

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
الدورة العادية 2010
تصحيح الموضوع
الفيزياء والكيمياء
شعبة العلوم الرياضية أ و ب

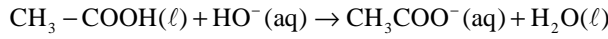
التصحيح من طرف الأستاذ علال محداد
الكيمياء :

جزء الأول : دراسة حلمأة إستر
I – المجموعة المميزة :

- 1 – المجموعة المميزة المشتركة بين (A) و (B) : **مجموعة إستر**
- 2 – الصيغة نصف المنشورة للحمض : CH_3COOH
- الصيغة نصف المنشورة للكحول : $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{OH}$

II – دراسة حلمأة المركب A :

- 1 – تفاعل المعايرة :
- 1 – 1 معادلة تفاعل المعايرة :



- 1 – 2 تعبير ثابتة التوازن K :
- لدينا

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{eq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{eq}} \cdot [\text{HO}^-]_{\text{eq}}} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{eq}} \cdot [\text{HO}^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}$$

نعلم أن

$$K_A = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{eq}}}$$

و كذلك

$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]_e \cdot [\text{HO}^-]_e$$

أي أن

$$\boxed{K = \frac{K_A}{K_e}}$$

حساب K :

$$K = \frac{1,80 \times 10^{-5}}{10^{-14}} = 1,80 \times 10^9$$

- 1 – 3 تعبير كمية المادة n للحمض الموجود في الكأس i عند اللحظة t

معادلة التفاعل	$\text{CH}_3 - \text{COOH}(\ell) + \text{HO}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$			
t = 0	n	$C_B V_{BE}$	0	وفير
t _f	n - x _{Eq}	$C_B V_{BE} - x_{Eq}$	x _{Eq}	وفير

عند التكافؤ لدينا :

$$\begin{cases} n_i - x_{Eq} = 0 \\ C_B V_{BE} - x_{Eq} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{Eq} = n_i \\ x_{Eq} = C_B V_{BE} \end{cases}$$

$$n_i = C_B V_{BE}$$

n_i كمية مادة الحمض الموجودة في الكأس i

نستنتج كمية المادة الكلية للحمض المتكون الموجودة في الحوجة عند اللحظة t : $n_T = 10n_i = 10C_B V_{BE}$ أي أن $n_T = 10C_B V_{BE}$

2 – تفاعل الحلمأة

2 – 1 مميزات تفاعل الحلمأة : تفاعل محدود و بطيء

$$n(A)_i = \frac{m(A)}{M(A)} = \frac{\rho(A) \times V}{2 \times M(A)} = 0,1 \text{ mol}$$

كمية المادة البدئية للماء الموجودة في الحوجلة :

$$n(H_2O)_i = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{\rho(H_2O) \times V}{2 \times M(H_2O)} = 1,94 \text{ mol}$$

2 - 3 لنستنتج قيمة نسبة التقدم النهائي عند التوازن :

الجدول الوصفي لتفاعل الحلمأة :

معادلة التفاعل	ester + eau → acide + alcool			
t = 0	0,1 mol	1,94 mol	0	0
t _f	0,1 - x	1,94 - x	x	x
t _{eq}	0,1 - x _{eq}	1,94 - x _{eq}	x _{eq}	x _{eq}
t _{max}	0,1 - x _{max}	1,94 - x _{max}	x _{max}	x _{max}

حسب الجدول الوصفي فإن المتفاعل المحد هو الإستر أي أن $x_{\text{max}} = 0,1 \text{ mol}$

ومن خلال التجربة واعتمادا على المنحنى $x_{\text{eq}} = 0,084 \text{ mol}$

أي أن

$$\tau = \frac{x_{\text{eq}}}{x_{\text{max}}} = 0,84$$

2 - 4 قيمة السرعة الحجمية للتفاعل عند اللحظة t = 0 :

