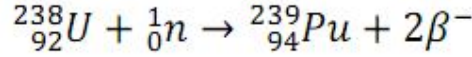


بكالوريا تجريبي في مادة العلوم الفيزيائية

الجزء الأول

التمرين الأول 04 نقاط

البلوتونيوم 239 احد نظائر البلوتونيوم و هو من المواد التي تستخدم كوقود نووي في المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الكهربائية . يتم إنتاجه انطلاقا من لليورانيوم 238 وفق المعادلة التالية



أولا - البلوتونيوم ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ يتفكك تلقائيا مصدرا لجسيمات α

- عرف كلا من نظائر والجسيمة α

- اكتب معادلة التفكك النووي للبلوتونيوم 239 علما أن النواة الناتجة

هي احد نظائر اليورانيوم ${}^{235}_{92}\text{U}$

2- عينة من البلوتونيوم 239 كتلتها $m_0 = 1\text{g}$ بواسطة برنامج محاكاة لنشاطها الإشعاعي تمكنا من الحصول على البيان الشكل المقابل

- من بين العلاقات التالية ما هي العلاقة التي تعبر عن كتلة الانوية المتبقية في العينة

$$m_0 = m e^{-\lambda t}, m = m_0 e^{\lambda t}, m_0 = m e^{\lambda t}$$

- اكتب عبارة البيان ثم استنتج ثابت النشاط الإشعاعي λ

- احسب النشاط الابتدائي للعينة السابقة

ثانيا - تشتغل محركات إحدى الغواصات النووية بالطاقة الناتجة عن عملية انشطار متسلسل للبلوتونيوم و ذلك بقذف نواة

البلوتونيوم 239 بنيترون ${}^1_0\text{n}$

1- عرف الانشطار المتسلسل و مثل ذلك بمخطط

2- لماذا نستعمل النيوترون في قذف الانوية الثقيلة الشظورة

3- بالا اعتماد على مخطط الطاقة الموضح في الشكل

ا- اكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل الانشطار الحادث محدد

قيمة Q

ب- ماذا تمثل الطاقة $\Delta E_1, \Delta E_2, \Delta E$

ث- اوجد طاقة الربط E_b لنواة البلوتونيوم ${}^{239}_{94}\text{Pu}$

ج- الطاقة المحررة E_{lib} من انشطار نواة واحدة من

البلوتونيوم 239 ب Mev ثم الجول

د- اذا علمت ان النقص الكتلي لنواة النيوبيوم ${}^{102}_{41}\text{Nb}$

هو $\Delta m = 0.93119 \text{ u}$

احسب الطاقة الربط لنواة اليود 135 ثم قارن استقرار نواتي

النيوبيوم 102 واليود 135

4- احسب كتلة البلوتونيوم المستهلكة خلال انتقال الغواصة

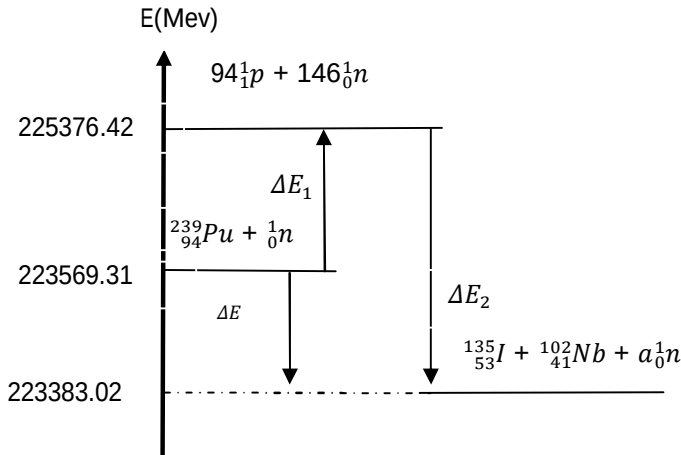
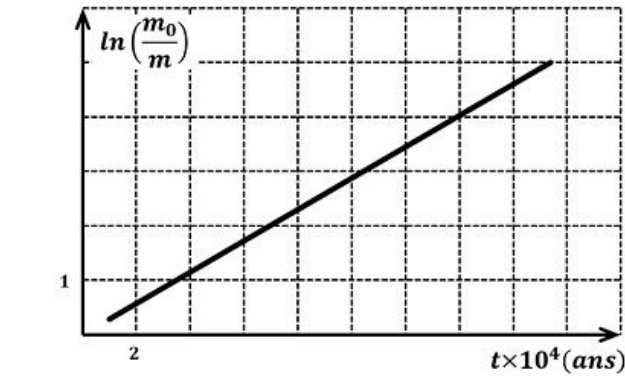
لمدة شهر كامل علما أن محركها قدم استطاعة 30Mw بمردود $\rho = 30\%$

$$1\text{Mev} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$1\text{u} = 931.5 \text{ Mev}/c^2$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23}$$

