**مادة : الفيزياء والكيمياء**

**شعبة العلوم الرياضية**

**الكيمياء : الجزء الأول والثاني مستقلين**

**الجزء الأول : من التحول الكيميائي غير الكلي إلى التحول الكلي :**

**1 ـــ التتبع الزمني لتحول كيميائي :**

**1 − 1 ـــ تعريف زمن نصف التفاعل : هو المدة الزمنية $t_{1/2}$ اللازمة لبلوغ قيمة التقدم نصف قيمته النهائية $x_f$ .**

**حسب المبيان : $x_f = 0,08mol$ ، عند $t_{1/2}$ لدينا $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2} = 0,04mol$ و حسب المبيان فإن** $t_{1/2} = 15min$

**2 − 1 ـــ حساب قيمة السرعة الحجمية $v(0)$ :**

**نعلم أن تعبير السرعة الحجمية للتفاعل هو : $v(t) = \dfrac{1}{V}.\dfrac{dx}{dt}$ بحيث أن $x$ تقدم التفاعل و $V$ الحجم الكلي للخليط التفاعلي $V = V_A + V_B$**

**لدينا $V_A = 11ml$ و $V_B$ يجب تحديدها .**

$$\rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{n(B).M(B)}{V_B}$$

$$V_B = \frac{n(B).M(B)}{\rho_B} = 13ml$$

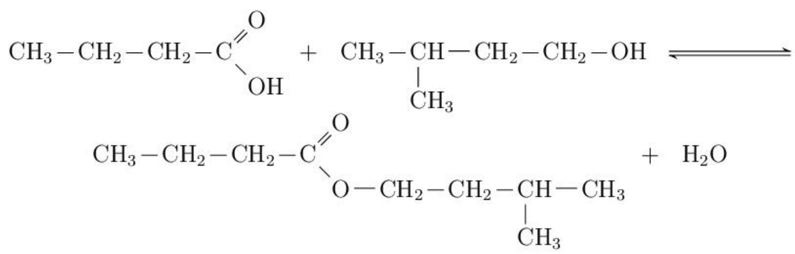
$$V = 13ml + 11ml = 24ml$$

**وبالتالي فإن الرعة الحجمية عند اللحظة $t = 0$ هي :**

$$v(0) = \frac{1}{V}\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)_{t=0} = \frac{1}{24.10^{-3}}.\frac{(0.08-0)}{(25-0)} = 1,33.10^{-1}mol/l.min$$

**2 ـــ مردود التفاعل**

**1 − 2 ـــ معادلة تصنيع المركب $E$**



**اسم المركب $E$ : بوثانوات 3 ـــ مثيل البوثيل**

**2 − 2 ـــ حساب كمية المادة البدئية للحمض $(A)$ :**

$$\rho(A) = \frac{n(A).M(A)}{V(A)}$$

$$n(A) = \frac{V(A).\rho(A)}{M(A)}$$
$$n(A) = 0,12mol$$

3 − 2 حساب قيمة ثابتة التوازن $K$ :

| المعادلة الكيميائية | $A$ | $B$ | $\leftrightarrows$ | $E$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $t_i = 0$ | $n_A$ | $n_B$ | | $0$ | $0$ |
| $t_f$ | $n_A - x_f$ | $n_B - x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ |

من خلال الجدول الوصفي لدينا :

$$K = \frac{[E]_f.[H_2O]_f}{[A]_f.[B]_f}$$

$$K = \left(\frac{\frac{x_f}{V}}{\frac{n_A - x_f}{V}}\right)^2 = \left(\frac{x_f}{n_A - x_f}\right)^2$$

حسب المبيان لدينا : $x_f = 0,08mol$

$$K = \left(\frac{0,08}{0,12 - 0,08}\right)^2 = 4$$

4 − 2 ـــ أ ـــ حساب التقدم النهائي للتفاعل الحاصل عندما نغير كمية المادة البدئية لأحد المتفاعلات :
ثابتة التوازن تبقى ثابتة خلال التحول الجديد لكن الحالة النهائية للتحول تتغير وبالتالي :

$$K = \frac{\frac{(x'_f)^2}{V^2}}{\frac{(n_A - x'_f)(n_B - x'_f)}{V^2}}$$

$$K = \frac{(x'_f)^2}{(n_A - x'_f)(n_B - x'_f)}$$

بتطبيق عددي نحصل على معادلة من الدرجة الثانية :

