



3	مدة الإنجاز	الفيزياء والكيمياء	المادة
7	المعامل	شعبة العلوم التجريبية : مسلك العلوم الفيزيائية	الشعبة أو المسلك

يسمح باستعمال الآلة الحاسبة العلمية غير القابلة للبرمجة  
يتضمن الموضوع أربعة تمارين  
تعطى التعابير الحرفية قبل التطبيقات العددية

التمرين الأول (7 نقط):

- التحليل الكهربائي لمركب أيوني (برومور الرصاص)
- دراسة تفاعلين لحمض اللاكتيك

التمرين الثاني (2,5 نقط):

- تحديد سرعة انتشار موجة فوق الصوتية في سائل

التمرين الثالث (5 نقط):

- التحديد التجريبي لسعة مكثف
- دراسة دائرة RLC متوالية

التمرين الرابع (5,5 نقط):

- دراسة حركة السقوط الرأسي لكرية في سائل لزج
- دراسة طاقة لمتذبذب ميكانيكي (جسم صلب - نابض)

## التمرين الأول (7 نقط)

## الجزء الأول والثاني مستقلان

**الجزء الأول: التحليل الكهربائي لمركب أيوني (برومور الرصاص)**  
 ننجز التحليل الكهربائي لبرومور الرصاص  $Pb^{2+} + 2 Br^-$  عند درجة حرارة مرتفعة بواسطة مولد يزود الدارة بتيار كهربائي شدته  $I$  ثابتة .  
 أثناء هذا التحليل الكهربائي يتوضع فلز الرصاص على أحد الإلكترودين ويتكون غاز ثنائي البروم بجوار الإلكترود الآخر .  
 عند اشتغال المحلل الكهربائي لمدة زمنية  $\Delta t = 3600s$ ، تتكوّن الكتلة  $m = 20,72g$  من فلز الرصاص.

## معطيات:

- المزدوجتان المتدخلتان في التفاعل:  $Pb^{2+} / Pb_{(s)}$  و  $Br_2(g) / Br^-$  ؛
  - ثابتة فرادي:  $F = 9,65.10^4 C.mol^{-1}$  ؛
  - الحجم المولي للغازات في ظروف التجربة:  $V_m = 70,5 L.mol^{-1}$  ؛
  - الكتلة المولية للرصاص:  $M(Pb) = 207,2g.mol^{-1}$  .
1. أعط اسم الإلكترود (الأنود أم الكاثود) الذي يتكون بجواره ثنائي البروم . 0,25
  2. أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحاصل عند كل إلكترود والمعادلة الحصيلة أثناء اشتغال المحلل. 0,75
  3. حدد الشدة  $I$  للتيار الكهربائي المار في الدارة خلال المدة  $\Delta t$ . 0,5
  4. أحسب، في ظروف التجربة، الحجم  $V$  لغاز ثنائي البروم المتكون خلال المدة  $\Delta t$ . 0,5

## الجزء الثاني: دراسة تفاعلين لحمض اللاكتيك

يعرف عادة حمض 2-هيدروكسيبروبانويك بحمض اللاكتيك، وهو حمض عضوي يدخل في مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية. يوجد هذا الحمض في الحليب والألبان وفي بعض الفواكه والخضر ويستعمل كمادة مضافة في الصناعة الغذائية وفي الصيدلة ضد بعض أمراض الجلد...  
 يهدف هذا الجزء من التمرين في مرحلة أولى إلى دراسة تفاعل حمض اللاكتيك مع هيدروكسيد الصوديوم، وفي مرحلة ثانية إلى دراسة تفاعله مع كحول.