الموضوع الثاني ص1



التمرين الثاني 04 نقاط

نترك جسم كتلته $m=100g$ ينزل بدون سرعة ابتدائية من النقطة A على خيط المائل الأعظم لمستوى مائل عن المستوي الأفقي بزاوية α (الشكل 1).

ننمذج الاحتكاك على المستوى المائل بقوة f شدتها ثابتة . لما يصل الجسم الى النقطة B يصبح خاضع فقط لقوة ثقله . نعتبر $t=0s$ لحظة وجود الجسم في B

مثلنا في الشكل 2 سرعة الجسم وفق المحور Bx و سرعته وفق المحور By و ذلك بدلالة الزمن .

1- ادرس حركة الجسم بعد النقطة B في المعلم (Bx, By) ثم اكتب المعادلتين التفاضليتين للسرعة وفق المحورين .

2- جد المعادلتين الزميتين $x(t)$ و $y(t)$ للحركة وفق المحورين ثم استنتج معادلة المسار

3- باستغلال البيان

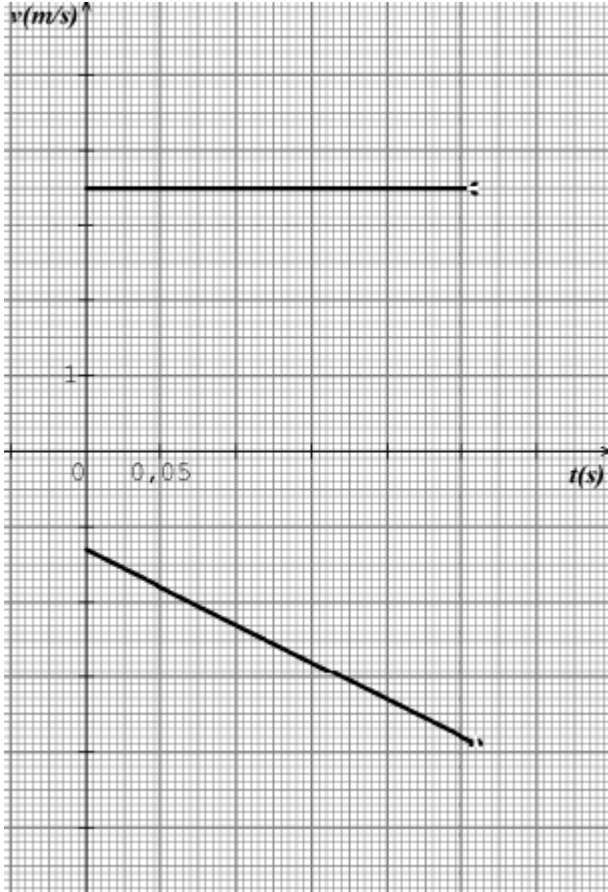
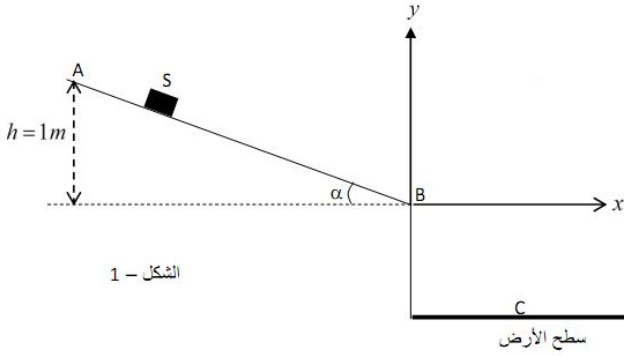
- بين ان سرعة الجسم $V_B = 3.7m/s^2$ و زاوية القذف $\alpha = 20^\circ$

