# تصحيح الامتحان الوطني للباكالوريا علوم رياضية 2015 مادة الفيزياء عماري

## الكيمياء

### الجزء الأول

**1- معايرة حمض الإيثانويك:**

**1-1-** معادلة التفاعل: $CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightleftarrows CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(L)}$

**1-2-** 1-2-1- اعتمادا على مطراف الدالة المشتقة نحدد الحجم $V_{BE} = 20mL$ .

1-2-2- الكتلة $m$ لتحضير المحلول $(S_A)$ : $m = C_A.V.M_{(CH_3COOH)} = \frac{C_B.V_{BE}}{V_A}.V.M_{(CH_3COOH)} = 1,2g$

**1-3-** تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء تفاعل محدود:

نحدد نسبة التقدم النهائي اعتمادا على الجدول الوصفي :

| المعادلة الكيميائية | $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftarrows H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| حالة المجموعة | تقدم التفاعل | | كمية مادة (mol) | | | |
| البدئية | $x=0$ | | $0$ | $0$ | وفير | $n_i = C.V$ |
| مرحلية | $x$ | | $x$ | $x$ | وفير | $n_i - x$ |
| نهائية | $x_f$ | | $x_f$ | $x_f$ | وفير | $n_i - x_f$ |

- حسب المنحنى ، لدينا عند $V_B = 0mL$ يتوفر محلول حمض الإيثانويك مع الماء على $pH = 3,2$ .
- $\boxed{\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[H_3O^+_{(aq)}]}{C_A} = \frac{10^{-pH}}{C_A} = 3,1\% \langle 1}$ نستنتج أن تفاعل حمض الإيثانويك مع الماء تفاعل محدود .

**1-4-** إثبات العلاقة التالية: $V_B.10^{-pH} = K_A.(V_{BE} - V_B)$

علما أن تفاعل المعايرة كلي و حسب جدول التقدم المتفاعل المحد هو $(HO^-)$ : $\boxed{x_m = C_B.V_B}$ .

$$\boxed{K_A = \frac{[H_3O^+]_f [CH_3COO^-]_f}{[CH_3COOH]_f}}$$ و $$[CH_3COO^-]_f = \frac{x_m}{(V_A + V_B)} = \frac{C_B.V_B}{(V_A + V_B)}$$

و $$[CH_3COOH]_f = \frac{C_A.V_A - x_m}{(V_A + V_B)} = \frac{C_A.V_A - C_B.V_B}{(V_A + V_B)}$$

و منه $\boxed{K_A = \frac{[H_3O^+]_f C_B.V_B}{C_A.V_A - C_B.V_B}}$ و حسب علاقة التكافؤ نجد $\boxed{K_A = \frac{[H_3O^+]_f C_B.V_B}{C_B.V_{BE} - C_B.V_B}}$

نحصل على العلاقة : $\boxed{V_B.10^{-pH} = K_A.(V_{BE} - V_B)}$

نأخذ حجما ما $V_B$ قبل التكافؤ $V_B \langle V_{BE}$ مثل $V_B = 12mL$ توافقه مبيانيا $pH = 5$ نستنتج قيمة الثابتة :

$$pK_{A(CH_3COOH/CH_3COO^-)} = 4,8$$

**2- تصنيع الإستر:**

**2-1-** معادلة تفاعل الأسترة :

$$CH_3COOH_{(L)} + C_6H_5\text{-}CH_2\text{-}OH_{(L)} \rightleftarrows CH_3COO\text{-}CH_2 - C_6H_{5(L)} + H_2O_{(L)} .$$

**2-2- المردود $r_1$ :**

لنحدد كمية مادة كل متفاعل على حدة : $n_i(al) = n_i(ac) = \frac{m_{al}}{M_{al}} = \frac{m_{ac}}{M_{ac}} = 0,1mol$

كمية مادة الإستر الناتج : $n(ester) = x_f = \frac{m_{ester}}{M_{ester}} = 0,065mol$

مردود التفاعل : $x_f = \frac{n_{(ester)f}}{n_{(ester)max}} = 0,65 = 65\%$

**3-2- المردود $r_2$ :** لا تتعلق ثابتة التوازن $K$ بالحالة البدئية للتفاعل ، لنحدد قيمتها حسب النتائج السابقة

$$\boxed{K = \frac{[ester]_f[H_2O]_f}{[al]_f[ac]_f} = \left(\frac{x_f}{0,1 - x_f}\right)^2 = 3,45}$$