## 1. تفاعل حمض اللاكتيك مع هيدروكسيد الصوديوم

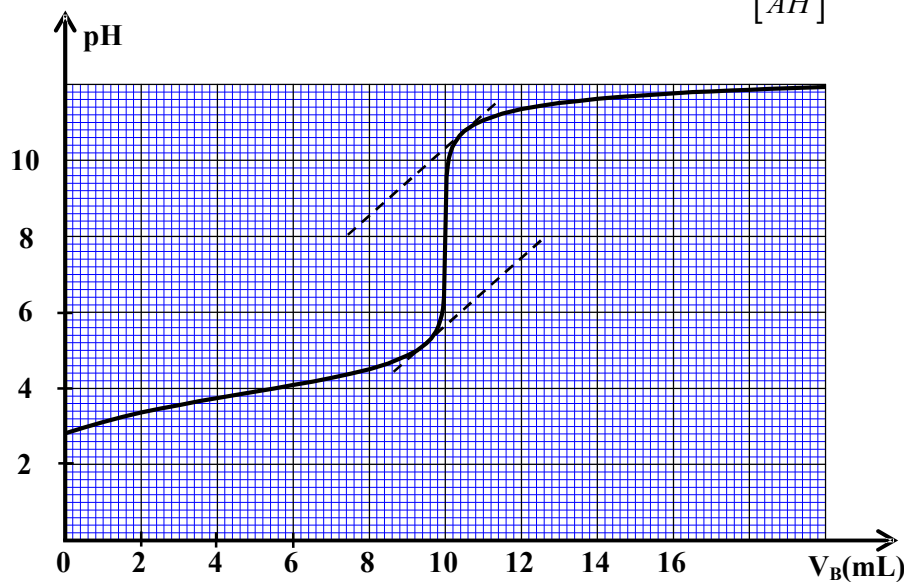
## معطيات:

- تمت جميع القياسات عند درجة الحرارة  $25^\circ C$  ؛
- الصيغة نصف المنشورة لحمض اللاكتيك هي:  $CH_3 - CH(OH) - COOH$  ونرمز له بـ  $AH$  ولقاعده المرافقة بـ  $A^-$  ؛
- ثابتة الحمضية للمزدوجة  $AH_{(aq)} / A^-_{(aq)}$  هي:  $K_A = 10^{-3,9}$  ؛
- منطقة الانعطاف لبعض الكواشف الملونة:

الكاشف الملون	الهيليانتين	أزرق البروموثيمول	أحمر الكريزول
منطقة الانعطاف	3 - 4,4	6 - 7,6	7,2 - 8,8

نعاير بقياس pH، حجما  $V_A = 15 \text{ mL}$  من محلول مائي ( $S_A$ ) لحمض اللاكتيك  $AH$  تركيزه  $C_A$  بواسطة محلول مائي ( $S_B$ ) لهيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز  $C_B = 3.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . يمثل المنحنى أسفله تغيرات قيم pH الخليط بدلالة الحجم  $V_B$  المضاف من المحلول ( $S_B$ ) خلال المعايرة.

- 1.1. أكتب معادلة التفاعل الكيميائي الحاصل خلال المعايرة. 0,5
- 1.2. عيّن إحداثيتي نقطة التكافؤ  $V_{BE}$  و  $pH_E$ . 0,5
- 1.3. أحسب التركيز  $C_A$  للمحلول ( $S_A$ ). 0,5
- 1.4. اختر، معللا جوابك، الكاشف الملون الملائم لمعلمة التكافؤ من بين الكواشف الملونة المقترحة. 0,5
- 1.5. أوجد النسبة  $\frac{[A^-]}{[AH]}$  عند إضافة الحجم  $V_B = 10 \text{ mL}$  ثم استنتج النوع الكيميائي المهيمن  $AH$  أو  $A^-$ . 0,75



## 2. تفاعل حمض اللاكتيك مع الميثانول

نمزج في حوجة الكمية  $n_0 = 10^{-3} \text{ mol}$  من حمض اللاكتيك  $CH_3 - CH(OH) - COOH$  مع نفس الكمية  $n_0 = 10^{-3} \text{ mol}$  من الميثانول الخالص  $CH_3 - OH$ ، ثم نسخن بالارتداد الخليط التفاعلي لمدة زمنية معينة، فنحصل عند نهاية التفاعل على إستر E كمية مادته  $n_E = 6.10^{-4} \text{ mol}$ .