- استنتج قيمة التسارع الأرضي g

4-- احسب تسارع الجسم على المستوى المائل

5- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن اوجد عبارة شدة قوة الاحتكاك f على المستوى المائل بدلالة m, g, α و a ثم احسب قيمته

6- جد إحداثيات سقوط الكرة و سرعتها عندئذ

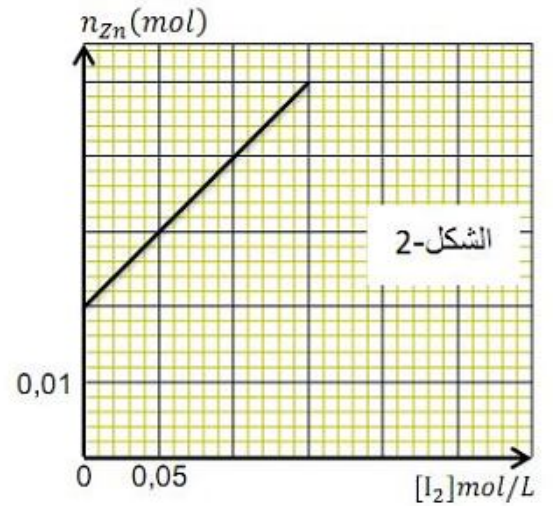
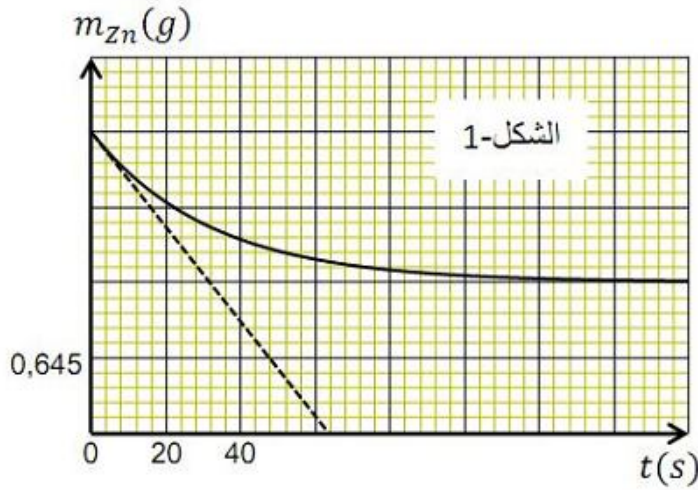


التمرين الثالث 06 نقاط

أولا الليكول lugol مادة مطهرة تباع عند الصيدليات مكونها الأساسي هو ثنائي اليود I_2 نغمر صفيحة من الزنك Zn كتلتها m_0 في كاس يحتوي على حجم V من الليكول حيث التركيز المولي لثنائي اليود C_0 التحول الكيميائي بين الليكول و الزنك بطيء و تام

- 1- كيف نتأكد تجريبيا من أن التفاعل بطيء
- 2- اكتب معادلة الأكسدة و الإرجاع الحادث ثم ضع جدولا لتقدم التفاعل . تعطى الثنائيتين I_2 / I^- و Zn^{2+} / Zn
- 3- اعتمادا على جدول التقدم بين أن $n_{Zn} = V[I_2] + \frac{m_0}{M_{Zn}} - C_0 V$
- 4- بواسطة تقنية خاصة تمكنا من رسم المنحنيين البيانيين التاليين اعتمادا على الشكلين 1 و 2
- استنتج المتفاعل المحد
- اكتب المعادلة البيانية $n_{Zn} = f(I_2)$
- حدد قيم كل من C_0 , V , x_{max}
- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$

- بين أن السرعة الحجمية التفاعل تعطى بالعلاقة $v_{vol} = - \frac{1}{V.M_{Zn}} \cdot \frac{dm_{Zn}}{dt}$
- احسب قيمة السرعة الحجمية عند اللحظة $t = 0s$



ثانيا

يتكون عمود كهربائي من صفيحتين من الزنك و الرصاص نعتبرهما بوفرة مغمورتين على الترتيب في محلول يحتوي على شوارد الزنك و محلول يحتوي على شوارد . حجم كل واحد منهما $V=500ml$ ينمذج التحول الكيميائي الذي يتحكم



في تشغيل العمود بالتفاعل التالي ثابت توازن الموافق للتفاعل $K=4.6.10^{20}$. في البداية يكون $[Zn^{2+}] = [Pb^{2+}] = 0.05mol/l$