نعرف السرعة الحجمية للتفاعل بالعلقة التالية :

$$v(t) = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$$

وحسب الجدول الوصفي فإنه في اللحظة t :

$$x = n_T$$

أي أن

$$v(t) = \frac{1}{V} \frac{dn_T}{dt}$$

في اللحظة t = 0 فإن $\left(\frac{dn_T}{dt}\right)_{t=0} = \left(\frac{\Delta n_T}{\Delta t}\right)_{t=0}$ أي أن

$$v(t=0) = \frac{1}{V} \left(\frac{\Delta n_T}{\Delta t}\right)_{t=0}$$

$$v(t=0) = \frac{1}{0,05} \times \frac{(0,08 - 0)}{(120 - 0)} = 1,33 \times 10^{-3} \text{ mol} / \ell \times \text{s}$$

2 - 5 كيفية تطور السرعة الحجمية :

عند اللحظة t = 0 لدينا $v(t=0) = 1,33 \text{ mmol} / \ell \cdot \text{s}$

عندما تتوول t إلة ما لا نهاية تصبح $x(t \rightarrow \infty) = x_{\text{eq}}$ أي أن $v(t \rightarrow \infty) = \frac{1}{V} \frac{dx_{\text{eq}}}{dt} = 0$

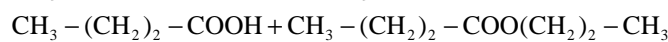
وبالتالي فإن السرعة الحجمية تتناقص والزمن t

العامل الحركي المسؤول عن هذا التطور هو تغير تركيز المتفاعلات والتي تستهلك خلال التحول .

الجزء الثاني : تصنيع إستر

1 - اسم الجهاز : التسخين بالارتداد (يكون المبرد رأسيا حتى لا تضيع النواتج التي تتحول بفعل التسخين والذي يسرع التفاعل وتكاثف نتيجة دورة الماء داخل المبرد).

2 - معادلة التفاعل خلال التصنيع الثاني :



3 - تحديد مردود التصنيع الأول :

التفاعل خلال التصنيع الأول هو تفاعل الأسترة وهو محدود فحسب المنحنى (1) فإن $x_f = 0,13 \text{ mol}$

ونعلم أن مردود التصنيع هو $r = \frac{x_f}{x_{\max}}$ بحيث أن x_{\max} كمية المادة البدئية للكحول والذي استعمل في العمليتين .

خلال التصنيع الثاني والذي استعمل في أندريد الحمض فإن التفاعل في هذه الحالة يكون كليا أي أن أحد المتفاعلات استهلك كليا وبما أن الأندريد استعمل بوفرة حسب المعطيات فإن $n_1(\text{alcohol}) = x_{\max}$ وحسب المنحنى (2) فإن $x_{\max} = 0,15 \text{ mol}$ ويساوي كذلك كمية مادة الكحول البدئية المسيغمة في التصنيع الأول . وبالتالي فإن المردود هو :

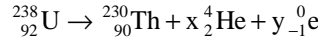
$$r = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{0,13}{0,15} = 0,87 = 87\%$$

الفيزياء 1 : تاريخ الترسيات البحرية

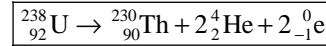
– 1

1 – 1 معادلة التحول النووي :

نطبق قانون صودي :



$$x = 2; y = 2$$



1 – 2 لنبين أن $\frac{N({}^{230}\text{Th})}{N({}^{238}\text{U})}$ تكون ثابتة :

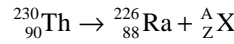
حسب المعطيات للعينتين من الأورانيوم والثوريوم نفس النشاط ، أي أن

$$a({}^{230}\text{Th}) = a({}^{238}\text{U})$$

$$\lambda \cdot N({}^{230}\text{Th}) = \lambda' \cdot N({}^{238}\text{U})$$

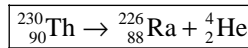
$$\frac{N({}^{230}\text{Th})}{N({}^{238}\text{U})} = \frac{\lambda'}{\lambda} = \text{Cte}$$

2 – معادلة التفاعل النووي :



$$A = 4; Z = 2$$

أي أن كبيعة الإشعاع المنبعث : نوى الهيليوم ، دقائق α وبالتالي فالمعادلة النووية هي كالتالي :