- 2.1. أذكر مميزتين للتفاعل الحاصل. 0,5
- 2.2. اقترح عاملين حركيين لتسريع تفاعل الأسترة. 0,5
- 2.3. أكتب باستعمال الصيغ نصف المنشورة معادلة التفاعل الحاصل بين حمض اللاكتيك والميثانول. 0,5
- 2.4. أحسب المردود  $r$  عند نهاية التفاعل. 0,75

## التمرين الثاني (2,5 نقط)

### تحديد سرعة انتشار موجة فوق الصوتية في سائل

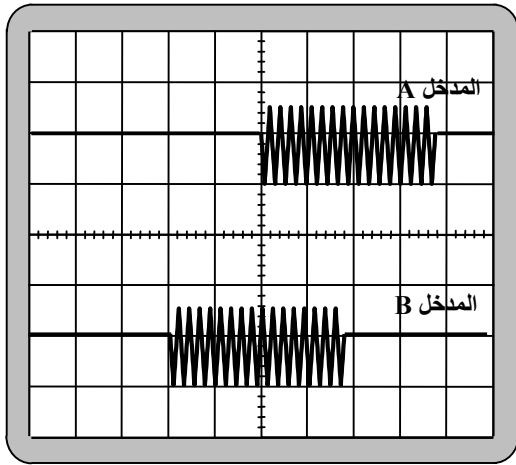
تنتشر الموجات الميكانيكية في الأوساط المادية فقط، وتزداد سرعة انتشارها مع كثافة الوسط المادي. لتحديد القيمة التقريبية لسرعة الانتشار  $V_p$  لموجة فوق الصوتية تنتشر في البترول (سائل) نقوم بالتجربة التالية:

عند نفس اللحظة  $t=0$ ، نرسل موجتين فوق الصوتيتين بواسطة باعثين  $E_1$  و  $E_2$  مرتبطين بمولد GBF ومثبتين في أحد طرفي حوض يحتوي على كمية من البترول، فتنتشر إحداهما في الهواء والأخرى في البترول.

نثبت في الطرف الآخر من الحوض مستقبليين  $R_1$  و  $R_2$ ، بحيث يلتقط المستقبل  $R_1$  الموجة المنتشرة في الهواء ويلتقط المستقبل  $R_2$  الموجة المنتشرة في البترول. (انظر الشكل 1)  
نعين على شاشة راسم التذبذب الإشارتين الملتقطتين من طرف المستقبلين  $R_1$  و  $R_2$  (الشكل 2).

معطيات:

- تقطع الموجتان نفس المسافة  $L = 1,84 \text{ m}$ ؛
- سرعة الموجات فوق الصوتية في الهواء:  $V_{air} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ ؛
- الحساسية الأفقية لراسم التذبذب:  $2 \text{ ms / div}$ .



الشكل 2



الشكل 1

1. هل الموجات فوق الصوتية مستعرضة أم طولية؟ علل جوابك. 0,5
2. اعتمادا على الشكل 2، حدد قيمة التأخر الزمني  $\tau$  بين الموجتين الملتقطتين. 0,5
3. بيّن أن تعبير  $\tau$  يكتب على الشكل:  $\tau = L \cdot \left( \frac{1}{V_{air}} - \frac{1}{V_p} \right)$ . 0,75
4. أوجد القيمة التقريبية للسرعة  $V_p$ . 0,75

### التمرين الثالث (5 نقط)

خصص أستاذ مع تلامذته حصة الأشغال التطبيقية الخاصة بمادة الفيزياء لتحديد سعة مكثف بطريقتين تجريبتين مختلفتين وللقيام بدراسة دارة  $RLC$  متوالية.

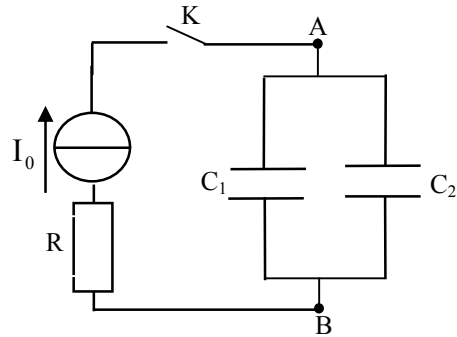
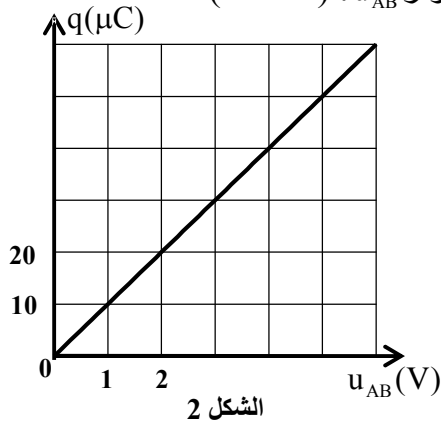
#### I- التحديد التجريبي لسعة مكثف