- 1- عين اتجاه تطور الجملة الكيميائية ثم اكتب الرمز الاصطلاحي لهذا العمود
- 2- مثل بالرسم هذا العمود عندما يكون موصولا بناقل أومي $R=200 \Omega$ مبينا عليه اتجاه التيار الكهربائي و اتجاه حركة الالكترونات

3- أنشئ جدول التقدم التفاعل الحاصل أثناء اشتغال العمود

4- ما هي كمية الكهرباء التي يولدها العمود

5- احسب مدة اشتغال العمود إذا كانت قوته المحركة $E = 2V$

$$1F = 96500 C \quad M(Zn) = 56.4g/mol$$

الموضوع الثاني ص3

الجزء الثاني

تمرين تجريبي 06 نقاط

يوجد في مخبر ثانوية مكثفة مجهولة السعة . لغرض معرفة سعتها وضع أستاذ في متناول تلاميذه الوسائل التالية

- مولد للتوتر الثابت E - ناقل أومي $R=1K\Omega$ وشيعة صافية ذاتيتها L

- مكثفة سعتها C - بادلة K - أسلاك توصيل

قام التلاميذ بتركيب الدارة المبينة في الشكل 4

أولا

في لحظة $t=0s$ نضع البادلة K في الوضع 1 الدراسة التجريبية مكنت من

الحصول على البيان

1- بين على الدارة اتجاه التوترات و التيار الكهربائي المار بالدارة

2- بتطبيق قانون جمع التوترات جد المعادلة التفاضلية للتوتر الكهربائي

$u_c(t)$

3- حل المعادلة التفاضلية من الشكل $u_c(t) = A + Ee^{-bt}$ اوجد عبارتي A و B بدلالة R, C, E

4- باستعمال التحليل البعدي حدد وحدة ثابت الزمن τ ثم

عين قيمته

5- بالاستعانة بالبيان اوجد كل من C و E

ثانيا عندما تشحن المكثفة كلياً نضع البادلة في الوضع 2

1- ما هي الظاهرة التي تحدث

2- باستعمال قانون جمع التوترات جد المعادلة التفاضلية

التي يحققها التوتر الكهربائي $u_c(t)$ بين طرفي المكثفة

3- تحقق ان العبارة $u_c(t) = E \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$

تشكل حل للمعادلة التفاضلية حيث $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$

4- الدراسة التجريبية مكنتنا من الحصول على المنحنى

التوتر بين طرفي المكثفة بدلالة الزمن الشكل 6

ا- ما هو نمط الاهتزازات التي يبينها المنحنى في

الشكل 6

ب- فسر سبب الفرق بين الدراسة النظرية و الدراسة

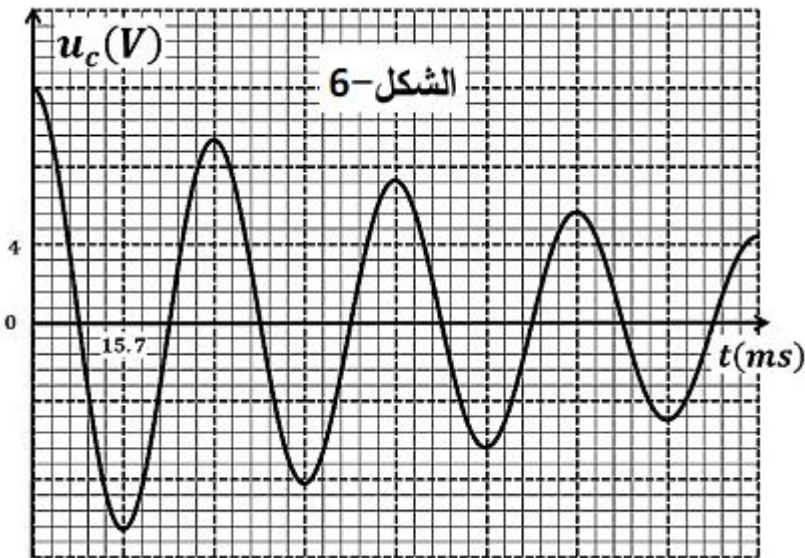
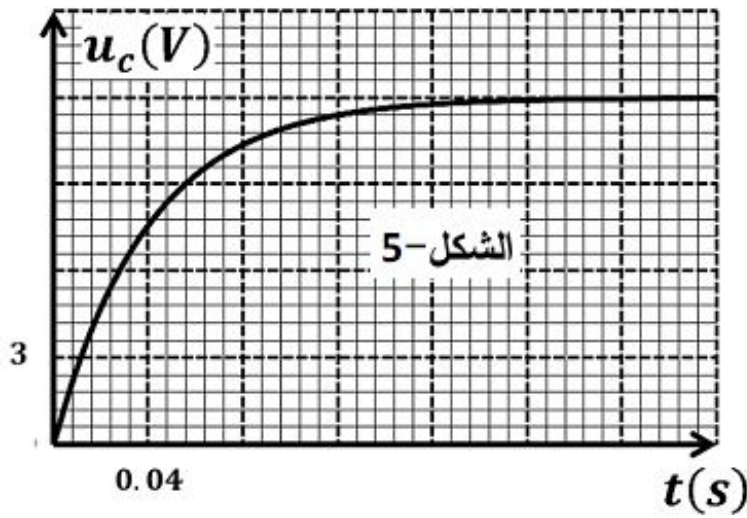
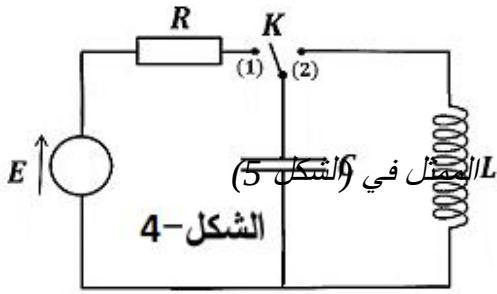
التجريبية

