$ ؛ $(O_{2(g)}/H_2O_{(\ell)})$.
2. ضع مخططا لدارة وعاء التحليل مع تسمية المساري بدقة و تحديد قطبيتهما و تحديد جهة حركة حاملات الشحنة.
3. مع تبرير الثنائيات المشاركة في التحول الحادث، بيّن أن المعادلة الإجمالية المنمذجة للتفاعل الحادث خلال إجراء عملية التحليل هذه هي:
$$Zn^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} = Zn_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} + 2H^{+}_{(aq)}$$
4. هل التحول الحادث في الوعاء، تلقائي أم قسري؟ لماذا؟ اقترح طريقة للتحقق من الإجابة نظرياً.
5. ضع جدولاً وصفيًا لتقدم التفاعل المنمذج للتحول الموافق لعملية التحليل الكهربائي هذه.

II. استثمارات: تجرى عملية التحليل تحت توتر $3{,}5\ V$. يمكن لشدة التيار أن تصل القيمة $80\ kA$. بعد $48\ h$ من التشغيل يصير راسب الألمنيوم المعدني سميك كفاية عندها يتم فصله عن المسرى، يصهر بعد ذلك المعدن و ينضح بشكل سبائك.
1. ما هي العلاقة التي تربط التقدم x للتفاعل بكمية الكهرباء Q المنقولة للوعاء؟
2. ما هي رتبة مقدار كتلة الزنك المنتجة من طرف الخلية في يومين؟
3. في الواقع، يتم الحصول على كمية من الزنك أقل من الكمية المتوقعة. لماذا؟

يتم تجميع غاز ثنائي الأكسجين عند المسرى الثاني للوعاء. مردود التفاعل المنتج للغاز هو $80\ \%$ حيث الحجم المولي الغازي في شروط التجربة $24\ L.mol^{-1}$. أعط العلاقة التي تربط التقدم x للتفاعل بالحجم V للغاز المجمّع. ما هي رتبة مقدار الحجم V ؟

✷ التمرين الرابع: (02,5 نقطة)

من بين نظائر الكربون هناك: $^{12}_{6}C$ و $^{14}_{6}C$. يعطى: $m(^{14}_{6}C) = 13{,}9999\ u$ و $m(^{12}_{6}C) = 11{,}99674\ u$

1) أحسب بالنسبة للنواة $^{14}_{6}C$: ١) النقص الكتلي: Δm . ٢) طاقة الربط E_ℓ للنواة. ٣) طاقة الربط لكل نكليون $\mathcal{E}$ مقدرة بـ $MeV/nucléon$.
2) علماً أن طاقة الربط لكل نكليون بالنسبة للنواة $^{12}_{6}C$ هي: $\mathcal{E}' = 7{,}68\ MeV/nucléon$. ما هي النواة الأكثر استقرارًا من بين النواتين: $^{12}_{6}C$ و $^{14}_{6}C$ ؟

✷ التمرين الخامس: (06 نقاط)

نحن بصدد دراسة خاصيتين كيميائيتين لحمض البروبانويك في جزأين مستقلين من هذا التمرين: تفاعل انحلال الحمض في الماء و تفاعل الحمض مع كحول البوتان-1-ول.

المعطيات: الجدول الموالي يتضمن بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمتفاعلات و النواتج.

	الصيغة المجملة	الكتلة الحجمية	الكتلة المولية	درجة الغليان
حمض البروبانويك	$C_3H_6O_2$	$1{,}00 \times 10^{3}\ kg.m^{-3}$	$74{,}0\ g.mol^{-1}$	$141{,}0\ °C$
البوتان-1-ول	$C_4H_{10}O$	$8{,}10 \times 10^{2}\ kg.m^{-3}$	$74{,}0\ g.mol^{-1}$	$117{,}5\ °C$
أستر				$146{,}0\ °C$
ماء				$100{,}0\ °C$

في كل ما يأتي، نرمز لحمض البروبانويك بالرمز AH و لشاردة البروبانوات بالرمز A^- .
جهاز قياس الناقلية المستعمل، يسمح لنا بقياس الناقلية النوعية σ للمحلول المدروس و التي تتناسب مع ناقليته الكهربائية G .
نعتبر محلولاً ممدّدًا لحمض البروبانويك، نهمل فيه تركيز الشوارد HO^- مقارنة مع تراكيز الأفراد الكيميائية الأخرى في المحلول وكذلك لا يكون لهذه الشوارد أي تأثير على ناقلية المحلول. في هذه الشروط تعطى الناقلية النوعية σ للمحلول بالعلاقة: $\sigma = \lambda_1.[H_3O^+] + \lambda_2.[A^-]$
حيث: λ_1 تمثل الناقلية المولية الشاردية للشوارد H_3O^+ : $\lambda_1 = 35{,}0 \times 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$.
λ_2 تمثل الناقلية المولية الشاردية لشوارد البروبانوات A^- : $\lambda_2 = 3{,}58 \times 10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$.
القيم السابقة معطاة عند الدرجة $25°C$ من الحرارة و تقدر فيها التراكيز المولية $[H_3O^+]$ و $[A^-]$ بوحدة: $mol.m^{-3}$.

I. دراسة التفاعل بين حمض البروبانويك و الماء:

نسكب $0{,}1\ mol$ من حمض البروبانويك النقي في الماء للحصول على $500\ mL$ من محلول نرمز له بالرمز (S_0) . من أجل قياس الناقلية يلزمنا

محاليل ذات تراكيز ضعيفة (محاليل ممدّدة)، حيث نهدف للحصول على $1,0\ L$ من محلول (S) تركيزه $2,0\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$.

1) إليك قائمة من التجهيزات المخبرية المتوفرة: بياشر ، إرلنمايرات بسعات مختلفة ، نظام مص متكامل مع ماصات معيّرة ذات سعة $10,0\ mL$ و $20,0\ mL$ ، حوجلات عيارية بسعة $50,0\ mL$ و $100,0\ mL$ و $1000,0\ mL$. ضع بروتوكولاً تجريبيًا يمكن إتباعه من أجل تحضير المحلول (S) انطلاقا من المحلول (S_0) .
2) أكتب الصيغة الجزيئية المفصلة لحمض البروبانويك. يمكنك بعد ذلك استخدام رموز الصيغ المختصرة المذكورة في المعطيات.
3) أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بين حمض البروبانويك و الماء.
4) ضع جدولاً وصفيًا لتقدم التحول الحادث لـ $2,0\times10^{-3}\ mol$ من حمض البروبانويك في حجم الماء المستخدم عند تحضيرنا لـ $1,0\ L$ من المحلول (S). نرمز بـ $x_{éq}$ لتقدم التفاعل في حالة التوازن.
5) أوجد العلاقة بين الناقلية النوعية σ للمحلول و الناقليات المولية الشاردية λ_1 ، λ_2 و الحجم V و التقدم $x_{éq}$ عند التوازن.
6) عند التوازن، أعطى قياس الناقلية، القيمة $\sigma = 6,20\times10^{-3}\ S.m^{-1}$. جد القيمة العددية للتقدم النهائي $x_{éq}$ و استنتج القيم العددية للتراكيز $[H_3O^+]_{éq}$ و $[A^-]_{éq}$ في حالة التوازن.
7) ما هو التركيز المولي $[AH]_{éq}$ لحمض البروبانويك عند التوازن؟
8) ذكّر بعبارة ثابت الحموضة K_a للثنائية (شاردة البروبانوات/حمض البروبانويك) ثم أحسبه. استنتج قيمة الثابت pK_a لهذه الثنائية.

II. تفاعل الحمض مع كحول:

نأخذ $0,20\ mol$ من حمض البروبانويك النقي و $0,20\ mol$ من البوتان-1-ول النقي و نضع المزيج في دورق زجاجي.