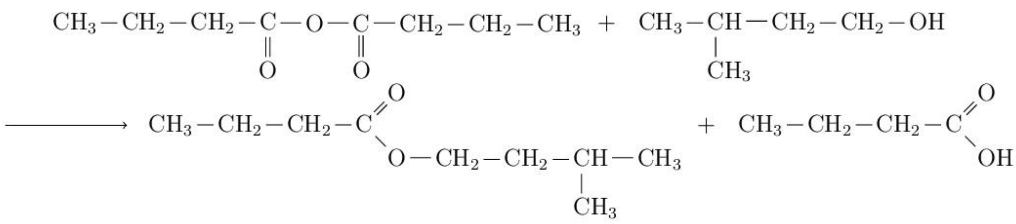
$$3(x'_f)^2 - 1,44x'_f + 0,1152 = 0$$

$$x'_{f1} = 0,38mol, \quad x'_{f2} = 0,1mol$$

الحل المقبول من خلال كمية المادة البدئية للمتفاعلات هو $x'_f = 0,1mol$
ب ـــ مردود التفاعل :

$$r = \frac{n_{exp}}{n_{th}} = \frac{x_f}{x_{max}}$$
$$r = 0,83$$

3 ـــ التحكم في تطور المجموعة الكيميائية
1 − 3 ـــ معادلة التفاعل الحاصل في هذه الحالة :



$3-2$ ـــ حساب الكتلة $m(E)$

حساب كمية المادة البدئية لكل من أندريد البوثانويك و الكحول $B$ :

بالنسبة للكحول $B$ ، لدينا :

$$n(B)=\frac{V_B.\rho_B}{M(B)}=0,12mol$$

بالنسبة لأندريد البوثانويك لدينا :

$$n(AN)=\frac{V_{AN}.\rho_{AN}}{M(AN)}=0,086mol$$

وبما أن التفاعل كلي فإن المتفاعل المحد هو أندريد البوثانويك : $x_{max}=0,086mol$ وبالتالي فإن الكتلة $m(E)=M(E).n(E)$ بحيث أن $n(E)=x_{max}=0,086mol$ ومنه فإن $m(E)=158.0,086=13,6g$

الجزء الثاني : من التحولات التلقائية إلى التحولات القسرية

$1$ ـــ التحول التلقائي :

$1-1$ ـــ تعيين الإلكترود الذي يلعب دور الكاتود :

نعلم أن الكاتود يحدث بجواره اختزال وهو القطب الموجب للعمود وحسب التبيانة الاصطلاحية فإن القطب الموجب هة إلكترود النحاس .

$2-1$ ـــ حساب كمية الكهرباء $Q$ الممررة في الدارة عندما يصبح تركيز أيونات النحاس $II$ في الكأس $1$ هو $[Cu^{2+}]=2,5.10^{-3}mol$ :

نعلم أن كمية الكهرباء الممررة في الدارة هي : $Q=n(e^-).\mathscr{F}$ بحيث أن كمية مادة الإلكترونات المتبادلة عند $t$ هي $n(e)=2x$

من جهة أخرى لدينا :

$$[Cu^{2+}]_t=[Cu^{2+}]_i.V-x$$

$$x=V\left([Cu^{2+}]_i-[Cu^{2+}]_t\right)$$

وبما أن $Q=2x.\mathscr{F}$ فإن :

$$Q=2.V\left([Cu^{2+}]_i-[Cu^{2+}]_t\right).\mathscr{F}$$

$$Q=217,13C$$

$2$ ـــ التحول القسري .

$1-2$ ـــ تعيين الإلكترود الذي يلعب دور الكاتود :

في هذه الحالة يصبح العمود مستقبل أي أن الإلكترود الذي يلعب دور الكاتود هة الذي سيحدث بجواره اختزال أي الإلكترود الذي سيكتسب الإلكترونات وحسب التبيانة ( عند وضع قاطع التيار في الموضع $2$ ) هو صفيحة الزنك .