ج- يمكن اعتبار شبه الدور T مساويا للدور

الذاتي T_0 في هذه الحالة . استنتج ذاتية الوشيعة

د- احسب الطاقة الضائعة بفعل جول عند نهاية

الاهتزازة الثانية أي بعد زمن $t=2T$



الموضوع الثاني ص 4

بالتوفيق في شهادة البكالوريا

التمرين الأول

النظائر انوية لها نفس العدد الشحني Z و تختلف في العدد الكتلي A

الجسيمة α هي نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$

معادلة التفكك بتطبيق قوانين الانحفاظ



العلاقة الصحيحة $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$

عبارة البيان $\ln \frac{m_0}{m} = a * t$

إيجاد λ

العلاقة النظرية

$$\ln \frac{m_0}{m} = \lambda * t \text{ و بالتالي } \frac{m_0}{m} = e^{-\lambda t} \text{ ومنه } m(t) = m_0 * e^{-\lambda t}$$

بمطابقة العلاقتين النظرية و البيانية نجد $\lambda = a$

$$\lambda = \frac{4}{14.10^4} = 2.86 * 10^{-5} \text{ ans}^{-1} = 9.07 * 10^{-13} \text{ s}^{-1}$$

$$A_0 = \lambda * N_0 = \lambda * \frac{m_0}{M} * N_a = 9.07 * 10^{-13} * \frac{6.02.10^{23}}{239} = 3.79 * 10^8 \text{ Bq}$$

انشطار متسلسل هو قذف نواة بنيترون لتعطي نواتين و نيترونين أو ثلاثة التي

بدورها تقذف انوية يورانيوم أخرى و بالتالي يتسلسل التفاعل

نستعمل نيترون في القذف لأنه عديم الشحنة و بالتالي لا يحدث تأثير كهرومغناطيسي

بتطبيق قوانين الانحفاظ نجد $a=3$

ΔE_1 طاقة الربط لنواة ${}^{239}_{94}\text{Pu}$

ΔE_2 سالب طاقة الربط لنوتي ${}^{135}_{53}\text{I}$ و ${}^{102}_{41}\text{Nb}$

ΔE الطاقة المحررة من الانشطار

$$E_L({}^{239}_{94}\text{Pu}) = \Delta E_1 = 225376.42 -$$

$$223569.31 = 1807.11 \text{ Mev}$$

$$\Delta E_2 = -[E_L({}^{135}_{53}\text{I}) + E_L({}^{102}_{41}\text{Nb})] = -(223383.02 - 225376.42)$$

$$E_L({}^{135}_{53}\text{I}) + E_L({}^{102}_{41}\text{Nb}) = 1993.4 \text{ Mev}$$

$$E_L({}^{135}_{53}\text{I}) = 1993.4 - E_L({}^{102}_{41}\text{Nb}) = 1993.4 - 0.93119 * 931.5 = 1126 \text{ Mev}$$

$$E_{LIB} = \Delta E = 223383.02 - 223569.31 = 186.29 \text{ Mev} = 2.98 * 10^{-11} \text{ j}$$