لنحدد التقدم النهائي للتفاعل الجديد : $$\boxed{K = \frac{[ester]'_f[H_2O]'_f}{[al]'_f[ac]'_f} = \frac{(x'_f)^2}{(0,1 - x'_f)(0,2 - x'_f)} = 3,45}$$

نحصل على معادلة من الدرجة الثانية $2,45.x'^2_f + 1,035.x'_f + 0,069 = 0$

حلها: $x'_f = 0,083$ و بالتالي المردود الجديد $r_2$ هو $r_2 = 83\%$

**3-2- مقارنة و استنتاج:** $r_2 \rangle r_1$ ، فعند رفع كمية مادة أحد المتفاعلين يزداد مردود التفاعل .

## الجزء الثاني

1- الجواب الصحيح هو (د)

2- تعبير التاريخ $t_e$ : لدينا حسب جدول تقدم التفاعل ، تعبير ثابتة التوازن $K = \frac{[Co^{2+}]_{éq}}{[Ni^{2+}]_{éq}} = \left(\frac{C_2.V + x_f}{C_1.V - x_f}\right)$ .

ومنه $x_f = \frac{K.C_1.V - C_2.V}{K+1}$ و من جهة أخرى لدينا العلاقة : $x_f = \frac{I.t_e}{2.F}$ ، نستنتج تعبير التاريخ $t_e$ التالي :

$$t_e = \frac{2.F.V}{I}.\left(\frac{K.(C_1 - C_2)}{K+1}\right) = 5160\,s$$

3- تغير كتلة إلكترود النيكل : تزداد كمية مادة النيكل بالمقدار $\Delta n(Ni) = x_f$ و بالتالي تزداد كتلته بالقيمة

$$\Delta m(Ni) = \Delta n(Ni).M_{(Ni)} = x_f.M_{(Ni)} = \left(\frac{I.t_e}{2.F}\right).M_{(Ni)} = 0,157\,g$$

## التحولات النووية:

-1

-1-1 المعادلة $(A)$ تمثل تفاعل إندماج نووي .

-1-2 **1-2-1- طاقة الربط لنواة الأورانيوم 235:** $E_l({}^{235}_{92}U) = 221625 - 219835 = 1790\,MeV$ .

طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الأورانيوم 235: $E_l({}^{235}_{92}U) = \frac{E_l({}^{235}_{92}U)}{92} = 7,91MeV\ /\ nucléon$

-1-2-2 الطاقة $|\Delta E_0|$ الناتجة عن التفاعل $(D)$هي : $|\Delta E_0| = |219655 - 219835| = 180\,MeV$ .

-2

**1-2- الطاقة $|\Delta E|$ الناتجة عن التحول النووي في الشمس :**

$$|\Delta E| = |\Delta m|.C^2 = \left|\left(2.m(e) + m({}^4_2He) - 4.m({}^1_1H)\right)\right|.C^2 \approx 4.10^{-12}\ J\ .$$

**2-2- عدد السنوات لاستهلاك كل الهيدروجين في الشمس :**

لنحدد الطاقة الكلية الناتجة عن اندماج الهيدروجين في الشمس: $E_{tot} = N.|\Delta E| = \left(\frac{(10\%).m_S}{4.m({}^1_1H)}\right).|\Delta E| = 10^{44}\ J$ .

المدة الزمنية اللازمة لاستهلاك كل الهيدروجين في الشمس هي : $\Delta t = \frac{E_{tot}}{E_S} = 10^{10}\, ans$

# الكهرباء

## 1- دراسة ثنائي القطب RL :

**1-1- المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_{R_1}$**

حسب قانون إضافية التوترات : $\boxed{E = u_{R_1} + u_L = R_1.i + r.i + L\frac{di}{dt} = (R_1 + r).i + L\frac{di}{dt}}$

و منه $\boxed{R_1.E = L.\frac{du_{R_1}}{dt} + (R_1 + r).u_{R_1}}$ .

**1-2- تحديد قيمة r :**

في النظام الدائم $u_{R_1} = u_{R_1(max)} = 10,4V$ و $L.\frac{du_{R_1}}{dt} = 0$ .