$2-2$ ـــ المعادلة الكيميائية للتفاعل الذي سيحصل : أنصاف المعادلتين اللتين تحدثان بجوار كل من الأنود (صفيحة النحاس )والكاتود ( صفيحة الزنك )

$$Cu(s)\leftrightharpoons Cu^{2+}(aq)+2e^-$$

$$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \leftrightharpoons Zn(s)$$

إذن المعادلة الحصيلة هي :

$$Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \leftrightharpoons Cu^{2+}(aq) + Zn(s)$$

3 – 2 ـــ حساب المدة الزمنية $\Delta t$ :
عند اللحظة $t = 0$ لدينا $[Zn^{2+}]_0 = [Zn^{2+}]_i + x$ بحيث أن $x$ التقدم النهائي عند وضع قاطع التيار في الموضع 2
أي أنه عند اللحظة $t$ تكون كمية مادة أيونات $Zn^{2+}$ $x = V\left([Cu^{2+}]_i - [Cu^{2+}]\right) = 1,125.10^{-3}mol$ المتبقية هي :

$$[Zn^{2+}]_t.V = [Zn^{2+}]_0.V - x'$$

بحيث أن $x'$ هو تقدم التفاعل عند عندما يصبح تركيز أيونات $Zn^{2+}$ هو $5.10^{-3}mol/l$ إذن :

$$x' = [Zn^{2+}]_0.V - [Zn^{2+}]_t.V = 1,875.10^{-3}mol$$

من جهة أخرى فإن :

$$I.\Delta t = n(e).\mathscr{F}$$

ولدينا

$$n(e) = 2x'$$

أي أن :

$$I.\Delta t = 2x'.\mathscr{F}$$

$$\Delta t = \frac{2.x'}{I}\mathscr{F}$$

$$\Delta t = 24,125.10^3 s = 6h42min5s$$

## الفيزيــــــــــــــــــــــــــاء

التمرين 1 : من تبدد الضوء إلى الحيود
1 ـــ تبدد الضوء
1 – 1 ـــ تعبير طول الموجة $\lambda_R$ في الزجاج
بما أن التردد لا يتعلق بوسط الانتشار فإن تردد الإشعاع الأحمر في الزجاج هو نفسه في الهواء :

$$N = \frac{c}{\lambda_{0R}} = \frac{v}{\lambda_R}$$

$$\frac{c}{v} = \frac{\lambda_{0R}}{\lambda_R}$$

$$n_R = \frac{\lambda_{0R}}{\lambda_R}$$

$$\lambda_R = \frac{\lambda_{0R}}{n_R}$$

1 – 2 ـــ حساب القيمتين $A$ و $B$
لدينا بالنسبة للإشعاع الأحمر : $n_R = A + \dfrac{B}{\lambda_{0R}}$

بالنسبة للإشعاع البنفسجي لدينا : $n_v = A + \frac{B}{\lambda_{0v}}$
أي أن :

$$n_v - n_R = B\left(\frac{1}{\lambda_{0v}^2} - \frac{1}{\lambda_{0R}^2}\right)$$

$$B = \frac{n_v - n_R}{\frac{1}{\lambda_{0v}^2} - \frac{1}{\lambda_{0R}^2}}$$

$$B = 2,77.10^{-15} m^2$$

و
$A = n_R - \frac{B}{\lambda_{0R}^2} = 1,50$

2 ـــ حيود الضوء

1 − 2 ـــ تعبير $d$ بدلالة $\lambda$ و $D$ و $a$

لدينا : $tan\theta = \frac{d}{2D}$ وبما أن $\theta$ صغيرة جدا فإن $tan\theta \simeq \theta$