النواة الأكثر استقرار

$$\frac{E_L({}^{135}_{53}\text{I})}{A} = \frac{1126}{135} = 8.34 \text{ Mev/n}$$

$$\frac{E_L({}^{102}_{41}\text{Nb})}{A} = \frac{0.93119 * 931.5}{102} = 8.50 \text{ Mev/n}$$

$$\frac{E_L({}^{135}_{53}\text{I})}{A} < \frac{E_L({}^{102}_{41}\text{Nb})}{A} \text{ لأن } {}^{102}_{41}\text{Nb} \text{ هي النواة الأكثر استقرار}$$

حساب الكتلة المستهلكة

حساب الطاقة الكهربائية

$$E_{elic} = P * t = 30 * 10^6 * 30 * 24 * 3600 = 7.78 * 10^{13} \text{ j}$$

حساب الطاقة الكلية

$$E_T = \frac{E_{elic}}{30} * 100 = 2.59 * 10^{14} \text{ j}$$

حساب عدد الانوية

$$N = \frac{E_T}{E_{lib}} = 8.69 * 10^{24} \text{ noyaux} \text{ و } E_T = N * E_{lib} \text{ منه}$$

حساب الكتلة

$$m = \frac{N * M}{N_a} = 3450 \text{ g} = 3.45 \text{ Kg}$$

التمرين الثاني

دراسة الحركة

المرجع سطحي ارضي

الجملة المدروسة جسم

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\sum F_{ext} = ma_G$

$$P=ma$$

على محور Bx $a_x(t)=0$ حركة مستقيمة منتظمة

على محور By $a_y(t)=-g$ حركة مستقيمة متغيرة بانتظام

المعادلتين الزمنيتين للسرعة

$$v_x(t)=v_0 \cos \alpha \quad \text{بالتكامل و استعمال الشروط الابتدائية} \quad \frac{dv_x}{dt} = 0 \quad \text{ومنه} \quad a_x(t)=0$$

$$v_y(t)=-gt+v_0 \sin \alpha \quad \text{بالتكامل و استعمال الشروط الابتدائية} \quad \frac{dv_y}{dt} = 0 \quad \text{ومنه} \quad a_y(t)=-g$$

المعادلتين الزمنيتين للحركة

$$x(t)=v_0 t \cos \alpha \quad (1) \quad \text{بالتكامل و استعمال الشروط الابتدائية} \quad \frac{dx}{dt} = v_0 \cos \alpha \quad \text{ومنه} \quad v_x(t)=v_0 \cos \alpha$$

$$\frac{dy}{dt} = -gt - v_0 \sin \alpha \quad \text{ومنه} \quad v_y(t)=-gt+v_0 \sin \alpha$$

$$y(t)=-1/2 g t^2 - v_0 t \sin \alpha \quad (2) \quad \text{بالتكامل و استعمال الشروط الابتدائية}$$

$$t = \frac{x(t)}{v_0 \cos \alpha} \quad 1 \quad \text{من العلاقة}$$

$$y(t) = -\frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} - x(t) \tan \alpha \quad \text{بالتعويض في 2 نجد}$$

$$\sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = \sqrt{3.5^2 + 1.3^2} = 3.7 \text{ m/s} \quad \text{قيمة السرعة}$$

$$\alpha = 20^\circ \quad \text{قيمة الزاوية} \quad \alpha \quad \tan \alpha = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{1.3}{3.5} = 0.37$$

قيمة g

البيان 2 يوافق $v_y(t)=-gt+v_0 \sin \alpha$ و منه الميل يمثل $a=-g$

$$g=10 \text{ m/s}^2 \quad \text{ومنه} \quad a = \frac{-3+1.2}{3.4 \cdot 0.05} = 10$$

حساب التسارع على المستوى المائل

$$a = 2.34 \text{ m/s}^2 \quad a = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2 h \sin \alpha} \quad \text{ومنه} \quad v_B^2 - v_A^2 = 2 a \cdot AB$$