1) كيف يسمى التفاعل المباشر الحادث بين هذين المتفاعلين؟ أكتب معادلة هذا التفاعل الكيميائي. (يمكنك استخدام الصيغ المجملة المعطاة في الجدول أعلاه).
2) أعط أسماء الأنواع الكيميائية الناتجة و أكتب صيغها الجزيئية نصف المفصلة.
3) صمم جدولاً لتقدم التحول الكيميائي الحادث. استنتج عبارة كسر التفاعل Q_r بدلالة التقدم x للتفاعل في اللحظة t .
4) أحسب قيمة التقدم $x_{éq}$ عند التوازن علمًا أن ثابت التوازن $K = 4,0$.
5) استنتج نسبة التقدم النهائي τ_f للتفاعل.
6) طلب من أحد أفواج التلاميذ، اقتراح مجموعة فرضيات لتحسين نسبة التقدم للتفاعل. اخترنا الفرضيات التالية من بين الفرضيات المقترحة:

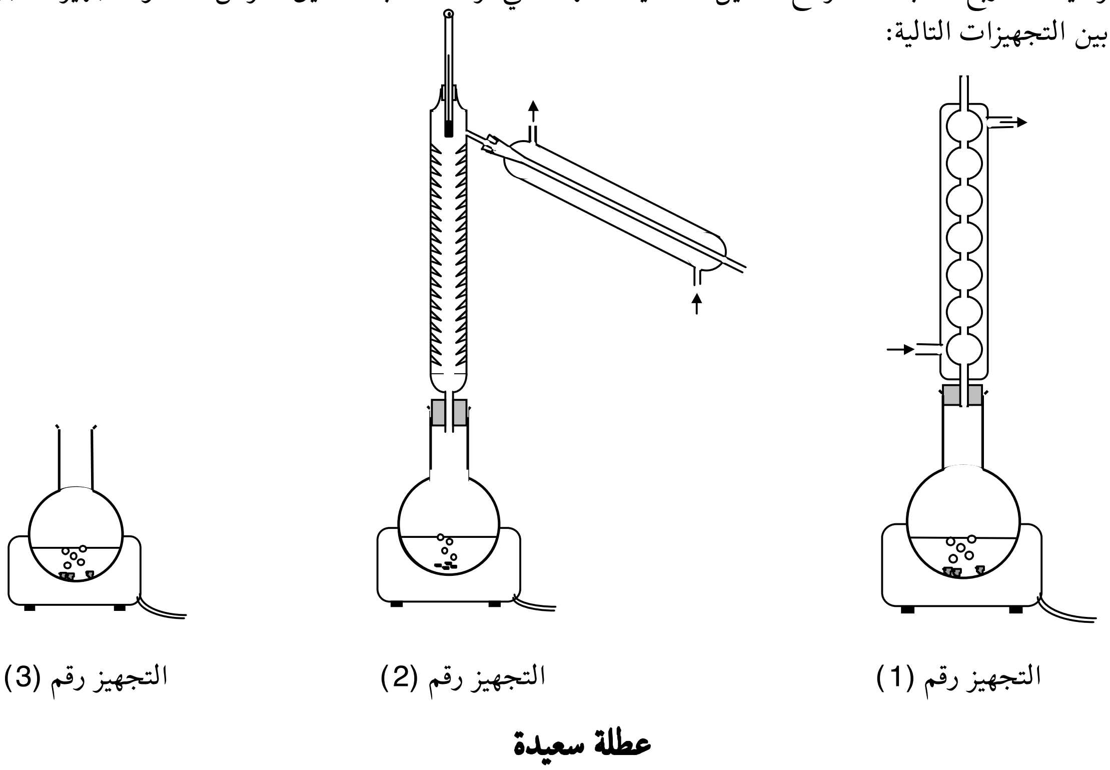
١) نقوم بتسخين الوسط التفاعلي لمدة 5 min .

٢) نضيف وسيط كيميائي: حمض الكبريت المركز مثلاً.

٣) نحقق عملية تقطير لتنحية الماء.

٤) نقوم بعملية التسخين المرتد "chauffe à reflux".

من بين الفرضيات الأربع السابقة، اختر مع التعليل الصحيحة منها، التي تراها مناسبة لتحقيق الغرض. ما هو التجهيز التجريبي المستخدم عندئذ من بين التجهيزات التالية:



التجهيز رقم (1) — التجهيز رقم (2) — التجهيز رقم (3)

بالتوفيق **عطلة سعيدة** **أستاذ المادة**

الموضوع الأول : (20 نقطة)

حل التمرين الأول: (04 نقاط)

1) المعادلتين النصفيتين للتفاعل الحادث، و استنتاج الثنائيتين الداخلتين في التفاعل:

المعادلة النصفية للأكسدة: $2I^-_{(aq)} = I_{2(aq)} + 2e^-$ 0,25

المعادلة النصفية للإرجاع: $H_2O_{2(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^- = 2H_2O_{(\ell)}$ 0,25

الثنائيتين المشاركتين في التفاعل هما: $\left(I_{2(aq)}/I^-_{(aq)}\right)$ و $\left(H_2O_{2(aq)}/H_2O_{(\ell)}\right)$ 0,25×2

أكسدة   إرجاع

2) أ/ كميات المادة الابتدائية للمتفاعلات:

الخليط الأول: $\begin{cases} n\left(I^-\right)=C.V=0,1\times18\times10^{-3}=1,8\ mmol \\ n\left(H_2O_2\right)=C.V=0,1\times2\times10^{-3}=0,2\ mmol \end{cases}$ 0,25

الخليط الثاني: $\begin{cases} n\left(I^-\right)=C.V=0,1\times10\times10^{-3}=1,0\ mmol \\ n\left(H_2O_2\right)=C.V=0,1\times1\times10^{-3}=0,1\ mmol \end{cases}$ 0,25

ب/ جدول وصفي لتقدم التفاعل الحادث في الخليط الأول: 0,50

معادلة التفاعل		$2I^-_{(aq)}$	$+\ 2H^+_{(aq)}$	$+\ H_2O_{2(aq)}$	$=\ I_{2(aq)}$	$+\ 2H_2O_{(\ell)}$
حالة الجملة	التقدم: $x\left(mmol\right)$	كميات المادة: $n\left(mmol\right)$				
الابتدائية $\left(t=0\right)$	0	$1,8$	بزيادة	$0,2$	0	بزيادة
الانتقالية $\left(t\right)$	x	$1,8-2x$	بزيادة	$0,2-x$	x	بزيادة
النهائية $\left(t_f\right)$	x_f	$1,8-2x_f=1,4$	بزيادة	$0,2-x_f=0$	$x_f=0,2$	بزيادة

3) أ/ تركيز اليود المتشكل في الحالة النهائية، بالنسبة للخليط الأول:

من الجدول لدينا: $x_f=n\left(I_2\right)=0,2\ mmol$، بالتالي: $\left[I_2\right]_f=\dfrac{n\left(I_2\right)}{V_T}=\dfrac{0,2}{30}=6,67\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$ 0,25×2

ب/ تركيز اليود المتشكل في اللحظة $t=30\ \text{min}$، من البيان $\left(1\right)$:

بيانيا: $\left[I_2\right]_{t=30\ \text{min}}=5,3\times10^{-3}\ mol.L^{-1}$ 0,25

جـ/ في الخليط (1) عند اللحظة $t=30\ \text{min}$، نلاحظ أن: $\left[I_2\right]_{t=30\ \text{min}}<\left[I_2\right]_f$ و بالتالي لا يمكن اعتبار التفاعل منتهياً في هذه اللحظة، لأن تركيز ماء اليود المتشكل عندئذٍ لم يبلغ قيمته النهائية. 0,25

4) أ/ عبارة سرعة التشكل لثنائي اليود بدلالة $\left[I_2\right]$:

نعلم أن: $v=\dfrac{d\left[I_2\right]}{dt}$، و يمثلها بيانيا، ميل المستقيم المماس للمنحنى $\left[I_2\right]=f\left(t\right)$. 0,25

ب/ المقارنة الوصفية بين السرعتين في اللحظة $t=5\ \text{min}$:

عند اللحظة $t=5\ \text{min}$، و بالرجوع للبيانين $\left(1\right)$ و $\left(2\right)$، نلاحظ أن ميل المستقيم المماس للمنحنى $\left(1\right)$ أكبر من ميل المستقيم المماس للمنحنى $\left(2\right)$ و بالتالي: سرعة تفاعل الخليط $\left(1\right)$ أكبر من سرعة تفاعل الخليط $\left(2\right)$. 0,25

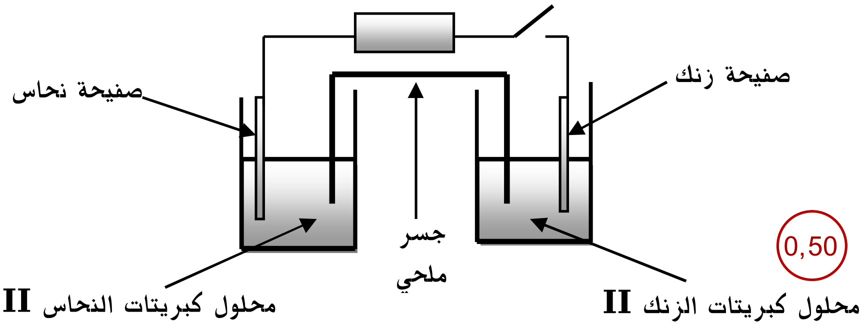
جـ/ العامل الحركي المسؤول عن تغير السرعة بالنسبة للخليطين هو: التركيز الابتدائي للمتفاعلات. 0,25

د/ حمض الكبريت في هذه الحالة يعتبر من المتفاعلات و بالتالي لا يمكن اعتباره كـ " وسيط " لأن الوسيط يبقى دون تغيير في نهاية التفاعل. 0,25

حل التمرين الثاني: (07 نقاط)

I. تحقيق العمود:

1) مخطط وصفي للعمود:



0,50

2) كسر التفاعل الابتدائي $Q_{r,i}$ للجملة:

بالتعريف: $Q_{r,i} = \dfrac{[Zn^{2+}_{(aq)}]_i}{[Cu^{2+}_{(aq)}]_i} = \dfrac{C_1}{C_2} = 1 \Leftarrow \boxed{Q_{r,i} = 1,0}$ 0,25

$\boxed{Q_{r,i} < K}$ التحول يتطور تلقائيا في "الاتجاه المباشر" للتفاعل: $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} = Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ 0,25

3) المعادلة النصفية الإلكترونية الموافقة للثنائية الخاصة بكل مسرى من مسريي العمود:

* مسرى النحاس (المهبط: القطب الموجب⊕): $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{(\text{إرجاع})} Cu_{(s)}\downarrow$ 0,25

* مسرى الزنك (المصعد: القطب السالب⊖): $Zn_{(s)} \xrightarrow{(\text{أكسدة})} Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$ 0,25

4) قطبية العمود (زنك – نحاس):

مسرى "الزنك" يزود الدارة الخارجية للعمود بالإلكترونات، فهو بذلك يمثل " القطب⊖" للعمود. على مستوى مسرى "النحاس"، هناك استهلاك للإلكترونات، فهو بذلك يمثل " القطب⊕" للعمود. 0,25

5) كمية الكهرباء العظمى التي يمكن للعمود أن يجريها نظريا في دارته الخارجية:

مما سبق يتبين لنا المتفاعل المحد خلال اشتغال العمود و هو "شوارد النحاس II: $Cu^{2+}_{(aq)}$" لأن معدن الزنك $Zn_{(s)}$ حاضر بوفرة، بالتالي:

$x_{max} = C_2.V_2$ و $Q = n(e^-).\mathcal{N}_A.e = n(e^-).F$ 0,25

حسب المعادلة النصفية للإرجاع: $x_{max} = \dfrac{n(e^-)}{2} = n(Cu^{2+})_{(\text{المستهلكة})}$ 0,25

بالتالي: $n(e^-) = 2x_{max} = 2C_2.V_2 \Leftarrow \boxed{Q_{max} = 2C_2.V_2.F}$ 0,25

ت.ع: $\left.\begin{array}{l} C_2 = 1,0\ mol.L^{-1} \\ V_2 = 0,100\ L \\ F = 96500\ C.mol^{-1} \end{array}\right\} \Leftarrow \boxed{Q_{max} = 1,9 \times 10^4\ C}$ 0,25

II. شحن المكثفة:

1) قيمة شدة التيار بعد شحن المكثفة تماما و استنتاج قيمة E بيانيا:

عندما تشحن المكثفة تماما تصبح عازلة للتيار (قاطعة مفتوحة) و بالتالي: $\boxed{I = 0\ A}$ 0,25

حسب قانون جمع التوترات: $u_{PN} = u_C \Leftarrow E - \cancel{rI_0} = u_C \xrightarrow{I=0} E = u_C(t_1)$ 0,25

بيانيا، نقرأ: $u_C(t_1 = 20s) = 1,06\ V \Leftarrow \boxed{E = 1,06\ V}$ 0,25

2) أ/ العبارة الحرفية لثابت الزمن τ :

بالتعريف: $\boxed{\tau = r.C}$ 0,25

حسب قانون أوم: $r = \dfrac{U}{I} \Leftarrow [r] = [U].[I]^{-1}$

من جهة أخرى: $U = \dfrac{Q}{C}$ و $Q = I.\Delta t$ أي: $U = \dfrac{I.\Delta t}{C} \Leftarrow [C] = [I].[T].[U]^{-1}$

و منه: $[\tau] = [r].[C] \Leftarrow [\tau] = \cancel{[U]}.\cancel{[I]^{-1}}.\cancel{[I]}.[T].\cancel{[U]^{-1}} = [T]$ 0,25

إذن، الثابت τ من جنس الزمن و لذلك يعرف بـ "ثابت الزمن" و يقدر في جملة الوحدات الدولية بوحدة: الثانية (s).

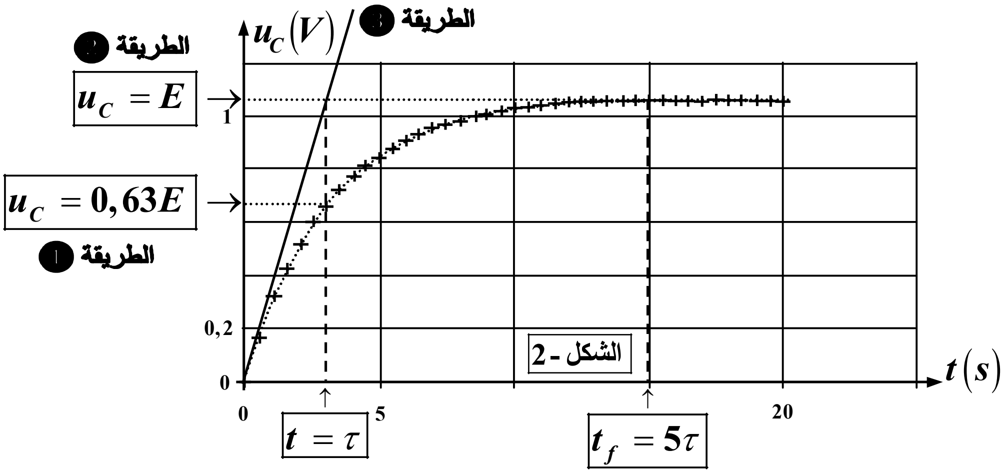
ب/ لتحديد قيمة τ بيانيا، هناك ثلاثة طرق على الخيار:

* الطريقة (I): من أجل $t = \tau$، لدينا بالتعريف: $u_C(\tau) = 0,63E$ 0,25

بالعودة إلى البيان $u_C = f(t)$، نقرأ: $u_C(\tau) = 0,63 \times 1,06 = 0,67\,V$

* الطريقة (II): من أجل $t \simeq 5\tau$، يمكننا اعتبار: $u_C(5\tau) = E$ 0,25

* الطريقة (III): نرسم المماس للمنحنى $u_C = f(t)$ عند المبدأ $(t = 0)$، فيقطع هذا المماس المستقيم الأفقي المقارب $u_C = E$ في النقطة التي فاصلتها: $t = \tau$ 0,25



تقود الطرق الثلاث للنتيجة نفسها و هي: $\boxed{\tau = 3,0\ s}$ 0,25

جـ/ قيمة المقاومة الداخلية r للعمود:

لديناا مما سبق: $\boxed{r = \frac{\tau}{C}} \Leftarrow r = \frac{3,0}{330\times10^{-6}} = 9,1\,k\Omega \Leftarrow \boxed{r = 9,1\,k\Omega}$ 0,25

3) أ/ العلاقة بين شدة التيار i و الشحنة الكهربائية q التي يحملها اللبوس A للمكثفة:

خلال الشحن: $\boxed{i = \frac{dq}{dt}}$ 0,25

ب/ العلاقة بين الشحنة الكهربائية q و التوتر u_C بين طرفي للمكثفة:

نعلم أن: $\boxed{q = C.u_C}$ 0,25

جـ/ المعادلة التفاضلية للتوتر u_C:

حسب قانون جمع التوترات: $u_{PN} = u_{AB}$

$$\Leftarrow E - rI = u_C \xrightarrow[\frac{dq}{dt} = C\frac{du_C}{dt} \Leftarrow q = C.u_C]{i = \frac{dq}{dt}} \boxed{E = u_C + r.C\frac{du_C}{dt}}$$ 0,25×2

د/ العبارة الحرفية للمعامل α في العلاقة $u_C(t) = E\left(1-e^{-\alpha t}\right)$:

$$u_C(t) = E\left(1-e^{-\alpha t}\right) \Leftarrow \frac{du_C}{dt} = \alpha E.e^{-\alpha t}$$

بالتعويض في المعادلة التفاضلية السابقة عن $u_C(t)$ و $\frac{du_C}{dt}$، نجد:

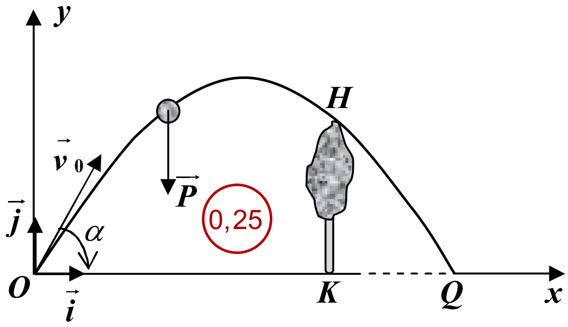
$$E = E\left(1-e^{-\alpha t}\right) + r.C.\alpha.E.e^{-\alpha t} = E + E\left(r.C.\alpha - 1\right)e^{-\alpha t}$$