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2D}$$

$$d = \frac{2D.\lambda}{a}$$

2 − 2 ـــ تحديد قيمة $\lambda$
باستغلال مبيان الشكل 3 لدينا :

$$d = K\frac{1}{a}$$

$K$ المعامل الموجه للمستقيم

$$K = \frac{6.10^{-3} - 0}{3.10^{3} - 0} = 2.10^{-6} SI$$

وحسب العلاقة :

$$d = \frac{2D.\lambda}{a}$$

$$\lambda = \frac{K}{2D} = 0,667.10^{-6} m$$

التمرين 2
1 ـــ شحن مكثف بواسطة لوحة شمسية وتفريغه
1 − 1 ـــ لنقرن كل جزء من المبيان المحصل عليه بموضع قاطع لبتيار $K$ الموافق له :
($a$) ـــ يمثل شحن المكثف $u_c = K.t$ يوافق الموضع (2)
($b$) ـــ يمثل النظام الدائم عند شحن المكثف $u_c = U_{max}$ يوافق الموضع (0) أو الموضع (2)
($c$) ـــ تفريغ المكثف في الموصل ألأومي يوافق الموضع (1)
تحديد قيمة $I_0$ عند شحن المكثف :
لدينا خلال المدة الزمنية $\Delta t$ ان $I_0 = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ بحيث أن $\Delta Q = C.\Delta u_C$ وبالتالي فإن :

$$I_0 = \frac{C.\Delta u_C}{\Delta t}$$

$$I_0 = \frac{0,1.(2,25 - 0}{1,5 - 0} = 0,15A$$

$2-1$ ـــ المعادلة التفاضلية اتي تحققها الشحنة $q(t)$

أ ـــ أثناء الشحن :

$$I_0 = \frac{dq}{dt}$$

ب ـــ أثناء التفريغ :

حسب قانون إضافية التوترات :

$$u_C + Ri = 0$$

$$R.\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

$$\boxed{\frac{dq}{dt} + \frac{1}{RC}q = 0}$$

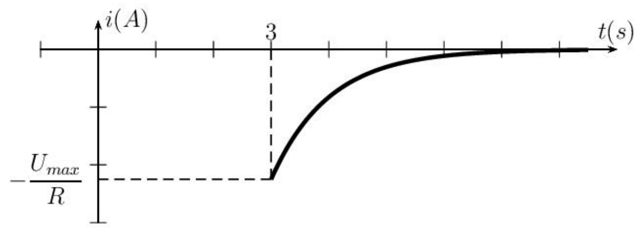
$3-1$ ـــ استنتاج تعبير شدة التيار $i(t)$ :

لدينا $u_c(t) = U_{max}e^{-(t-3)/\tau}$ وبما أن $i(t) = C.\frac{du_c}{dt}$ فإن :

$$i(t) = -\frac{-CU_{max}}{\tau}e^{-(t-3)/\tau}$$

$$\boxed{i(t) = \frac{-U_{max}}{R}e^{-(t-3)/\tau}}$$

وبالتالي فإن شكل المنحنى المحصل عليه هو :




2 ـــ شحن مكثف بواسطة رتبة توتر صاعدة

$2-1$ ـــ إثبات المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_c$ أثناء شحن المكثف :

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$$U_0 = R_0 i + u_c$$

$$U_0 = R_0 C\frac{du_c}{dt} + u_c$$

$$\boxed{\frac{du_c}{dt} + \frac{1}{R_0 C}u_c = \frac{U_0}{R_0 C}}$$

$2-2$ ـــ تحديد قيمة كل من الثابتتين $A$ و $B$ باعتبار أن $u_c = Ae^{-t/\tau} + B$

اعتمادا على منحنى الشكل 4 لدينا :