و منه : $r = R_1.\left(\frac{E}{u_{R_1(max)}} - 1\right) = 8\ \Omega$

**1-3- التحقق من قيمة L :**

حسب المعادلة التفاضلية لدينا عند أصل التواريخ $t = 0$ : $\left(\frac{du_{R_1}}{dt}\right)_{(t=0)} = \frac{R_1.E}{L}$ ،

حيث يمثل المقدار $\left(\frac{du_{R_1}}{dt}\right)_{(t=0)}$ قيمة المعامل الموجه لمماس المنحنى عند $t = 0$ :

نستنتج : $L = \frac{R_1.E}{\left(\frac{du_{R_1}}{dt}\right)_{(t=0)}} = 0,6\ H$

## 2- دراسة ثنائي القطب RC و RLC :

**2-1- دراسة ثنائي القطب RC**

**2-1-1- قيمة $R_0$:** حسب قانون إضافية التوترات : $\boxed{u_{AB}(t=0) = u_{R_0}(0) + u_C(0) = R_0.I_0}$

$$R_0 = \frac{u_{AB}(t=0)}{I_0} = 5.10^5\ \Omega$$

**2-1-2- قيمة السعة $C$ :**

حسب قانون إضافية التوترات $\boxed{u_{AB}(t) = R_0 . I_0 + u_C(t)}$

و حسب المنحنى لدينا : $\left(\dfrac{du_{AB}(t)}{dt}\right) = \left(\dfrac{du_C(t)}{dt}\right) = \dfrac{I_0}{C}$

$\left(\dfrac{du_C(t)}{dt}\right) = \dfrac{I_0}{C} = 0,4\ (V\ /\ s)$ نستنتج قيمة سعة المكثف : $C = 10\ \mu F$ .

**2-2- دراسة ثنائي القطب $RLC$ :**

**2-2-1-المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة $q$ للمكثف:**

$$u_L + u_R + u_C = r.i + L\frac{di}{dt} + R.i + \frac{q(t)}{C} = 0$$

ومنه

$$\boxed{L\frac{d^2q}{dt^2} + (R + r).\frac{dq}{dt} + \frac{q(t)}{C} = 0}$$

**2-2-2-التعبير عن $\dfrac{dE_t}{dt}$ :**

نعبر عن الطاقة الكهربائية الكلية للدارة : $E_t = \dfrac{1}{2.C}.q^2_{(t)} + \dfrac{1}{2}L.i^2_{(t)}$

باشتقاق العلاقة نجد : $\dfrac{dE_t}{dt} = \dfrac{1}{2.C}\left(2.q(t)\dfrac{dq}{dt}\right) + \dfrac{1}{2}L.\left(2.i(t)\dfrac{di}{dt}\right)$

$$(1)\quad \boxed{\frac{dE_t}{dt} = i(t)\left(\frac{q(t)}{C} + L.\frac{d^2q}{dt^2}\right)}$$

و حسب المعادلة التفاضلية السابقة نجد أن :

$$(2)\quad \boxed{L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q(t)}{C} = -(R + r).\frac{dq}{dt}}$$

نستنتج من المعادلتين (1) و (2) : $\boxed{\dfrac{dE_t}{dt} = -(R + r).i^2_{(t)}}$

**2-2-3-التعبير عن $U_0$ :**

حسب قانون إضافية التوترات و عند أصل التواريخ $t = 0$ حيث $i(t = 0) = 0$ و $u_C(0) = U_0$ :

$$u_L(0) + u_R(0) + u_C(0) = L\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} + U_0 = 0$$

نستنتج: $U_0 = -L\left(\dfrac{di}{dt}\right)_{(t=0)} = -\dfrac{L}{R}\left(\dfrac{du_R}{dt}\right)_{(t=0)}$ ،

حيث يمثل المقدار $\left(\dfrac{du_R}{dt}\right)_{(t=0)} = -800\ \ V\ /\ s$ قيمة المعامل الموجه لمماس المنحنى عند $t = 0$

و منه $U_0 = -L\left(\dfrac{di}{dt}\right)_{(t=0)} = 12V$

**4-2-2- تحديد الطاقة $\left|E_j\right|$ بين اللحظتين $t=0$ و $t_1$ :**

الطاقة الكلية للدارة عند اللحظة $t=0$ : $E_t(t=0)=\frac{1}{2}C.U_0^2+\underbrace{\frac{1}{2}L.i_{(t)}^2}_{i=0}=\frac{1}{2}C.U_0^2$