3 – لنتحقق مبيانيا من أن عمر نصف الثوريوم 230 هو $t_{1/2} = 7,5 \times 10^4 \text{ ans}$

نعلم أن $t_{1/2}$ هي المدة الزمنية اللازمة لكي تتفتت نصف العينة عند $t = 0$ حسب المنحنى فإن $\frac{N(t)}{N_0} = f(t)$ وأن $f(0) = 1$ لكي تتفتت

$$\boxed{t_{1/2} = 75 \times 10^3 \text{ ans} = 7,5 \times 10^4 \text{ ans}} \quad \text{نصف العينة } f(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2N_0} = \frac{1}{2}$$

4 – حساب عمر الجزء المأخوذ من القاعدة السفلى للأسطوانة :

بما أن تركيز الثوريوم 230 يتناقص حسب العمق داخل الترسب وذلك بتفتته حسب قانون التناقص الإشعاعي : $N = N_0 e^{-\lambda t}$ وبما أن

$N = \frac{m}{M} N_A$ كذلك $m = m_0 e^{-\lambda t}$ بحيث أن $m_0 = m_s$ كتلة الثوريوم الموجودة في الطبقة العليا للأسطوانة فإن هذه العينة تصبح كتلتها

في القاعدة السفلى $m_p = m_s e^{-\lambda \Delta t}$ بحيث أن $\Delta t = t - t_0$ هي المدة الزمنية اللازمة لهذا التفتت وهي عمر هذا الجزء :

$$m_p = m_s e^{-\lambda \Delta t}$$

$$\frac{m_p}{m_s} = e^{-\lambda \Delta t}$$

$$\text{Ln} \left(\frac{m_p}{m_s} \right) = -\lambda \Delta t$$

$$\Delta t = -\frac{1}{\lambda} \text{Ln} \left(\frac{m_p}{m_s} \right)$$

$$\Delta t = -\frac{t_{1/2}}{\text{Ln}(2)} \text{Ln} \left(\frac{m_p}{m_s} \right)$$

تطبيق عددي :

$$\Delta t = 3,0 \times 10^5 \text{ ans}$$

الفيزياء 2 : دراسة النظام الانتقالي في وشيعة وفي مكثف :

1 - دراسة النظام الانتقالي في وشيعة :

1 - 1

أ - عند بداية النظام الانتقالي $t=0$ لدينا حسب المعطيات $\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = 100 \text{ A/s}$ وعند نهاية النظام الانتقالي لدينا $i = I_0 = \text{Cte}$ أي أن

$\left(\frac{di}{dt}\right) = 0$ أي أن $\frac{di}{dt}$ دالة تناقصية وبالتالي فإن $L \frac{di}{dt}$ كذلك دالة تناقصية بالنسبة للزمن t .

ب - عند اللحظة $t=0$ لدينا $i=0$ و $u=E$ وحسب المعادلة $E = 0 + L \left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0}$ أي أن $E = \frac{E}{L}$

حساب قيمة L :

$$\frac{E}{L} = 100$$

$$L = \frac{E}{100} = 6 \times 10^{-2} \text{ H}$$

ج - حساب قيمة $\frac{di}{dt}$ بالنسبة ل $t \geq 5 \text{ min}$ أي في النظام الدائم : $i = I_0 = 100 \text{ mA}$ أي أن $\left(\frac{di}{dt}\right) = 0$

استنتاج قيمة r :

لدينا $\frac{di}{dt} = 0$ في المعادلة : $E = (r+R) \times I_0$ أي أن $r = \frac{E}{I_0} - R$ عدديا $r = 10 \Omega$

2 - 1

أ - تعيين المنحنى الموافق للحالة الأولى والحالة الثانية :

المنحنى الموافق للحالة الأولى حسب الجدول هي الحالة الموافقة للدراسة التجريبية السابقة حيث $I_0 = \frac{E}{R+r} = 100 \text{ mA}$ ونحصل

على النظام الدائم بالنسبة ل $t \geq 5\tau_1$ و $\tau_1 = 1 \text{ ms}$ وبالتالي فهي **توافق المنحنى (ب)**

المنحنى الموافق للحالة الثانية حيث أن $I_0 = 100 \text{ mA}$ و $\tau_2 = 2\tau_1$ نحصل على النظام الدائم $t \geq 10 \text{ ms}$ فهي **توافق المنحنى (ج)**.