إيجاد شدة قوة الاحتكاك على المستوى المائل

المرجع سطحي ارضي

الجملة المدروسة جسم

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن $\sum F_{ext} = ma_G$

$$P+R+f=ma \quad \text{بالإسقاط على محور } xx'$$

$$P \sin \alpha - f = ma \quad \text{و بالتالي} \quad f = m(g \sin \alpha - a)$$

$$f = 0.1 \text{ N}$$

إيجاد إحداثيات وصول الكرة للأرض

من البيان لحظة وصول الكرة للأرض $t=0.26 \text{ s}$

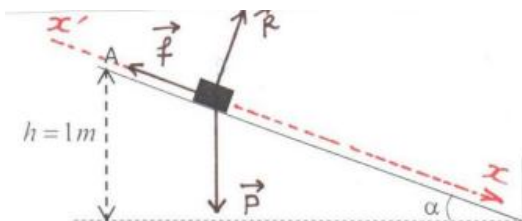
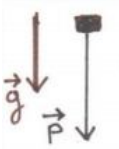
بالتعويض في المعادلتين الزمنية للحركة نجد

$$(x_c = 0.91 \text{ m}, y_c = -0.67 \text{ m})$$

السرعة عند c

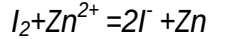
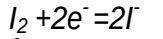
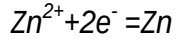
من البيان

$$V_c = \sqrt{1.3^2 + (-3.9)^2} = 4.11 \text{ m/s}$$



نتأكد أن التفاعل بطيء لتغير لون ثنائي اليود تدريجياً

معادلة الأكسدة إرجاع



الحالات	التقدم	Zn^{2+}	$+$	I_2	$+$	Zn	$=$	2I^-
ح.ل	0	C_0V		n_1		0		0
ح.و	x	C_0V-x		n_1-x		2x		x
ح.ن	x_m	C_0V-x		n_1-x		$2x_m$		x_m

إيجاد العلاقة

$$n(\text{Zn}) = \frac{m_0}{M} - x$$

$$x = C_0V - [\text{I}_2] \quad \text{و منه} \quad [\text{I}_2] = C_0V - x$$

$$n(\text{Zn}) = \frac{m_0}{M} - C_0V + V[\text{I}_2] \quad \text{و بالتالي}$$

$$n(\text{Zn}) = a [\text{I}_2] + b \quad \text{معادلة البيان}$$

$$b=0.02 \quad \text{و} \quad a=\tan\alpha=0.2 \quad \text{حيث}$$

$$n(\text{Zn}) = 0.2[\text{I}_2] + 0.02$$

بالمطابقة نجد

$$V=0.2l$$

$$x_m = \frac{m_0}{M} - \frac{m_f(\text{Zn})}{M} \quad \text{و منه} \quad \frac{m_f(\text{Zn})}{M} = \frac{m_0}{M} - x_m \quad \text{و منه} \quad n_f(\text{Zn}) = n_1 - x_m \quad \text{التقدم الاعظمي}$$

$$x_m = \frac{4 * 0.645}{64.5} - \frac{2 * 0.645}{64.5} = 0.02 \text{mol}$$

التركيز المولي C_0

$$C_0 = \left(-0.02 + \frac{m_0}{M}\right) * \frac{1}{V} \quad \text{و منه} \quad C_0V = -0.02 + \frac{m_0}{M} \quad \text{و بالتالي} \quad \frac{m_0}{M} - C_0V = 0.02$$

$$C_0=0.1 \text{mol/l}$$

زمن نصف التفاعل

$$t_{1/2} = 20s \quad m_f(t_{1/2}) = \frac{m_f + m_0}{2} = 1.935g$$

عبارة السرعة الحجمية للتفاعل

$$v_v = \frac{1}{V_s} \frac{dx}{dt}$$

$$x = \frac{m_0}{M} - \frac{m(\text{Zn})}{M} \quad \text{و منه} \quad n(\text{Zn}) = \frac{m_0}{M} - x$$

$$v_v = -\frac{1}{V_s M} \frac{d}{dt} m(\text{Zn}) \quad \text{و منه} \quad v_v = -\frac{1}{V_s} \frac{d}{dt} \frac{m(\text{Zn})}{M} \quad \text{بالتعويض}$$

حساب السرعة الحجمية عند $t=0s$

$$v_v = -\frac{1}{0.2 * 64.5} \frac{-4 * 0.645}{3.2 * 20} = 0.312 \text{mol/l.s}$$