الطاقة الكلية للدارة عند اللحظة $t_1$ : $E_t(t_1)=\frac{1}{2}C.u_{C(t_1)}^2+\frac{1}{2}L.i_{(t_1)}^2$

علما أن : $\boxed{i_{(t_1)}=\frac{u_{R(t_1)}}{R}}$ و حسب قانون إضافية التوترات لدينا

$$\boxed{u_{C(t_1)}=\underbrace{-L\left(\frac{di}{dt}\right)_{(t_1)}}_{=0}-r.i(t_1)-u_{R(t_1)}=-r\frac{u_{R(t_1)}}{R}-u_{R(t_1)}=-u_{R(t_1)}\left[\frac{R+r}{R}\right]}.$$

مماس أفقي

$$E_t(t_1)=\frac{1}{2}C.u_{R(t_1)}^2\left[\frac{R+r}{R}\right]^2+\frac{1}{2}L.\frac{u_{R(t_1)}^2}{R^2}$$

ومنه : $$\boxed{E_t(t_1)=\left(\frac{u_{R(t_1)}}{R}\right)^2\left[\frac{C.(R+r)^2+L}{2}\right]}$$

الطاقة المبددة بمفعول جول بين هاتين اللحظتين: $\left|E_j\right|=\left|E_{t_1}-E_{t_0}\right|=6,9.10^{-4}\,J$

**3- تضمين الوسع لإشارة جيبية :**

**1-3- تعبير التوتر $u_S$ :** $\boxed{u_s(t)=k.u_1(t).u_2(t)=k\times[s(t)+U_0]\times p(t)}$

$$u_S(t)=kU_0U_m\left(1+\frac{S_m}{U_0}\cos(2\pi f_s t)\right).\cos(2\pi F_P t)$$

على الشكل التالي : $u_S(t)=A\left(1+m\cos(2\pi f_s t)\right).\cos(2\pi F_P t)$ . حيث $m=\frac{S_m}{U_0}$ و $A=kU_mU_0$

$$u_S(t)=A\cos(2\pi F_P t)+\left(Am\cos(2\pi f_s t)\right).\cos(2\pi F_P t)$$

$$u_S(t)=\frac{A.m}{2}\cos\left(2\pi\left(F_P-f_S\right)t\right)+A.\cos\left(2\pi.F_P.t\right)+\frac{A.m}{2}.\cos\left(2\pi\left(F+f_S\right)t\right)$$

**2-3- قيمة $m$ و $f_S$ :**

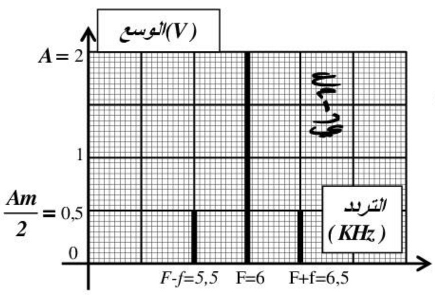
لدينا مبيانيا : $\frac{Am}{2}=0,5$ و $A=2\,V$ .

نستنتج $m=0,5\langle 1$ التضمين جيد .

لدينا مبيانيا : $F_P=6\;\;KHz$

$F_P-f_S=5,5\;\;KHz$

نستنتج $f_S=0,5\;\;KHz$



**3-3- قيمة $C_0$ :** شرط الانتقاء $F_P = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L.C_{éq}}}$

$C_{éq} = \dfrac{1}{L.(2\pi.F_P)^2}$ و $C_{éq} = 1,16\ nF$ ولدينا $C_{éq} = \dfrac{C.C_0}{C + C_0}$

و منه $\boxed{C_0 = \dfrac{C_{éq}.C}{C - C_{éq}}}$ ت ع : $C_0 = 11,6\ nF$

---

## الميكانيك

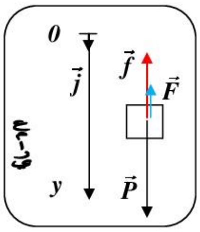
### 1- الجزء الأول :

**1- المعادلة التفاضلية التي تحققها السرعة:**

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن في المعلم $(O,\vec{k})$ حيث يخضع مركز القصور G إلى

- $\vec{P}$ تأثير الأرض
- $\vec{f}$ قوة الاحتكاك المائع
- $\vec{F}$ دافعة أرخميدس

$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{f} + \vec{F} = m.\frac{d\vec{V}}{dt}$$