##### 1. باستعمال مولد مؤمّن للتيار الكهربائي

تحت إشراف أستاذ المادة، أنجزت مجموعة أولى من تلاميذ القسم التركيب التجريبي الممثل في الشكل 1 (الصفحة 5) والمكوّن من:

- مولد مؤمّن للتيار يزود الدارة بتيار كهربائي شدته  $I_0$ ؛
- موصل أومي مقاومته  $R$ ؛
- مكثفين ( $C_1$ ) و ( $C_2$ ) مركبين على التوازي، سعة الأول  $C_1 = 7,5 \mu F$  و سعة الآخر  $C_2$  مجهولة؛
- قاطع التيار  $K$ .

عند لحظة  $t = 0$ ، أغلق أحد التلاميذ الدارة. بواسطة نظام مسك معلوماتي، تم الحصول على منحنى تغيرات الشحنة الكهربائية  $q$  للمكثف المكافئ للمكثفين  $(C_1)$  و  $(C_2)$  بدلالة التوتر  $u_{AB}$ . (الشكل 2)



1.1 ما الفائدة من تركيب المكثفات على التوازي؟ 0,5

1.2 باستثمار منحنى الشكل 2، حدد قيمة  $C_{eq}$  سعة المكثف المكافئ للمكثفين  $(C_1)$  و  $(C_2)$ . 0,75

1.3 استنتج قيمة السعة  $C_2$ . 0,5

2. بدراسة استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

أنجزت مجموعة ثانية من تلامذة نفس القسم التركيب التجريبي الممثل في الشكل 3 والمكون من :

- مولد مؤمّنل للتوتر قوته الكهرمحركة  $E$  ؛

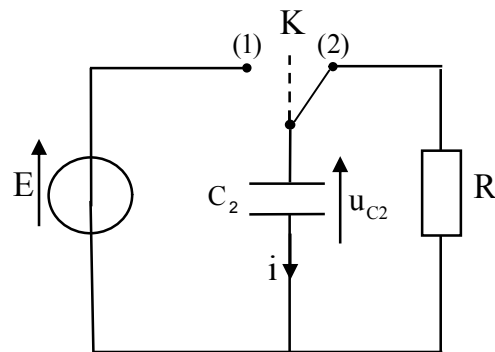
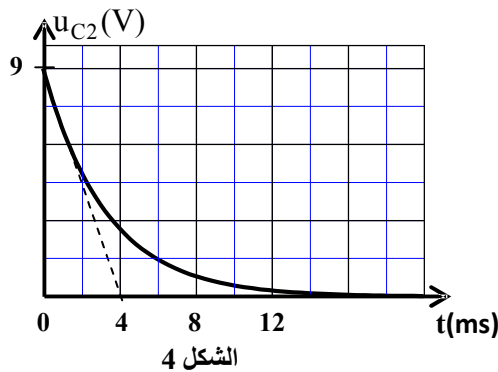
- موصل أومي مقاومته  $R = 1600 \Omega$  ؛

- المكثف السابق ذي السعة  $C_2$  ؛

- قاطع التيار  $K$  ذي موضعين.

بعد الشحن الكلي للمكثف، أرجح أحد التلاميذ قاطع التيار إلى الموضع (2) عند لحظة  $t = 0$ .

بواسطة نظام مسك معلوماتي، تم الحصول على منحنى تغيرات التوتر  $u_{C_2}(t)$  بين مربطي المكثف (الشكل 4).