ـــ عند $t = 0$ لدينا $u_c = 0$ أي أن $A + B = 0$ ومنه فإن $A = -B$

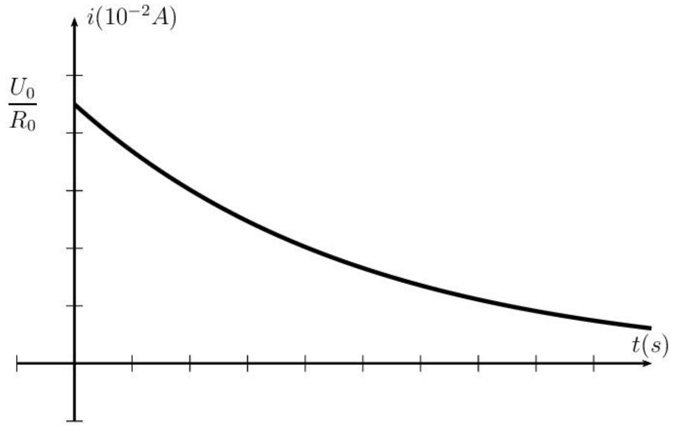
ـــ في النظام الدائم لدينا $u_c(\infty) = 2,25V$ وحسب المعادلة فإن $u_c(\infty) = B$ أي أن $B = 2,25V$ و $A = -2,25V$

$3-2$ ـــ تعبير شدة التيار $i(t)$

$$i(t) = C.\frac{u_C}{dt} = \frac{CU_0}{\tau}.e^{(-t/\tau)}$$

$$\boxed{i(t) = \frac{U_0}{R_0}.e^{-t/\tau}}$$

$$i(t) = 4,5.10^{-2}e^{-t/5}$$




$4-2$ ـــ حساب قيمة المقاومة $R_0$ لكي يشحن أحمد مكثفه كليا خلال نفس المدة التي استغرقها الشحن الكلي لمكثف مريم :
المدة الزمنية اللازمةلكي يشحن مكثف مريم كليا هي : $1,5s$ ولكي يشحن أحمد مكثفه كليا خلال نفس هذه المدة الزمنية :

$$5\tau' = 1,5 \Leftrightarrow 5R_0C = 1,5$$

$$R_0 = \frac{1,5}{5.0,1} = 3\Omega$$

$3$ ـــ الذبذبات في دارة $RLC$

$1-3$ ـــ أ ـــ المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_c$ بين مربطي المكثف :
حسب قانون إضافية التوترات :

$$u_C + u_L = 0$$

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

$$\boxed{u_C + LC\frac{d^2u_c}{dt^2} = 0}$$

ب ـــ تعبير $T_0$ :
بما أن $u_c = U_0cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi\right)$ حلا للمعادلة التفاضلية بشرط أن تكون

$$\frac{4\pi^2}{T_0^2} = \frac{1}{LC}$$

$$\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{LC}}$$

لنحدد قيمة معامل التحريض $L$
حسب مبيان الشكل 6 لدينا $T_0 = 1s$ وبالتالي فإن

$$L = \frac{T_0^2}{4\pi^2.C}$$

$$\boxed{L = 0,25H}$$

ج ــ حساب الشدة القصوى $I_{max}$
حسب انحفاظ الطاقة الكلية في الدارة فإن

$$\frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}LI_{max}^2$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{L}}U_0$$

$$\boxed{I_{max} = 1,42A}$$

3 – 2 ــ تعبير $\frac{dE_T}{dt}$
لدينا حسب تعريف الطاقة الكلية للدارة :

$$E_T = E_C + E_L$$

$$E_T = \frac{1}{2}Cu_c^2 + \frac{1}{2}Li(t)^2$$

$$\frac{dE_T}{dt} = Cu_c\frac{du_C}{dt} + Li\frac{di}{dt}$$

$$\frac{dE_T}{dt} = Cu_c\frac{du_c}{dt} + LC\frac{d^2u_c}{dt^2}$$

من خلال المعادلة التفاضلية لدينا :

$$LC\frac{d^2u_c}{dt^2} + R_2C\frac{du_c}{dt} + u_c = 0$$

$$LC\frac{d^2u_c}{dt^2} + u_c = -R_2C\frac{du_c}{dt}$$

أي أن

$$\frac{dE_T}{dt} = -R_2\left(C.\frac{du_c}{dt}\right)^2$$

$$\boxed{\frac{dE_T}{dt} = -R_2.i^2}$$

التمرين 3
الجزء الأول : من السقوط الحر إلى السقوط بالاحتكاك
1 ــ دراسة حركة الكرية $(a)$ في الهواء
1 – 1 ــ المعادلة التفاضلية التي تحققها سرعة مركز قصور الكرية :
نطبق القانون الثاني لنيوتن على الكرية في مرجع مرتبط بسطح الأرض والذي نعتبره غاليليا