نسقط العلاقة على المحور $(\overrightarrow{OZ})$

$$m.g - \lambda.v - \rho_l V_S g = m.\frac{dv}{dt}$$

$$g\left(1 - \frac{\rho_l V_S}{m}\right) - \frac{\lambda}{m}.v = \frac{dv}{dt} \Leftarrow \frac{dv}{dt} + \frac{\lambda}{\rho_S V_S}.v = g\left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_S}\right)$$

**2- قيمة التسارع البدئي $a_0$ لمركز القصور G :**

لدينا عند اللحظة $t = 0$ : $v_0 = 0$ و حسب المعادلة التفاضلية السابقة

$$a_0 = \left(\frac{dv}{dt}\right)_{(t=0)} = g\left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_S}\right) = 8,33\ m/s^2$$

**3- قيمة السرعة الحدية $v_L$ لمركز القصور G :**

في النظام الدائم تبقى السرعة ثابتة (ينعدم التسارع) و حسب المعادلة التفاضلية السابقة

$$v_L = a_0.\frac{\rho_S V_S}{\lambda} = 0,67\,m/s \Leftarrow \frac{\lambda}{\rho_S V_S}.v_L = a_0 \Leftarrow \frac{dv}{dt} + \frac{\lambda}{\rho_S V_S}.v = g\left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_S}\right)$$

**4- اعتماد طريقة أولير :**

حسب طريقة أولير يمكن كتابة العلاقة التالية في حالة خطوة الحساب $\boxed{\Delta t}$ صغيرة

$$a_i = \frac{dV}{dt} = a_0 - \frac{\lambda}{\rho_S V_S}.v \Longrightarrow a_i = \frac{dV}{dt} = \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t} \Rightarrow V_{i+1} = V_i + a_i.\Delta t$$

$$v_1 = v_0 + a_0.\Delta t \Rightarrow v_1 = a_0.\Delta t$$

$$a_1 = a_0 - \frac{\lambda}{\rho_S V_S}.v_1 \Rightarrow a_1 = a_0 - \frac{v_1}{\tau}$$

$$v_2 = v_1 + a_1.\Delta t \Rightarrow v_2 = v_1 + \left(a_0 - \frac{v_1}{\tau}\right).\Delta t$$

$$v_2 = v_1 + v_1 - \frac{v_1}{\tau}.\Delta t$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 2 - \frac{\Delta t}{\tau}$$

تطبيق عددي : $v_1 = a_0.\Delta t = 0,067\, m/s$ و $v_2 = v_1\left(2 - \frac{\Delta t}{\tau}\right) = 0,13\, m/s$

**5-قيمة $t_L$ :**

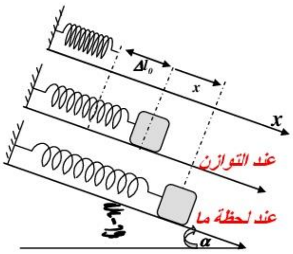
$$v = 0,99.v_L = v_L\left(1 - e^{-\frac{t_L}{\tau}}\right) \Rightarrow \tau.Ln(100) = 0,37\, s$$

**6-قيمة المسافة $d$ المقطوعة خلال النظام الانتقالي :**

$D$ المسافة المقطوعة خلال النظام الدائم حيث : $D = v_L(\Delta t_f - t_L)$

و منه : $d = H - D - Z_0 = 25\, cm$

## الجزء الثاني : الدراسة الطاقية لمجموعة متنبذبة (جسم صلب- نابض)




**1- إطالة النابض $\Delta l_0$ عند التوازن :**

حالة توازن : $\sum \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow P_x + R_x + T_x = 0$ و منه

$m.g.\sin\alpha - K\Delta l_0 = 0$ و بالتالي $\boxed{\Delta l_0 = \frac{m.g.\sin\alpha}{K}}$

-2

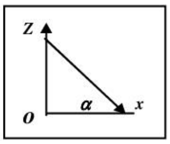
**1-2-تعبير طاقة الوضع بدلالة $K$ و $x$ :**

طاقة الوضع الكلية للمتذبذب : $E_P = E_{Pe} + E_{PP}$ بحيث :

تعبير طاقة الوضع المرنة $E_{Pe}$ هو : $E_{P_e} = \frac{1}{2}K(\Delta l)^2 + cte_1 \Leftarrow E_{P_e} = \frac{1}{2}K(\Delta l_0 + x)^2 + cte_1$