2.1 أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_{C_2}(t)$  أثناء تفريغ المكثف. 0,5

2.2 يكتب حل هذه المعادلة التفاضلية على شكل  $u_{C_2}(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ . أوجد تعبير ثابتة الزمن  $\tau$  بدلالة  $R$  و  $C_2$ . 0,5

2.3 حدد من جديد قيمة السعة  $C_2$ . 0,5

## II- دراسة دارة RLC متوالية

أنجز أحد التلاميذ التركيب التجريبي الممثل في الشكل 5 الذي يتضمن:

- مكثفا مشحونا كلياً سعته  $C = 2,5 \mu F$ ؛

- وشيعة معامل تحريضها  $L$  ومقاومتها  $r$ ؛

- قاطع التيار  $K$ .

بعد غلق الدارة وبواسطة نظام مسك معلوماتي، تم الحصول على تذبذبات شبه دورية لتغيرات الشحنة  $q(t)$  للمكثف.

1. 0,25 فسر سبب الحصول على تذبذبات شبه دورية.

2. للحصول على تذبذبات كهربائية مصانة، تم تركيب مولد يعطي توترا يتناسب اطرادا مع شدة التيار

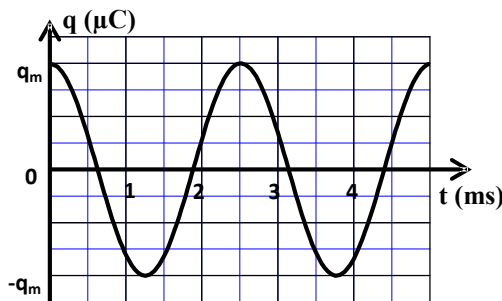
$u_C(t) = k.i(t)$ ، على التوالي في الدارة السابقة.

2.1 0,5 أثبت المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة  $q(t)$ .

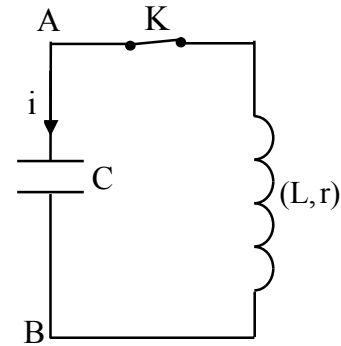
2.2 0,25 عند ضبط معامل التناسب على القيمة  $k = 5$  (في النظام العالمي للوحدات)، أصبحت التذبذبات جيبية

(الشكل 6). حدد قيمة المقاومة  $r$  للوشيعة المستعملة.

2.3 0,75 باستثمار منحنى الشكل 6، أوجد قيمة معامل التحريض  $L$  للوشيعة المستعملة.



الشكل 6



الشكل 5

## التمرين الرابع (5,5 نقط)

## الجزءان الأول والثاني مستقلان

الجزء الأول: دراسة حركة السقوط الرأسي لكرية في سائل لزج

لتحديد بعض مميزات حركة سقوط كرية في سائل لزج، ننجز التجربة التالية:

نملاً أنبوباً مدرجاً بسائل لزج وشفاف كتلته الحجمية  $\rho$  ثم نحرر داخله، بدون سرعة

بدئية، كرية متجانسة كتلتها  $m = 2.10^{-2} \text{ kg}$  وحجمها  $V$  ومركز قصورها  $G$ .

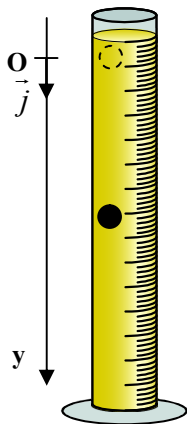
ندرس حركة مركز القصور  $G$  في معلم  $(O, \vec{j})$  مرتبط بمراجع أرضي نعتبره غاليلياً.

نمعلم موضع  $G$  عند لحظة  $t$  بالآرتوب  $y$  على محور  $Oy$  رأسي موجّه نحو الأسفل

(الشكل 1).

نعتبر أن موضع  $G$  منطبق مع أصل المحور  $Oy$  عند أصل التواريخ.

نعتبر أن دافعة أرخميدس  $\vec{F}_a$  غير مهملة بالنسبة لباقي القوى المطبقة على الكرية.