ب - التعبير عن R'_2 بدلالة L_2 و L_1 و R_3 و r :

عندما نضبط $R_2 = R'_2$ فإن $\tau_2 = \tau_3$:

$$\frac{L_2}{R'_2 + r} = \frac{L_3}{R_3 + r}$$

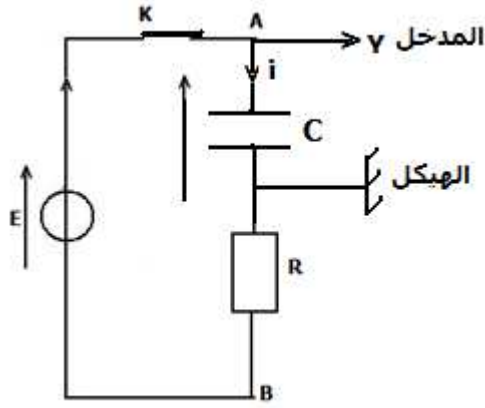
$$R'_2 = \frac{L_2}{L_1} (R_3 + r) - r$$

تطبيق عددي :

$$R'_2 = 110 \Omega = 1,1 \times 10^2 \Omega$$

2 - دراسة النظام الانتقالي في مكثف

2 - 1 رسم تبيان التركيب التجريبي :



2 - 2 إثبات المعادلة التفاضلية :
حسب قانون إضافية التوترات :

$$E = u_R + u_C$$

بحيث أن

$$u_R = Ri = RC \frac{du_C}{dt}$$

أي أن

$$E = u_C + RC \frac{du_C}{dt}$$

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$$

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{RC} u_C = \frac{E}{RC}$$

2 - 3 تحديد كل من A و B و τ

لدينا حل المعادلة التفاضلية :

$$u_C = Ae^{-t/\tau} + B$$

أي أن

$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$

نعوض في المعادلة التفاضلية :

$$-RC \times \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau} + Ae^{-t/\tau} + B = E$$

$$Ae^{-t/\tau} \left(-\frac{RC}{\tau} + 1 \right) + B = E$$

تكون المعادلة $u_C = Ae^{-t/\tau} + B$ حلا للمعادلة التفاضلية يكفي أن يكون لدينا :

$$\begin{cases} 1 - \frac{RC}{\tau} = 0 \\ B = E \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau = RC \\ B = E \end{cases}$$

حسب الشروط البدئية لدينا المكثف غير مشحون : $u_C = 0$ أي أن $0 = A + E$ إذن $A = -E$

2 - 4 تعبير شدة التيار $i(t)$:

لدينا

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$$

$$i(t) = CE \left(0 + \frac{1}{\tau} e^{-t/\tau} \right)$$

$$i(t) = \frac{E}{R} e^{-t/\tau}$$

2 - 5 شدة التيار الكهربائي عند اللحظة $t = 0$:

$$i(0) = \frac{E}{R} = I_0$$

$$I_0 = 1,2 \times 10^{-2} \text{ A}$$

3 - دراسة تبادل الطاقة بين المكثف و الوشعة

3 - 1 لنبين أن تعبير الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف عند اللحظة t : $E_e = \frac{1}{2} LI_m^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right)$

نعلم أن

$$E_e = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2C} q^2$$

بحيث أن

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = i dt$$

$$q = \int_0^t i dt = \int_0^t I_m \cos \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right) dt$$

$$q = \frac{T_0 I_m}{2\pi} \left[\sin \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right) \right]_0^t = \frac{T_0 I_m}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right)$$

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

$$q = I_m \sqrt{LC} \sin \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right)$$