حتى تتحقق المساواة الأخيرة السابقة، يجب أن يكون: $r.C.\alpha = 1$

بالتالي: $\boxed{\alpha = \frac{1}{r.C} = \frac{1}{\tau}}$ 0,50

حل التمرين الثالث: (04 نقاط)

1. دراسة حركة كرة الغولف في مجال الثقالة المنتظم:



1- المعادلتين التفاضليتين اللتين تحققهما v_x و v_y مركبتي شعاع سرعة G مركز عطالة الكرة:

من خلال الشروط الابتدائية، شعاع سرعة القذف الابتدائية له مركبتين:

$$\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0.\cos\alpha \\ v_{0y} = v_0.\sin\alpha \end{cases}$$

أثناء الحركة المنحنية، تخضع كرة الغولف لقوة ثقلها $\vec{P}$ فقط

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

$\Leftarrow \quad \vec{P} = m.\vec{a}_G$ 0,25

بالإسقاط على المحور Ox:

$0 = m.a_x \xrightarrow{m\neq 0} a_x = 0 \Leftarrow \boxed{\dfrac{dv_x}{dt} = 0}$ و هي المعادلة التفاضلية التي تحققها v_x. 0,25

$\Leftarrow \quad v_x = C^{te}$ و منه: $\boxed{v_x = v_0.\cos\alpha}$

بالإسقاط على المحور Oy:

$-P = m.a_y \xrightarrow{P=m.g} a_y = -g \Leftarrow \boxed{\dfrac{dv_y}{dt} = -g}$ و هي المعادلة التفاضلية التي تحققها v_y. 0,25

و منه: $v_y = -gt + C^{te}$ ، بالرجوع إلى الشروط الابتدائية، نجد: $C^{te} = v_0.\sin\alpha$

بالتالي: $\boxed{v_y = -gt + v_0.\sin\alpha}$

2- العبارة الحرفية للمعادلتين الزمنيتين $x(t)$ و $y(t)$ لحركة G و استنتاج العبارة الحرفية لمعادلة مسار الحركة:

لدينا: $v_x = \dfrac{dx}{dt} = v_0.\cos\alpha = C^{te} \Leftarrow \boxed{x(t) = v_0 t.\cos\alpha}$ ... (م. الزمنية لحركة الكرة على المحور Ox). 0,25

كذلك: $v_y = \dfrac{dy}{dt} = -gt + v_0.\sin\alpha \Leftarrow \boxed{y(t) = -\dfrac{1}{2}gt^2 + v_0 t.\sin\alpha}$ ... (م. الزمنية لحركة الكرة على المحور Oy). 0,25

بحذف وسيط الزمن من العبارتين الحرفيتين للإحداثيين الكارتيزيين $x(t)$ و $y(t)$ ، نجد:

$\boxed{y(x) = -\dfrac{g}{2v_0^2.\cos^2\alpha}x^2 + x.tg\alpha}$ ... (المعادلة الديكارتية لمسار الحركة). 0,50

3- حساب y_B:

لدينا: $x_B = x_K = 15\ m$ ، بالتعويض في معادلة المسار، نجد: $y_B = -\dfrac{g}{2v_0^2.\cos^2\alpha}x_B^2 + x_B.tg\alpha$

$\Leftarrow \boxed{4,66\ m} = (15)^2 + 15\times tg(20°) \dfrac{10}{2\times(40)^2\times\cos^2(20°)} - = y_B$. 0,25

$$y_B = -\frac{10}{2\times(40)^2\times\cos^2(20°)}(15)^2 + 15\times tg(20°) = \boxed{4,66\ m}$$

$\boxed{y_B = 4,66\ m < 5\ m} \Leftarrow$ الكرة تصطدم بالشجرة. 0,25

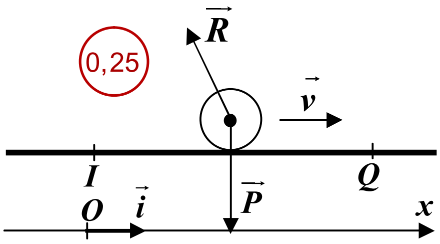
4- قيمة السرعة الابتدائية v'_0 التي ينبغي أن يرسل بها اللاعب كرة الغولف كي تسقط في الحفرة Q:

بالنسبة للزاوية $\alpha = 24°$ لا تصطدم الكرة بالشجرة و تمر بالحفرة Q، بالتالي: $x = OQ = 120\ m$ ، $y = y_Q = 0$ ، بالتعويض في معادلة المسار:

$$0 = -\frac{10}{2\times v'^2_0\times\cos^2(24°)}(120)^2 + 120\times tg(24°)$$

$\Leftarrow \boxed{v'_0 = 40,2\ m.s^{-1}}$. 0,25

2. دراسة حركة كرة الغولف في مستو أفقي:



1- المعادلة التفاضلية لحركة مركز عطالة الكرة:

تخضع الكرة لتأثير قوتي ثقلها $\vec{P}$ و رد فعل أرضية الملعب: $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$ 0,25

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\Leftarrow$ $\vec{P}+\vec{R}=m.\vec{a}_G$

بالإسقاط على محور الحركة (Ox): $0-f=m.a_x$ أي: $\boxed{\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{1}{m}f=0}$ ، و هي المعادلة التفاضلية لحركة مركز عطالة كرة الغولف. 0,25

2- طبيعة حركة G:

مما سبق لدينا: $\boxed{a_x=\frac{d^2x}{dt^2}=-\frac{f}{m}=C^{te}}$ $\Leftarrow$ $a_x=-\frac{2,25\times10^{-2}}{45\times10^{-3}}=\boxed{-0,5\ m.s^{-2}}$ 0,25

إذن حركة الكرة " مستقيمة متغيرة بانتظام متباطئة"

3- قيمة v_1:

الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام $\Leftarrow$ $v=a_xt+v_1$

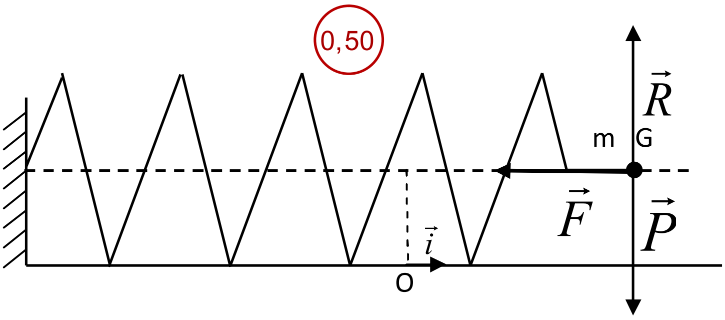
تصل الكرة إلى الحفرة Q بسرعة منعدمة و تسارع ثابت $a_x=-0,5\ m.s^{-2}$ خلال مدة $t=4\ s$ بالتالي: $0=-0,5\times4+v_1$

$\Leftarrow$ $\boxed{v_1=2\ m.s^{-1}}$. 0,25

حل التمرين الرابع: (05 نقاط)

I.

1) القوى الخارجية المؤثرة على المتحرك G : لاحظ الشكل



2) بتطبيق القانون الثاني لنيوتن: $\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}=m.\vec{a}$ 0,25

بالإسقاط في المعلم المختار: $0\vec{i}+0\vec{i}-kx\vec{i}=m.a_x\vec{i}$

بالتالي: $-kx=m.\frac{dv_x}{dt}$ $\Leftarrow$ $-kx=m.\frac{d^2x}{dt^2}$

و منه المعادلة التفاضلية للحركة: $\boxed{\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{k}{m}x=0}$ 0,25

3) التحقق من أن: $x=x_M\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\varphi\right)$ ، هو حل للمعادلة التفاضلية السابقة:

$$x=x_M\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\varphi\right)\Leftarrow\frac{dx}{dt}=-x_M\sqrt{\frac{k}{m}}\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\varphi\right)$$

و منه: $\frac{d^2x}{dt^2}=-x_M.\frac{k}{m}.\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\varphi\right)$ ، لنحسب عندئذٍ المجموع: $\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{k}{m}x$

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{k}{m}x=-x_M.\frac{k}{m}.\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\varphi\right)+\frac{k}{m}.x_M.\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\varphi\right)\Leftarrow\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{k}{m}x=0$$

بالتالي، العبارة $x=x_M\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t+\varphi\right)$ ، هي " حل " للمعادلة التفاضلية. 0,50

4) القيمة العددية لكل من x_M و φ :

عند اللحظة $t=0$، لدينا: $x(0)=x_0=+2,0\ cm$ و $v(0)=\frac{dx}{dt}=0$

أي أن: $x(0)=x_0=x_M\cos(0+\varphi)=+2,0\ cm$ مما يعني أن: $\boxed{x_M=+2,0\ cm}$ 0,25