الشكل 1

ننمذج قوى الاحتكاك التي يطبقها السائل على الكرة أثناء حركتها بقوة  $\vec{f} = -k \cdot \vec{v}_G$ ، حيث  $\vec{v}_G$  متجهة سرعة G عند لحظة  $t$  و  $k$  معامل ثابت موجب.

نذكر أن شدة دافعة أرخميدس تساوي شدة وزن السائل المزاح  $F_a = \rho \cdot V \cdot g$ ، حيث  $g$  شدة الثقالة. لتحديد قيمة السرعة اللحظية لمركز قصور الكرة، نستعمل كاميرا رقمية وعدة معلوماتية ملائمة. نحصل بعد معالجة المعطيات التجريبية على منحنى الشكل 2 الذي يمثل تغيرات السرعة  $v_G$  بدلالة الزمن.

1. بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، بين أن المعادلة

$$\frac{dv_G}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot v_G = A$$

محددًا تعبير الزمن المميز  $\tau$  بدلالة  $k$  و  $m$  وتعبير

الثابتة  $A$  بدلالة  $g$  و  $m$  و  $\rho$  و  $V$ .

2. حدد مبيانيا قيمة كل من السرعة الحدية  $v_{Glim}$  و  $\tau$ .

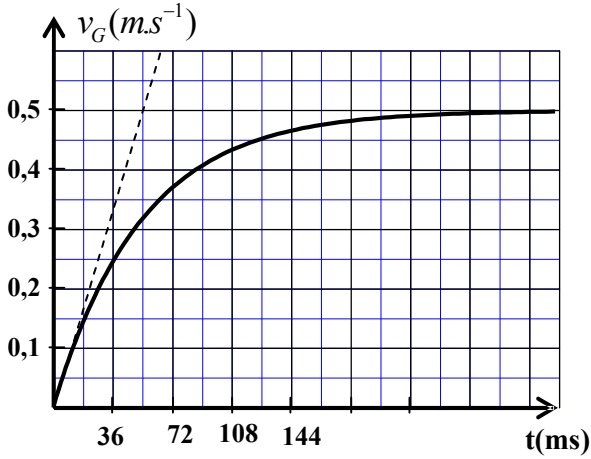
3. أوجد قيمة كل من المعامل  $k$  والثابتة  $A$ .

4. تكتب المعادلة التفاضلية لحركة G عدديا على

$$\frac{dv_G}{dt} = 9,26 - 18,52 \cdot v_G$$

أحسب القيمة التقريبية لكل من التسارع  $a_3$  والسرعة  $v_4$

باعتقاد طريقة أولير ومعطيات الجدول التالي:



الشكل 2

t (s)	$v_G$ (m.s <sup>-1</sup> )	$a_G$ (m.s <sup>-2</sup> )
⋮	⋮	⋮
0,015	0,126	$a_3$
0,020	$v_4$	6,28
0,025	0,192	5,70

الجزء الثاني: دراسة طاقة لمتذبذب ميكانيكي (جسم صلب - نابض)

ننمذج جزءا من آلة ميكانيكية بمجموعة متذبذبة أفقية تتكون من جسم صلب (S)، مركز قصوره G وكتلته  $m$ ، مثبت بطرف نابض أفقي لفاته غير متصلة وكتلته مهملة وصلابته  $K = 35 \text{ N.m}^{-1}$ . الطرف الآخر للنابض مثبت بحامل ثابت.

نزيح الجسم (S) عن موضع توازنه بالمسافة  $X_m$  ثم نحرره بدون سرعة بدئية، فينتذبذب بدون احتكاك فوق مستوى أفقي.

تتم دراسة حركة مركز القصور G في معلم  $(O, \vec{i})$  مرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا.

ينطبق موضع G عند التوازن مع الأصل O للمحور  $(O, \vec{i})$ .

نمعلم موضع G في المعلم  $(O, \vec{i})$  عند لحظة t بالأفصول x. (الشكل 3)

نختار موضع G عند التوازن ( $x = 0$ ) مرجعا لطاقة الوضع المرنة.

تكتب المعادلة الزمنية لحركة G على شكل  $x(t) = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0} + \varphi\right)$ .