وبالتالي فإن

$$E_e = \frac{1}{2C} I_m^2 LC \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right)$$

$$E_e = \frac{1}{2} LI_m^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right)$$

3 - 2 لنبين أن الطاقة الكلية E تحفظ :

$$E = E_e + E_m$$

$$E = \frac{1}{2} LI_m^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right) + \frac{1}{2} LI_m^2 \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right)$$

$$E = \frac{1}{2} LI_m^2 \left(\sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right) + \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t \right) \right)$$

$$E = \frac{1}{2} LI_m^2 = \frac{1}{2} C U_0^2 = \text{cte}$$

حساب قيمتها :

$$E = 3,6 \times 10^{-4} \text{ J}$$

فيزياء 3 : الجزء الأول

1 - دراسة حركية الكرة (a)

1 - 1 إثبات المعادلة التفاضلية :

جاءت القوى المطبقة على الكرة (a) : \vec{P} ، \vec{f} ، \vec{F}

نطبق القانون الثاني للنيوتن : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{F} = m\vec{a}$

$$P_x + f_x + F_x = ma_x$$

$$mg - f - F = m \frac{dv}{dt}$$

$$mg - 6\pi\eta r \cdot v - \rho_0 Vg = m \frac{dv}{dt}$$

$$g - \frac{6\pi\eta r}{m} v - \frac{\rho_0 Vg}{m} = \frac{dv}{dt}$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3; m = \rho V$$

$$g - \frac{9\pi\eta r}{2\rho\pi r^3} v - \frac{\rho_0}{\rho} g = \frac{dv}{dt}$$

$$g \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) - \frac{9\eta}{2\rho r^2} v = \frac{dv}{dt}$$

نضع :

$$\frac{1}{\tau} = \frac{9\eta}{2r^2} \Rightarrow \tau = \frac{2r^2}{9\eta}$$

9

$$C = g \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right)$$

وبالتالي فإن :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{v}{\tau} = C$$

1 - 2 حساب الزمن المميز لحركة الكرة (a) :

$$\tau = \frac{2 \times 2600 \times (0,25 \times 10^{-2})^2}{9 \times 8 \times 10^{-2}} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ s}$$

قيمة السرعة الحدية للكرة :

$$v = v_\ell \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0$$

وبالتالي فإن

$$\frac{v_\ell}{\tau} = C \Rightarrow \boxed{v_\ell = C\tau}$$

عدديا :

$$v_\ell = 2,76 \times 10^{-1} \text{ m/s}$$

2 - دراسة مقارنة لحركتي الكرتين (a) و (b)

1 - 2 الكرة التي ستستغرق أطول مدة زمنية لتبلغ سرعتها السرعة الحدية :

نقارن الزمن المميز للكرتين :

الكرة (a) زمنها المميز هو τ

$$\tau' = \frac{2\rho r'^2}{9\eta} = 4 \times \frac{2\rho r^2}{9\eta} = 4\tau = 0,180 \text{ s} \text{ أي أن } r' = 2r \text{ وشعاعها } r' = 2r \text{ أي أن } r' = 2r$$

أي كلما كان الشعاع أكبر ، كلما ازداد الزمن المميز لحركة الكرة أي ستكون المدة الزمنية أطول لبلوغ السرعة الحدية وبالتالي فإن الكرة (b) تستغرق مدة أطول ($v'_\ell = C\tau' = 4C\tau = 1,104 \text{ m/s}$)

2 - 2 حساب المدة الزمنية الفاصلة بين وصول الكرتين (a) و (b) إلى قعر الأنبوب :

خلال النظام الانتقالي تقطع الكرة (a) المسافة d_1 خلال مدة زمنية 5τ بينما المسافة المتبقية وهي في النظام الدائم حيث تقطعها

$$\frac{H-d_1}{v_\ell} \text{ هي : سرعة ثابتة } v_\ell$$

الكرة (b) تقطع المسافة d_2 خلال المدة الزمنية $5\tau'$ بينما المسافة المتبقية وهي في النظام الدائم حيث تقطعها بسرعة ثابتة v'_ℓ

$$\frac{H-d_2}{v'_\ell} \text{ هي :}$$

المدة الزمنية الكلية التي تستغرقها الكرة (a) لقطع المسافة H هي : $5\tau + \frac{H-d_1}{v_\ell}$