، حسب هذاالقانون : $\sum \vec{F} = m.\vec{a_G}$
تخضع الكرة إلى وزنها فقط أي أن

$$\vec{P} = m.\vec{a_G}$$

$$\vec{a_g} = \vec{g}$$

الإسقاط على المحور $Oy$ الموجه نحو الأسفل نحصل على :

$$a_y = g$$

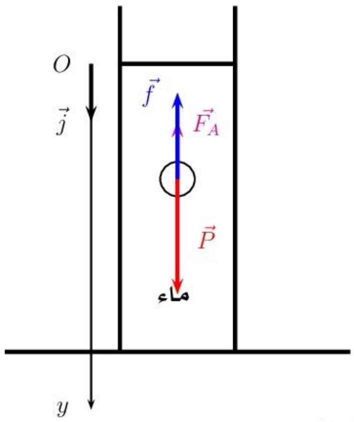
$$\boxed{\frac{dv_y}{dt} = g}$$

$2 - 1$ ـــ حساب قيمة الارتفاع $h$
حسب السؤال السابق أن : $v_y = gt + v_{0y}$ وحسب الشروط البدئية لدينا $v_{0y} = 0$ أي أن $v_y = gt$
ومنه فإن $y = \frac{1}{2}gt^2 + y_0$ بحيث أن $y_0 = 0$ ومنه فإن $y = \frac{1}{2}gt^2$ عند وصول الكرة إلى سطح الأرض
تكون قد قطعت المسافة $h$ خلال المدة الزمنية $t_a = 0,41s$ أي أن :

$$\boxed{h = \frac{1}{2}gt_a^2 = 0,82m}$$

2 ـــ دراسة حركة الكرية $(b)$ في الماء :
$1 - 2$ ـــ المعادلة التفاضلية التي تحققها السرعة $v$ خلال السقوط :
نطبق القانون الثاني لنيوتن في مرجع مرتبط بسطح الأرض والذي نعتبره غاليليا .
تخضع الكرة $b$ خلال سقوطها في الماء إلى القوى التالية :
$\vec{P}$ وزن الكرة ، و $\vec{F_A}$ دافعة أرخميدس و $\vec{f}$ قوة الاحتكاك المائع
حسب القانون الثاني لنيوتن فإن :

$$\vec{P} + \vec{F_A} + \vec{f} = \vec{0}$$




الإسقاط على $Oy$ نحصل على :

$$mg - \rho.g.V - K.v^2 = ma_y$$

$$\frac{dv}{dt} = g\left(1 - \frac{\rho}{m.V}\right) - \frac{K}{m}.v^2$$

$$\boxed{\frac{dv}{dt}+\frac{K}{m}.v^2=g\left(1-\frac{\rho}{m.V}\right)}$$

2 − 2 ـــ تحديد قيمة الثابتة $K$

في النظام الدائم لدينا : $\frac{dv}{dt}=0$ أي أن $v=v_l$

$$\frac{K}{m}.v_l^2=g\left(1-\frac{\rho}{m.V}\right)$$

$$K=\frac{(mg-\rho.g.V}{v_l^2}$$

وحسب المبيان لدينا : $v_l=0,85m$

$$\boxed{K=4,65.10^{-2}kg/m}$$

3 − 2 ـــ حساب القيمة النظرية $a_{th}$ عند اللحظة $t=0$

عند اللحظة $t=0$ لدينا $\frac{dv}{dt}_{t=0}=a_{th}$ بحيث أن $v=0$ أي أن

$$a_{th}=g\left(1-\frac{\rho.V}{m}\right)=5,60m/s^2$$

من جهة أخرى فإن القيمة التجريبية للتسارع عند اللحظة $t=0$ هي من خلال المبيان :

$$a_{exp}=\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a_{exp}=\frac{v_l}{\tau}=\frac{0,85}{0,15}=5,66m/s^2$$