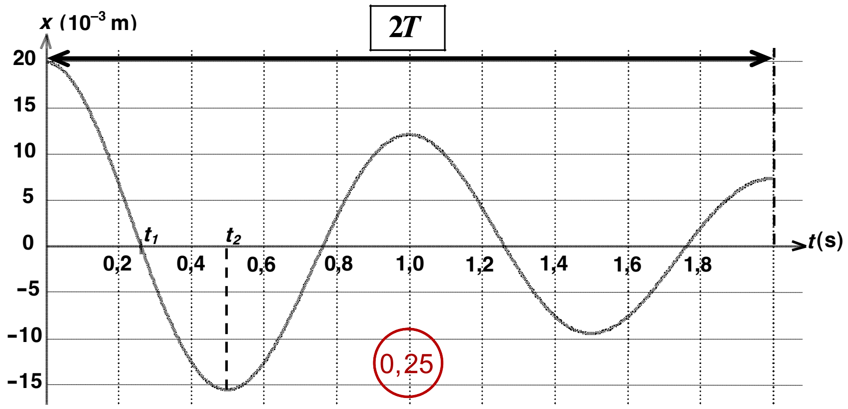
بالتالي: $\left.\begin{array}{l}x(0)=x_M\cos(0+\varphi)=+x_M\\ v(0)=-x_M\sqrt{\frac{k}{m}}\sin(0+\varphi)=0\end{array}\right\}\Leftarrow\left.\begin{array}{l}\cos\varphi=+1\\ \sin\varphi=0\end{array}\right\}\Leftarrow\boxed{\varphi=0}$ 0,25

5) الدور الخاص للاهتزازات الحرة غير المتخامدة:

بالتعريف: $T_0=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\Leftarrow T_0=2\pi\sqrt{\frac{0,250}{10}}=0,99\ s\Leftarrow\boxed{T_0\simeq1\ s}$ 0,25

.II

1) قيمة شبه الدور T للحركة:



0,25

بيانيا، و بالقراءة على الشكل المقابل، نحصل على قيمة تقريبية لشبه الدور للاهتزازات الحرة المتخامدة تقارب $1\ s$ ، يمكننا عندئذ اعتبار شبه الدور "مساوياً" للدور الذاتي للاهتزازات الحرّة غير المتخامدة. 0,25

2) المنحنى الممثل لكل من $E_c(t)$ و $E_p(t)$:

بالتعريف: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ و $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

و بما أنه عند اللحظة $t = 0$، لدينا: $x = x_0 = x_M$

و $v = 0$ فإن الطاقة الكامنة للجملة تكون في البداية أعظمية في حين طاقتها الحركية معدومة. بالتالي و بالرجوع للشكل – 3، فإن:

المنحنى A (بخط متقطع) يمثل " الطاقة الكامنة " و المنحنى B (بخط مستمر) يمثل " الطاقة الحركية ". 0,25×2

3) تتناقص الطاقة الميكانيكية الكلية للجملة خلال الزمن بسبب " أعمال قوى الاحتكاكات " المسؤولة عن ضياع جزء من طاقة الجملة تدريجيا و باستمرار على شكل حرارة.

4) سرعة المتحرك عند اللحظتين t_1، t_2:

لدينا: $v_x = \frac{dx}{dt}$، $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ و حيث أن: $v_y = 0$ فإن: $\boxed{v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}}$ 0,25

$\frac{dx}{dt}$ هو معامل توجيه المماس للمنحنى $x(t)$ ، و منه:

- عند اللحظة t_2 يكون المماس أفقيا موازيا لمحور الأزمنة مما يعني: $0 = \frac{dx}{dt} = v(t_2)$، أي أن السرعة "معدومة". 0,25
- عند اللحظة t_1 يكون ميل المماس متناقصًا جدًا $\frac{dx}{dt} < 0$ مما يعني: $v(t_1) = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}$، تكون "أعظمية". 0,25

5) ما يمكننا استنتاجه بخصوص محصلة الاحتكاكات عند كل من اللحظتين t_1، t_2:

بما أن محصلة الاحتكاكات: $\vec{f} = -\mu.\vec{v}$، فإن: $f = \mu.v$ "شدة محصلة الاحتكاكات متناسبة مع قيمة سرعة الاهتزازات" 0,25×2

و عليه: تكون الاحتكاكات منعدمة عند اللحظة t_2 و أعظمية عند اللحظة t_1.

6) تبرير الشكل المتدرج لمنحنى الطاقة الميكانيكية $E_m(t)$ في الشكل – 3:

عندما تنعدم الاحتكاكات كما هو الحال بالنسبة للّحظة الزمنية t_2 مثلاً فإن الطاقة الميكانيكية الكلية للجملة المهتزة تكون محفوظة "لدينا مصطبة سلم متدرج" بعدها تتعاظم الاحتكاكات فتتناقص الطاقة و هكذا ... تتكرر الظاهرة طيلة الاهتزازات المتخامدة. 0,50

الموضوع الثاني : (20 نقطة)

✵ حل التمرين الأول: (03,5 نقطة)

1) تعريف النقص الكتلي للنواة $_{Z}^{A}X$:

" النقص الكتلي هو الفرق بين كتلة النواة (النويات متماسكة) و كتلة نوياتها المنعزلة (النويات منفصلة) " و الذي يعبر عنه بالنسبة لنواة $_{Z}^{A}X$

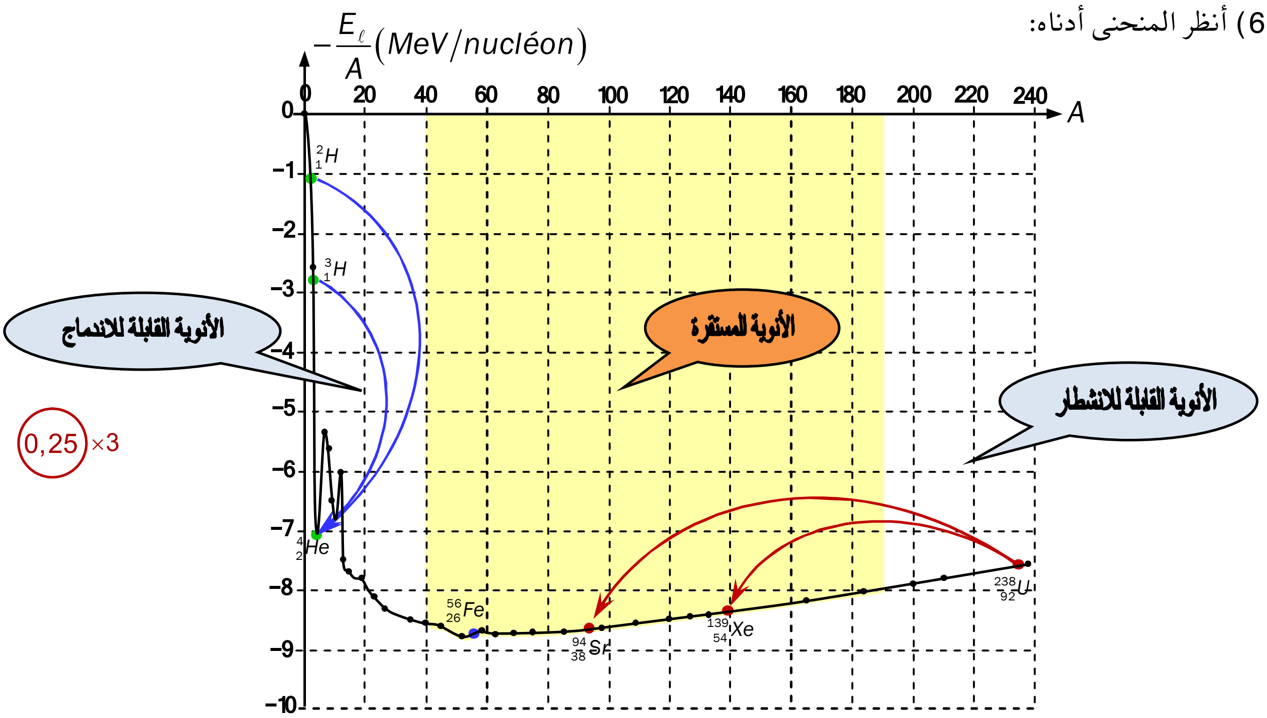
بالعلاقة: $\Delta m = Z.m_p + (A-Z)m_n - m\left(_{Z}^{A}X\right)$ 0,25

2) طاقة الربط E_ℓ لنواة ذرية $_{Z}^{A}X$: هي الطاقة الواجب إعطاؤها لنواة لفصل نوياتها. 0,25

3) العلاقة التي تمكّن من حساب E_ℓ : $E_\ell = \Delta m.c^2$ 0,25

4) يمثل منحنى أسطون تغيرات طاقة الربط لكل نوية في نواة ذرية $_{Z}^{A}X$ بدلالة عدد نوياتها A ، أي: $-\dfrac{E_\ell}{A} = f(A)$ 0,25

5) و 6) أنظر المنحنى أدناه:



0,25 ×3

كما هو موضح على المخطط أعلاه فإن:

- النوى المستقرة: $40 < A < 190$ حيث تتميز بطاقة ربط لكل نكليون $\left|\dfrac{E_\ell}{A}\right|$ كبيرة نسبيا: $\left|\dfrac{E_\ell}{A}\right| \approx 8,7\ MeV/nucléon$ 0,25
- النوى القابلة للاندماج: $A < 40$ و هي نوى خفيفة غير مستقرة لها طاقات ربط لكل نكليون من نكليوناتها ضعيفة جداً.