المدة الزمنية الكلية التي تستغرقها الكرة (b) لقطع المسافة H هي : $5\tau' + \frac{H-d_2}{v'_\ell}$

وبالتالي فإن المدة الزمنية الفاصلة بين وصول الكرتين (a) و (b) إلى قعر الأنبوب هي :

$$\Delta t = t_a - t_b = \left(5\tau + \frac{H-d_1}{v_\ell}\right) - \left(5\tau' + \frac{H-d_2}{v'_\ell}\right)$$

عدديا :

$$\Delta t = 2,58s$$

الجزء الثاني : تغير الشروط البدئية لحركة متذبذب غير مخمد

1 - إثبات المعادلة التفاضلية :

جرد القوى المطبقة على المجموعة : \vec{P} ، \vec{R} و \vec{F} القوة المطبقة من طرف النابض على الجسم
نطبق القانون الثاني لنيوتن :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}_G$$

الإسقاط على Ox :

$$P_x + R_x + F_x = ma_{Gx}$$

$$0 + 0 - F = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$F = K\Delta\ell$$

وحسب الشكل فإن

$$\Delta\ell = x$$

أي أن

$$-Kx = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m}x = 0$$

2 - التعبير الحرفي للدور الخاص :

$$x(t) = x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right) \text{ حلا للمعادلة التفاضلية أي أن}$$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0}x_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi\right)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x(t)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x(t) = 0$$

لكي تكون $x(t)$ حلا للمعادلة التفاضلية يكفي أن

$$\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{K}{m}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

3 - المنحنى الموافق للحالة الأولى هو (ب) لكون وسعه بقي ثابتا بعد إطلاقه بدون سرعة بدئية $OA = d$

4 - 1 قيمة المسافة d من خلال المبيان : $d = 3cm = 3 \times 10^{-2}m$

قيمة الوسع x_{m2} من خلال المبيان $x_{m2} = 4cm = 4 \times 10^{-2}m$

$$x_{m2} = \sqrt{\frac{mv_A^2}{K} + d^2} \quad \text{2 - 4 لنبين أن تعبير الوسع هو :}$$

نطبق انحفاظ الطاقة الميكانيكية بين اللحظتين $t = 0$ حيث الطاقة الميكانيكية : $E_m(t=0) = E_C(A) + E_{pe}(A)$ واللحظة التي يمر فيها الجسم من موضع قصوي (B) حيث الطاقة الميكانيكية هي : $E_m(B) = 0 + E_{pe}(B)$ وحسب انحفاظ الطاقة الميكانيكية :

$$E_C(A) + E_{pe}(A) = 0 + E_{pe}(B)$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}Kd^2 = \frac{1}{2}Kx_{m2}^2$$

$$x_{m2}^2 = \frac{mv_A^2}{K} + d^2$$

$$x_{m2} = \sqrt{\frac{mv_A^2}{K} + d^2}$$

3 - 4 تعبير $\tan \phi_2$

عند اللحظة $t = 0$ لدينا $x_2(t=0) = d = x_{m2} \cos \phi_1$ و $v_A = -x_{m2} \frac{2\pi}{T_0} \sin \phi_2 = -x_{m2} \sqrt{\frac{K}{m}} \sin \phi_2$ أي أن

$$\tan \phi_2 = \frac{\sin \phi_2}{\cos \phi_2} = \frac{v_A \sqrt{\frac{K}{m}}}{d}$$

$$x_{m2}^2 - d^2 = \frac{mv_A^2}{K}$$

$$v_A \sqrt{\frac{m}{K}} = \sqrt{x_{m2}^2 - d^2}$$

$$\tan \phi_2 = \frac{\sqrt{x_{m2}^2 - d^2}}{d}$$