تعيين جهة تطور الجملة الكيميائية

$$Q_{ri} = \frac{[\text{Zn}^{2+}]_i}{[\text{Pb}^{2+}]_i} = \frac{0.05}{0.05} = 1 < K \quad \text{و منه الجملة تتطور في الاتجاه المباشر}$$

الحالات	التقدم	Zn^{2+}	$+$	Pb	$+$	Pb^{2+}	$=$	Zn
ح.ل	0	n_1		CV		CV		n_2
ح.و	x	n_1-x		$CV-x$		$CV+x$		n_2+x
ح.ن	x_m	n_1-x		$CV-x$		$CV+2x_m$		x_m

كمية الكهرباء

$$Q = Z \cdot X_m \cdot F$$

$$Q = 2 * 2.5 * 10^{-3} * 96500 = 482.5 \text{c} \quad \text{و منه} \quad X_m = CV = 0.05 * 0.05 = 2.5 * 10^{-3} \text{mol}$$

مدة الاشتغال

$$Q = I * \Delta t$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{2}{200} = 0.01A$$

$$\Delta t = \frac{Q}{I} = \frac{482.5}{0.01} = 48250s = 13.7h$$

التمرين الرابع

$$E = u_c(t) + u_R(t)$$

$$E = u_c(t) + Ri(t)$$

$$E = u_c(t) + R \frac{dq(t)}{dt}$$

$$E = u_c(t) + R \frac{dCu_c(t)}{dt}$$

$$E = u_c(t) + RC \frac{du_c(t)}{dt}$$

$$\frac{E}{RC} = \frac{u_c(t)}{RC} + \frac{du_c(t)}{dt}$$

إيجاد عبارة **A** و **b**

نعوض $u_c(t) = A + E \cdot e^{-bt}$ في المعادلة التفاضلية

$$\frac{E}{RC} = \frac{A + Ee^{-bt}}{RC} + \frac{d}{dt}(A + Ee^{-bt})$$

$$\frac{E}{RC} = \frac{A}{RC} + \frac{Ee^{-bt}}{RC} - bEe^{-bt}$$

$$\frac{E}{RC} + bEe^{-bt} = \frac{A}{RC} + \frac{Ee^{-bt}}{RC}$$

بالمطابقة نجد $A=E$ و $b = \frac{1}{RC}$

التحليل البعدي

$$[T] = [R][C]$$

$$[T] = \frac{[U]}{I} \frac{[Q]}{U} = \frac{[I] \cdot [T]}{I} = [T]$$

إيجاد **E** و **C** من البيان $u_c(max)=E=12V$

$$\tau=0.04s \text{ الأزمنة } U_c(\tau)=12*0.63=7.56V$$

$$C = \frac{\tau}{R} = 4*10^{-5}F$$

الظاهرة الحادثة هي اهتزازات كهربائية

$$0 = u_c(t) + u_b(t)$$

$$0 = u_c(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

$$0 = u_c(t) + L \frac{d^2q(t)}{dt^2}$$

$$0 = u_c(t) + L \frac{d^2Cu_c(t)}{dt^2}$$

$$0 = u_c(t) + LC \frac{d^2u_c(t)}{dt^2}$$

$$0 = \frac{u_c(t)}{LC} + \frac{d^2u_c(t)}{dt^2}$$

تبيان ان $u_c(t) = E \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$ حل للمعادلة التفاضلية

$$u_c(t) = E \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) = E \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi\right)$$

$$0 = \frac{E \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi\right)}{LC} + \frac{d^2 E \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi\right)}{dt^2}$$

$0=0$ و هو المطلوب

نمط الاهتزازات حرة متخامدة شبه دورية

نفسر ذلك لوجود مقومة يصرف فيها جزء من الطاقة

إيجاد الذاتية من البيان $T = 31.4*10^{-3}s$

$$L = \frac{T_0^2}{4\pi^2 C} = 0.6H \text{ ومنه } T=T_0=2\pi*\sqrt{LC}$$

حساب الطاقة الضائعة

$$E = E_c(max) - E_c(2T_0) = \frac{1}{2} c E^2 - \frac{1}{2} c u_c^2(2T_0) = \frac{1}{2} 4 * 10^{-5} 12^2 - \frac{1}{2} 4 * 10^{-5} 7.2^2 = 1.84 * 10^{-3} j$$