  مثل: $_1^2H + _1^3H \xrightarrow{(\text{اندماج})} _2^4He + _0^1n$ 0,50
- النوى القابلة للانشطار: $A > 190$ و هي نوى ثقيلة غير مستقرة لها طاقات ربط لكل نكليون من نكليوناتها ضعيفة جداً.

  مثل: $_{92}^{238}U + _0^1n \xrightarrow{(\text{انشطار})} _{54}^{139}Xe + _{38}^{94}Sr + 6\,_0^1n$ 0,50

7) القيمة المتوسطة لطاقة الربط لكل نكليون للنوى في حالة الاستقرار: $\left(\left|\dfrac{E_\ell}{A}\right|\right)_{moy} \approx 8,7\ MeV/nucléon$ 0,50

حل التمرين الثاني: (04 نقاط)

(1

* عبارة v_0 بدلالة ℓ ، α و g :

بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين النقطتين A و O :

التغير الحادث في الطاقة: $\Delta E_c = \underbrace{\dfrac{1}{2}mv_0^2}_{E_c(O)} - \underbrace{0}_{E_c(A)}$

0,25 ×2

حصيلة الأعمال المنجزة: $\sum W(\vec{F}) = W(\vec{P}) + \cancel{W(\vec{N})}_{0} = m.g.\ell.\sin\alpha$

بالتالي: $\Delta E_c=\sum W(\vec{F}) \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_0^2=m.g.\ell.\sin\alpha$

$\therefore$ $\boxed{v_0=\sqrt{2g.\ell.\sin\alpha}}$

* حساب قيمة v_0 : $v_0=\sqrt{2\times10\times40\times\sin30°}=20\ m.s^{-1} \Leftarrow \boxed{v_0=20\ m.s^{-1}}$ 0,25

(2

* المعادلة الكارتيزية $y=f(x)$ لمسار الحركة الفضائية للنقطة G :

بالنسبة للحركة الفضائية في المعلم $(O,\vec{i},\vec{j})$: $\boxed{\vec{a}(t)\begin{cases}a_x=0\\a_y=g\end{cases}}$ و $\boxed{\vec{v}_0\begin{cases}v_{0x}=v_0.\cos\alpha\\v_{0y}=v_0.\sin\alpha\end{cases}}$ 0,25

$\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}$ ، بأخذ التكامل بالنسبة للزمن: $\boxed{\vec{v}(t)\begin{cases}v_x(t)=v_0.\cos\alpha=C^{te}\\v_y(t)=g.t+v_0.\sin\alpha\end{cases}}$ 0,25

كذلك: $\vec{v}=\frac{d\vec{OG}}{dt}$ ، بأخذ التكامل بالنسبة للزمن: $\boxed{\vec{OG}(t)\begin{cases}x(t)=v_0.t.\cos\alpha & (1)\\y(t)=\frac{1}{2}g.t^2+v_0.t.\sin\alpha & (2)\end{cases}}$ 0,25

من (1): $t=\frac{x}{v_0.\cos\alpha}$ بالتعويض في (2) ، نجد: $\boxed{y(x)=\frac{g}{2v_0^2.\cos^2\alpha}.x^2+x.tg\alpha}$ 0,25

* المعادلة الكارتيزية للمستقيم BD :

المستقيم BD (خط الميل الأعظم) مستقيم مائل معادلته من الشكل: $y=ax+b$

حيث: $\boxed{a=tg\alpha}$ و $\boxed{b=h}$ $\Leftarrow$ $\boxed{y=x.tg\alpha+h}$ 0,25

* الفاصلة x_C لنقطة السقوط C بدلالة h ، g ، α و v_0 :

النقطة C ، نقطة من مسار الحركة الفضائية و كذا هي نقطة من المستقيم BD (نقطة تقاطع BD مع المسار) و بالتالي:

$$y_C=\frac{g}{2v_0^2.\cos^2\alpha}.x_C^2+x_C.tg\alpha=x_C.tg\alpha+h \Leftarrow \frac{g}{2v_0^2.\cos^2\alpha}.x_C^2=h$$

و منه: $\boxed{x_C=\sqrt{\frac{2h}{g}}.v_0.\cos\alpha}$ 0,25×2

* عبارة $b=BC$ بدلالة h ، g و v_0 :

لدينا: $y_C-h=x_C.tg\alpha=\sqrt{\frac{2h}{g}}.v_0.\sin\alpha$ و منه: $b^2=x_C^2+(y_C-h)^2=\frac{2h}{g}.v_0^2.\cos^2\alpha+\frac{2h}{g}.v_0^2.\sin^2\alpha$

بالتالي: $b^2=\frac{2h}{g}.v_0^2 \Leftarrow \boxed{b=v_0.\sqrt{\frac{2h}{g}}}$ 0,25

ت.ع: $b=20\times\sqrt{\frac{2\times20}{10}}=40\ m \Leftarrow \boxed{b=40\ m}$ 0,25

1. إثبات أن سرعة وصول الجسم (S) إلى النقطة O هي: $v_0'=rv_0$

حيث أن: $b'=rb$ و $b=v_0.\sqrt{\frac{2h}{g}} \Leftarrow b'=v_0'.\cancel{\sqrt{\frac{2h}{g}}}=rv_0.\cancel{\sqrt{\frac{2h}{g}}} \Leftarrow \boxed{v_0'=rv_0}$ 0,25

2. عبارة المعامل μ بدلالة r و α :

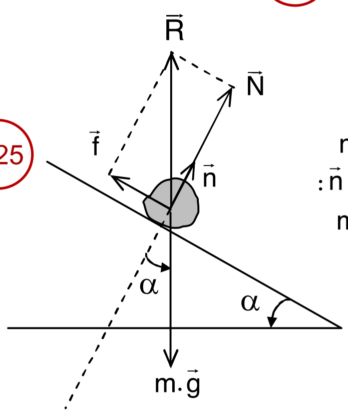
بتطبيق نظرية الطاقة الحركية بين النقطتين A و O :

$\Delta E_c=\sum W(\vec{F}) \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_0'^2=m.g.\ell.\sin\alpha-f.\ell$

و حيث أن: $\frac{1}{2}mv_0^2=m.g.\ell.\sin\alpha$

فإن: $\frac{1}{2}mv_0'^2=\frac{1}{2}mv_0^2-f.\ell$ ، كذلك: $v_0'=rv_0$

بالتالي: $\frac{1}{2}mr^2v_0^2=\frac{1}{2}mv_0^2-f.\ell \Leftarrow f.\ell=\frac{1}{2}mv_0^2(1-r^2)$



0,25

$m.\vec{g}+\vec{f}+\vec{N}=m\vec{a}$

بالإسقاط على الناظم $\vec{n}$:

$m.g.\cos\alpha=N$

و بما أن: $\frac{1}{2}mv_0^2 = m.g.\ell.\sin\alpha \Leftarrow \boxed{f=(1-r^2)m.g.\sin\alpha}$

و من الشكل، لدينا: $\boxed{N = m.g.\cos\alpha}$

$\mu = \frac{f}{N} \Leftarrow \mu = \frac{(1-r^2)m.g.\sin\alpha}{m.g.\cos\alpha} = (1-r^2)tg\alpha \Leftarrow \boxed{\mu=(1-r^2)tg\alpha}$ 0,25

حساب μ من أجل $r = 0,90$: $\mu = (1-0,9^2)tg30° = 0,11 \Leftarrow \boxed{\mu = 0,11}$ 0,25

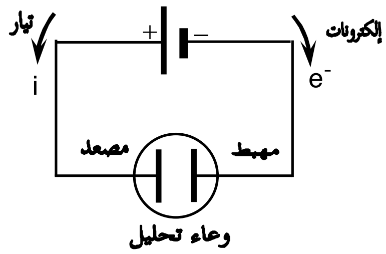
حل التمرين الثالث: (04 نقاط)

I. دراسة التحول:

1. التفاعلات المتوقعة، التي يمكن أن تحدث بجوار كل من المسريين:

الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول الكهرليتي: H_2O ؛ Zn^{2+} ؛ H^+ و SO_4^{2-} .