مما يبين أن القيمة التجريبية للتسارع جد قريبة من القيمة النظرية للتسارع أي أن :

$$a_{th}\simeq a_{exp}$$

3 ـــ الفرق بين مدتي السقوط

1 − 3 ـــ التعبير عن المدة الزمنية $\Delta t$ الفاصلة بين لحظتي وصول الكريتين إلى سطح الأرض في التجربة الثانية :

بالنسبة للكرة $a$ تصل إلى سطح الأرض بعد قطعها المسافة $2h$ خلال مدة زمنية $t'_a=t_a\sqrt{2}$

المدة الزمنية والمسافة للنظام الانتقالي للكرتين في التجربة الأولى أو الثانية هي نفسها فهي لا تتعلق بالارتفاع .

في التجربة الأولي ، المسافة المقطوعة خلال النظام الدائم هي $d_1=0,5.v_l$ بحيث أن $0,5s$ هي مدة النظام الدائم في الحالة الأولى أي أن المسافة المقطوعة في النظام الانتقالي هي $h-0,5.v_l$وبما أن المسافة المقطوعة من طرف الكرة $a$ في النظام الانتقالي في التجربة الأولى هي نفس المسافة المقطوعة من طرف الكرة $b$ في التجربة الثانية ،إذن المسافة المقطوعة من طرف الكرة $b$ في التجربة الثانية في النظام الدائم هي :

$$d_2=2h-(h-0,5.v_l)=h+0,5.v_l$$

إذن المدة الزمنية المستغرقة من طرف الكرة $b$ هي :

$$t'_b=0,6+\frac{h+0,5.v_l}{v_l}$$

$$t'_b = t_b + \frac{h}{v_l}$$

علما أن $t_b = 0,5 + 0,6$ ومنه فإن المدة $\Delta t$ الفاصلة بين لحظتي وصول الكرتين هي :

$$\boxed{\Delta t = t_b + \frac{h}{v_l} - t_a\sqrt{2}}$$

$$\Delta t = 1,48s$$

**الجزء الثاني : من المدار الدائري المنخفض إلى المدار الدائري المرتفع**

1 ـــ تحديد بعد الثابتة $G$

لدينا تعبير شدة قوة التجاذب الكوني :

$$F = G.\frac{m_1.m_2}{d^2}$$

$$G = \frac{F.d^2}{m_1.m_2}$$

$$[G] = \frac{[N].[L]^2}{[M]^2}$$

نعلم أن بعد النيوتن هو : $[N] = [M].[L]/[T]^2$

أي أن :

$$\boxed{[G] = \frac{[L]^3}{[M].[T^2]}}$$

2 ـــ تعبير $T_1$

حسب القانون الثالث لكيبلر لدينا : $\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{4\pi^2}{M_T}$ و $\frac{T_2^2}{r_2^3} = \frac{4\pi^2}{M_T}$

أي أن :

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3} =$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{r_1^3}{r_2^3}}$$

$$\boxed{T_1 = T_2\sqrt{\frac{r_1^3}{r_2^3}}}$$

حساب قيمة $T_1$ بالساعة :

$$T_1 = 1,52h$$

3 ـــ تعبير متجهة التسارع $\vec{a_S}$ للقمر $S$

حسب القانةن الثاني لنيوتن لدينا :

$$\vec{F_{T/S}} = -G\frac{m_S.M_T}{OE^2}\vec{u} = m_S.\vec{a_S}$$

$$\boxed{\vec{a_s} = -G\frac{M_T}{OE^2}\vec{u}}$$

**حساب قيمة $a_S$ عند النقطة $E$**
**لدينا حسب الشكل أن $2a = r_1 + r_2$ أي أن**

$$a = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

**من جهة أخرى ، في النقطة $E$ لدينا :**

$$OE + O'E = 2a$$

**وبما أن $OE = O'E$ فإن $2a = 2OE$ أي أن** $OE = a = \dfrac{r_1 + r_2}{2}$

$$\boxed{a_s = G\frac{M_T}{OE^2} = 0,67 m/s^2}$$

**إنتـــــــــــــــهى التـــــــــــــــصحيح**
**ذ . علال محداد**