نحدد الثابتة اعتمادا على الحالة المرجعية : $0 = \frac{1}{2}K(\Delta l_0 + 0)^2 + cte_1$ ومنه $cte_1 = -\frac{1}{2}K(\Delta l_0)^2$

نستنتج $E_{P_e} = \frac{1}{2}K(\Delta l_0 + x)^2 - \frac{1}{2}K(\Delta l_0)^2$ $\boxed{E_{P_e} = \frac{1}{2}Kx^2 + K.\Delta l_0.x}$




تعبير طاقة الوضع الثقالية $E_{PP}$ هو : $E_{p_p} = mgz + cte = -mgx\sin\alpha + cte_2$

نحدد الثابتة اعتمادا على الحالة المرجعية : $E_{PP} = 0$ عندما يكون $x = 0$ ومنه $cte_2 = 0$

نستنتج : $\boxed{E_{p_p} = -mgx\sin\alpha}$

خلاصة : طاقة الوضع الكلية للمتذبذب : $E_P = E_{P_e} + E_{PP}$ $\boxed{E_P = \left(\frac{1}{2}Kx^2 + K.\Delta l_0.x\right) + \left(-mgx\sin\alpha\right)}$

باعتماد شرط التوازن السابق في السؤال الأول : $m.g.\sin\alpha - K\Delta l_0 = 0$ نجد : $\boxed{E_P = \frac{1}{2}Kx^2}$

**2-2- المعادلة التفاضلية في حالة الاحتكاكات المهملة اعتمادا على الدراسة الطاقية:**

$$E_m = E_C + E_P = cte \Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \boxed{\ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0}$$

**2-3-**

**1-3-2- قيمة كل من $K$ و $x_m$ و $\varphi$ :**

☜ الصلابة $K$ للنابض:

- نحدد أولا الدور الخاص $T_0$ من حل المعادلة التفاضلية ، نتوصل للعلاقة التالية: $\boxed{\ddot{x} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x}$

- نستنتج بالتطابق مع المعادلة التفاضلية : $\boxed{T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$

- اعتمادا على المنحنى الطاقي نجد قيمة $T_0$ علما أن الدور الخاص يساوي ضعف دور الطاقة : $T_0 = 0,2s$

- نستنتج قيمة الصلابة $K$ للنابض : $\boxed{K = \frac{2\pi m^2}{T_0^2}}$ تطبيق عددي : $K = 25\ N.m^{-1}$

☜ الوسع $x_m$ :

لدينا مبيانيا قيمة $E_{P\,max} = 5.10^{-3} J$ و نعلم $E_{P\,max} = \frac{1}{2}K.x_m^2$ ⇐ $\boxed{x_m = \sqrt{\frac{2.E_{P\,max}}{K}}}$

تطبيق عددي : $x_m = 2.10^{-2} m$

☜ الطور عند أصل التواريخ $\varphi$ :

عند اللحظة $t = 0$ ، لدينا مبيانيا $E_{P(t=0)} = \frac{E_{P\,max}}{4}$ ⇐ $\boxed{x_0 = \frac{x_m}{2}}$ نستنتج : $\boxed{\cos\varphi = \frac{1}{2}}$

ومنه : $\boxed{|\varphi| = \frac{\pi}{3}}$ لنحدد إشارة $\varphi$ : لدينا حسب المعطيات $\boxed{v_{(t=0)_x} \rangle 0}$ و بالتالي

$\boxed{v_{(t=0)_x} = \dot{x}_{(t=0)} = -\left(x_m\frac{2.\pi}{T_0}\right).\sin\varphi}$ و منه $\boxed{\varphi = \frac{\pi}{3}}$

**2-3-2- تعبير السرعة $V_0$ بدلالة $K$ و $x_m$ و $m$ :**

هناك انحفاظ الطاقة الميكانيكية : $E_m(x = x_0) = E_m(x = x_m)$ ⇐ $\left(\frac{1}{2}.m.V_0^2 + \frac{1}{2}.K.x_0^2\right) = \left(\frac{1}{2}.K.x_m^2\right)$

و منه : $V_0^2 = \frac{K}{m}\left(x_m^2 - x_0^2\right)$ و بما أن $\boxed{x_0 = \frac{x_m}{2}}$ نستنتج : $\boxed{V_0 = \frac{x_m}{2}\sqrt{\frac{3K}{m}}}$