* تهاجر الشوارد Zn^{2+} ناحية المهبط (المسرى $\ominus$) حيث تختزل: $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- = Zn_{(s)\downarrow}$
* تهاجر الشوارد H^+ كذلك ناحية المهبط (المسرى $\ominus$) حيث يمكن أن تختزل: $2H^+_{(aq)} + 2e^- = H^{\uparrow}_{2(g)}$ ، و هو تفاعل يزاحم التفاعل السابق (الكتلة النظرية للزنك المترسب ستكون أكبر من كتلته الحقيقية). 0,25×2
* يمكن لجزيئات الماء H_2O بجوار المهبط أن تختزل إلى غاز ثنائي الهيدروجين H_2 .
* تهاجر الشوارد SO_4^{2-} ناحية المصعد (المسرى $\oplus$) لكنها لا تتأكسد.
* يمكن لجزيئات الماء H_2O بجوار المصعد أن تتأكسد: $H_2O_{(\ell)} = \frac{1}{2}O^{\uparrow}_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^-$.



2. مخطط التركيبة: لاحظ الشكل المرفق 0,25×2

3. المعادلة الإجمالية المنمذجة للتفاعل الحادث خلال إجراء عملية التحليل:

في هذه العملية يترسب معدن الزنك على المهبط و ينطلق غاز ثنائي الأكسجين عند المصعد (بتدخل الماء في عملية التحليل المعقدة):

$(Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)})$: $Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \xrightarrow{(\text{أكسدة})} Zn_{(s)\downarrow}$ 0,25

$(O_{2(g)}/H_2O_{(\ell)})$: $H_2O_{(\ell)} \xrightarrow{(\text{إرجاع})} \frac{1}{2}O^{\uparrow}_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} + 2e^-$ 0,25

$Zn^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \xrightarrow{(\text{أكسدة - إرجاع})} Zn_{(s)\downarrow} + \frac{1}{2}O^{\uparrow}_{2(g)} + 2H^+_{(aq)}$

4. إن عملية التحليل الكهربائي ترفق بتحول قسري أكسدة – إرجاع: الطاقة الكهربائية المصروفة للوعاء (الجملة) من طرف المولد (الوسط الخارجي) تُحوَل في الوعاء إلى طاقة كيميائية مفيدة، تستهلك في التحول القسري الحادث بينما يضيع جزء من الطاقة الكهربائية المصروفة بفعل جول على شكل حرارة منتشرة. 0,25

التحقق النظري: نحسب كسر التفاعل Q_r فنجده أكبر من ثابت التوازن K للتفاعل: مما يعني عدم حدوث التفاعل تلقائياً في الاتجاه المباشر. 0,25

5. جدول التقدم الوصفي للتحول القسري الحادث في عملية التحليل: 0,50

المعادلة	$Zn^{2+}_{(aq)}$ +	$H_2O_{(\ell)}$ =	$Zn_{(s)}$ +	$\frac{1}{2}O_{2(g)}$ +	$2H^+_{(aq)}$
الحالة الابتدائية	n_0	مذيب	0	0	n'_0
الحالة الانتقالية	$n_0 - x$	مذيب	x	$0,5x$	$n'_0 + 2x$
الحالة النهائية	0	مذيب	$x_{max} = n_0$	$0,5x_{max} = 0,5n_0$	$n'_0 + 2x_{max}$

II. استثمارات:

1. العلاقة التي تربط التقدم x للتفاعل بكمية الكهرباء Q المنقولة للوعاء:

حسب المعادلة الإجمالية للتفاعل المنمذج للتحول القسري الحادث، فإن:

كمية مادة الالكترونات المتبادلة بين المؤكسد و المرجع عند حدوث التفاعل مرة واحدة هي: $n_{e^-} = z.x = 2x$ 0,25×2

بالتالي: $Q = I.\Delta t = 96500n_{e^-} = 96500z.x \xleftarrow[\Delta t = 48\ h = 48\times3600\ s]{I = 80\ kA = 8\times10^4\ A} Q = 8\times10^4\times48\times3600 = 1,4\times10^{10}\ C$

و منه: $n_{e^-} = \frac{1,4\times10^{10}}{96500}$ ، و هي قيمة مقاربة لـ $n_{e^-} = \frac{1,4\times10^{10}}{10^5} = 1,4\times10^5\ mol$

إذن: $x=\dfrac{1,4\times10^5}{2}=7\times10^4\ \text{mol}$

2. رتبة مقدار كتلة الزنك المنتجة من طرف الخلية في يومين:

مما سبق و من الجدول، نجد: $n_{Zn}=x=7\times10^4\ \text{mol}$

و منه، كتلة الزنك المنتجة: $m_{Zn}=n_{Zn}.M_{Zn}=7\times10^4\times65=4,55\times10^6\ \text{g}=4,55\ \text{tonnes}$ 0,25

3. في الواقع، يتم الحصول على كمية من الزنك أقل من الكمية المتوقعة لأن مردود التفاعل الحادث في الوعاء $r<100\ \%$. 0,25

4. العلاقة التي تربط التقدم x للتفاعل بالحجم V للغاز المجمّع:

نعلم أن: $V_{O_2}=n_{O_2}.V_M$ و لدينا من الجدول: $n_{O_2}=\dfrac{1}{2}x$ ، بالتالي: $V_{O_2}=\dfrac{1}{2}x.V_M$ 0,25×2

إذن: $V_{O_2}=\dfrac{1}{2}\times7\times10^4\times24=8,4\times10^5\ \text{L}=840\ \text{m}^3$

حل التمرين الرابع: (02,5 نقطة)

1) بالنسبة للنواة $^{14}_{6}C$:

* النقص الكتلي Δm : $\Delta m=6m_p+(14-6)m_n-m\left(^{14}_{6}C\right)$

$\therefore$ $\Delta m=(6\times1,00728)+(8\times1,00866)-13,9999=0,11306\ u$ 0,50×2

$\Leftarrow$ $\Delta m=0,11306\ u$

* طاقة الربط E_ℓ للنواة: $E_\ell=\Delta m.c^2$ $\Leftarrow$ $E_\ell=0,11306\times\left(931,5\ MeV/c^2\right)c^2=105,32\ MeV$ 0,25×2

$\Leftarrow$ $E_\ell=105,32\ MeV$

* طاقة الربط لكل نكليون $\mathcal{E}$:

بالتعريف: $\mathcal{E}=\left|\dfrac{E_\ell}{A}\right|$ $\Leftarrow$ $\mathcal{E}=\left|\dfrac{105,32}{14}\right|=7,52\ MeV/nucléon$ 0,25×2

$\Leftarrow$ $\mathcal{E}=7,52\ MeV/nucléon$

بما أن: $\mathcal{E}'=7,68\ MeV/nucléon$ للنواة $^{12}_{6}C$ و $\mathcal{E}=7,52\ MeV/nucléon$ للنواة $^{14}_{6}C$ فإن: $\mathcal{E}'>\mathcal{E}$ مما يعني أن النواة $^{12}_{6}C$ أكثر استقرارا من النواة $^{14}_{6}C$. 0,50

حل التمرين الخامس: (06 نقاط)

I. دراسة التفاعل بين حمض البروبانويك و الماء:

1) البروتوكول التجريبي:

من أجل تحضير المحلول (S) انطلاقا من المحلول (S_0)، يجب علينا القيام بعملية "التمديد" أو "التخفيف" 0,25

المحلول البنت (الممدّد): (S)	المحلول الأم (المركز): (S_0)
$C=2,0\times10^{-3}\ \text{mol.L}^{-1}$ $V=1,0\ \text{L}$	$C_0=\dfrac{n_0}{V_0'}=\dfrac{0,10}{0,500}=\mathbf{0,20\ mol.L^{-1}}$ $V_0=?$

خلال التمديد تبقى كمية مادة حمض البروبانويك الابتدائية، محفوظة: $C_0.V_0=C.V$

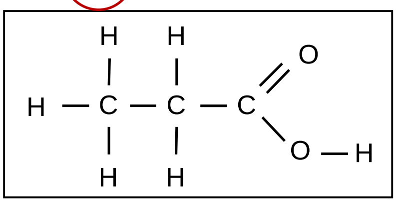
بالتالي: $V_0=\dfrac{C\times V}{C_0}=\dfrac{2,0\times10^{-3}}{2,0\times10^{-1}}=\mathbf{10\ mL}$ 0,25

و عليه: نأخذ $10\ \text{mL}$ من المحلول (S_0) لحمض البروبانويك المركز "بواسطة الماصة العيارية ذات السعة $10\ \text{mL}$ و المزودة بنظام المص (الإجاصة)". نسكب الكل في "حوجلة عيارية بسعة $1000\ \text{mL}$" ثم نضيف الماء المقطر إلى غاية ثلاثة أرباع الحجم الكلي للحوجلة تقريبا. نرج و نجانس المحلول جيداً ثم نكمل الحجم النهائي للمحلول بالماء المقطر إلى غاية خط العيار للحوجلة. 0,50

2) الصيغة الجزيئية المفصلة لحمض البروبانويك: أنظر جانبه

3) معادلة التفاعل الكيميائي الحادث بين حمض البروبانويك و الماء:

$$\boxed{AH_{(aq)}+H_2O_{(l)}=A^-_{(aq)}+H_3O^+_{(aq)}}$$ 0,25



0,25

4) جدول التقدم للتفاعل:

معادلة التفاعل		$AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$			
حالة الجملة	التقدم (mol)	كميات المادة (mol)			
الحالة الابتدائية	0	$n_0 = 2,0\times10^{-3}$	بزيادة	0	0
الحالة النهائية	$x_{éq}$	$n_0 - x_{éq}$	بزيادة	$x_{éq}$	$x_{éq}$

0,25

5) العلاقة بين الناقلية النوعية σ للمحلول و الناقليات المولية الشاردية λ_1 ، λ_2 و الحجم V و التقدم $x_{éq}$:

بالتعريف: $\sigma = \lambda_1.[H_3O^+]_{éq} + \lambda_2.[A^-]_{éq} \Leftarrow \sigma = \lambda_1.\frac{x_{éq}}{V} + \lambda_2.\frac{x_{éq}}{V} = \frac{x_{éq}}{V}(\lambda_1+\lambda_2)$

إذن: $\boxed{\sigma = \frac{x_{éq}}{V}(\lambda_1+\lambda_2)}$ 0,25

6) القيمة العددية للتقدم النهائي $x_{éq}$ و استنتاج القيم العددية للتركيز ين $[H_3O^+]_{éq}$ و $[A^-]_{éq}$ في حالة التوازن:

حسب العبارة الأخيرة السابقة للناقلية σ : $\boxed{x_{éq} = \frac{\sigma\times V}{\lambda_1+\lambda_2}}$ .... (يجب تقدير الحجم V بوحدة: m^3) 0,25

بالتالي: $x_{éq} = \frac{6,20\times10^{-3}\times1,00\times10^{-3}}{(35,0+3,58)\times10^{-3}} = 1,61\times10^{-4}\ mol \Leftarrow \boxed{x_{éq} = 1,61\times10^{-4}\ mol}$ 0,25

و منه: $[H_3O^+]_{éq} = [A^-]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} = \frac{1,61\times10^{-4}}{1,00} = 1,61\times10^{-4}\ mol.L^{-1} \Leftarrow \boxed{[H_3O^+]_{éq} = [A^-]_{éq} = 1,61\times10^{-4}\ mol.L^{-1}}$ 0,25×2

7) التركيز المولي $[AH]_{éq}$ لحمض البروبانويك عند التوازن:

عند التوازن $[AH]_{éq} = \frac{n_0 - x_{éq}}{V} = \frac{2,0\times10^{-3} - 1,61\times10^{-4}}{1,00} = 1,8\times10^{-3}\ mol.L^{-1} \Leftarrow \boxed{[AH]_{éq} = 1,8\times10^{-3}\ mol.L^{-1}}$ 0,25

8) عبارة ثابت الحموضة K_a للثنائية $(AH_{(aq)}/A^-_{(aq)})$ ثم حساب قيمته و استنتاج قيمة الثابت pK_a لهذه الثنائية:

نعلم أن: $\boxed{K_a(AH_{(aq)}/A^-_{(aq)}) = Q_{r,éq} = \frac{[A^-_{(aq)}]_{éq}\times[H_3O^+_{(aq)}]_{éq}}{[HA_{(aq)}]_{éq}}}$ 0,25

و منه: $K_a = \frac{(1,61\times10^{-4})^2}{1,84\times10^{-3}} = 1,4\times10^{-5} \Leftarrow \boxed{K_a = 1,4\times10^{-5}}$

كذلك: $\boxed{pK_a = -Log(K_a) = 4,8}$ 0,25

II. تفاعل الحمض مع كحول:

1) التفاعل المباشر الحادث بين حمض البروبانويك و كحول البوتان–1–ول هو: "تفاعل الأسترة" 0,25

معادلة هذا التفاعل الكيميائي: $\boxed{C_3H_6O_{2\,(\ell)} + C_4H_{10}O_{(\ell)} = H_2O_{(\ell)} + C_7H_{14}O_{2(\ell)}}$ 0,25

2) أسماء الأنواع الكيميائية الناتجة و كتابة صيغها الجزيئية نصف المفصلة:

الماء: H_2O ؛ أستر بروبانوات البوتيل: $CH_3-CH_2-COO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ 0,25×2

3) جدول التقدم لتحول "الأسترة – إماهة الأستر": 0,25

معادلة التفاعل		$C_3H_6O_{2\,(\ell)} + C_4H_{10}O_{(\ell)} = H_2O_{(\ell)} + C_7H_{14}O_{2(\ell)}$			
حالة الجملة	التقدم (mol)	كميات المادة (mol)			
الحالة الابتدائية	0	$n_0 = 0,20\ mol$	$n_0 = 0,20\ mol$	0	0
خلال التحول	x	$n_0 - x$	$n_0 - x$	x	x

عبارة كسر التفاعل Q_r بدلالة التقدم x للتفاعل في اللحظة t :

بالتعريف: $\boxed{Q_r = \frac{[H_2O_{(\ell)}]\times[C_7H_{14}O_{2(\ell)}]}{[C_3H_6O_{2(\ell)}]\times[C_4H_{10}O_{(\ell)}]} = \frac{\frac{x}{V}\times\frac{x}{V}}{\frac{n_0-x}{V}\times\frac{n_0-x}{V}} = \frac{x^2}{(n_0-x)^2}}$ 0,25

4) قيمة التقدم $x_{éq}$ عند التوازن علمًا أن ثابت التوازن $K = 4,0$:

لدينا: $K = Q_{r,éq} = \frac{x_{éq}^2}{(n_0-x_{éq})^2}$ ، و بالتالي: $K.(n_0-x_{éq})^2 = x_{éq}^2$ أو $K.(n_0^2 - 2n_0.x_{éq} + x_{éq}^2) = x_{éq}^2$

أي أن: $(K-1)x^2_{éq} - 2K.n_0.x_{éq} + K.n_0^2 = 0$

أو بالتعويض عن $n_0 = 0{,}20\ mol$ ، $K = 4{,}0$: $\boxed{3x^2_{éq} - 1{,}6.x_{éq} + 0{,}16 = 0}$ ... (معادلة من الدرجة II)

المميز: $\Delta = 1{,}6^2 - 4\times3\times0{,}16 = 0{,}64$ $\Leftarrow$ قيمتين ممكنتين لـ $x_{éq}$ ، هما:

$x_{éq1} = \frac{1{,}6-0{,}8}{6} = 0{,}13\ mol$ و $x_{éq2} = \frac{1{,}6+0{,}8}{6} = 0{,}40\ mol$

حيث أن: $x_{éq} < x_{max}$ و $x_{max} = n_0 = 0{,}20\ mol$ ، لا نأخذ بعين الاعتبار القيمة $x_{éq2}$ ، بالتالي: $\boxed{x_{éq} = x_{éq1} = \mathbf{0{,}13\ mol}}$ 0,25

5) نسبة التقدم النهائي τ_f للتفاعل:

بالتعريف: $\boxed{\tau_f = \frac{x_{éq}}{x_{max}} = \frac{x_{éq}}{n_0}}$ $\Leftarrow$ $\boxed{\tau_f = \frac{0{,}13}{0{,}20} = \mathbf{65\ \%}}$ 0,25

ملاحظة: نظرياً نحصل على 66,7% لكن غياب بعض الأرقام المعنوية للمعطيات قادنا إلى هذا الاختلاف البسيط في النتيجة.

6) الفرضية الصحيحة و التجهيز العملي المناسب لتحقيق الغرض:

١) إن الرفع من درجة حرارة الوسط التفاعلي (بالتسخين) يعتبر "عامل حركي" ليس له أي تأثير على نسبة التقدم النهائي للتفاعل.

٢) إضافة وسيط كيميائي، هي الأخرى تزيد من سرعة التفاعل دون التأثير على نسبة تقدمه النهائي.

٣) الفرضية المقترحة هذه هي الطريقة المناسبة، بحيث عند تنحية أحد المتفاعلات باستمرار من الوسط التفاعلي يجعل "التوازن" ينزاح بجهة تفاعل تشكل المتفاعل المتنحى و بالتالي الرفع من نسبة التقدم النهائي للتفاعل الموافق "تحسين المردود". 0,25

٤) التسخين المرتد يسمح بالمحافظة على كل المتفاعلات في الوسط التفاعلي و هذا لا يحسن من نسبة التقدم النهائي للتفاعل.

جهاز التقطير الضروري لتنحية الماء من الوسط التفاعلي باستمرار (عند درجة حرارة ثابتة: 100,0 °C) و هو في هذه الحالة "المتفاعل الأكثر تطايرًا " من بين باقي المتفاعلات هو: التجهيز رقم (2)

ملاحظة: التجهيز رقم (1) يوافق عملية التسخين المرتد أما التجهيز رقم (3) فيخص عملية التسخين العادية.