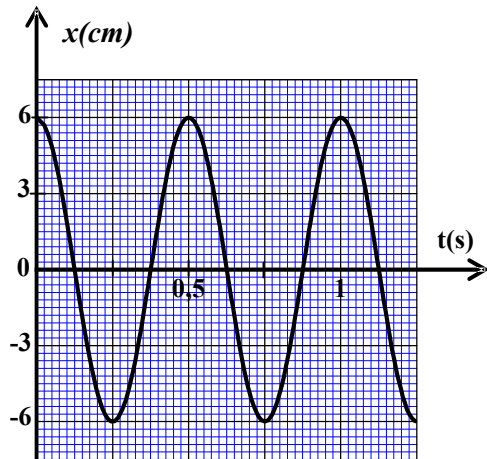
يمثل منحنى الشكل 4 تغيرات الأفصول x بدلالة الزمن.

1. حدد قيمة كل من  $X_m$  و  $T_0$  و  $\varphi$ . 0,75

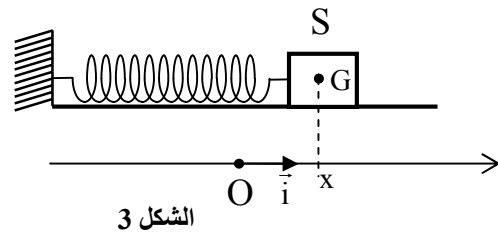
2. أوجد قيمة  $E_{pe1}$  طاقة الوضع المرنة للمتذبذب الميكانيكي عند اللحظة  $t_1 = 0,5s$ . 0,5

3. أحسب الشغل  $W_{AB}(\vec{F})$  لقوة الارتداد عندما ينتقل مركز القصور G من الموضع A ذي الأفصول

$x_A = X_m$  إلى الموضع B ذي الأفصول  $x_B = -X_m$ .



الشكل 4



الشكل 3

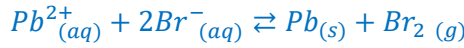
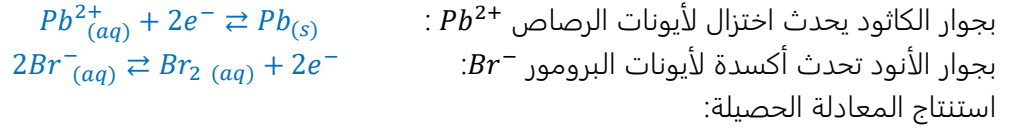


## التمرين الأول

### الجزء الأول: التحليل الكهربائي لمركب أيوني (برومور الرصاص).

1- أسم الإلكترود الذي يتكون بجواره ثنائي البروم:  
بما ان ايونات البرومور  $Br^-$  تتأكسد إلى ثنائي البروم  $Br_2$  فإن الاكسدة تحدث بجوار الأنود.

2- معادلة التفاعل الكيميائي الحاصل بجوار كل إلكترود:



3- تحديد شدة التيار  $I$  المار في الدارة خلال المدة  $\Delta t$ :

الجدول الوصفي:

معادلة التفاعل		$Pb^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \rightleftharpoons Pb_{(s)} + Br_{2(g)}$				كمية مادة
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة بالمول				الالكترونات المنتقلة
الحالة البدئية	0	$n_i(Pb^{2+})$	$n_i(Br^-)$	0	0	$n(\acute{e}) = 0$
بعد تمام المدة $\Delta t$	$x$	$n_i(Pb^{2+}) - x$	$n_i(Br^-) - 2x$	$x$	$x$	$n(\acute{e}) = 2x$

حسب الجدول الوصفي:

$$\begin{cases} n(\acute{e}) = 2x \\ n(Pb) = x = \frac{m}{M(Pb)} \Rightarrow n(\acute{e}) = \frac{2m}{M(Pb)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q = I \cdot \Delta t \\ Q = n(\acute{e}) \cdot F \end{cases} \Rightarrow I \cdot \Delta t = n(\acute{e}) \cdot F \Rightarrow I = \frac{n(\acute{e}) \cdot F}{\Delta t}$$

$$I = \frac{2m \cdot F}{M(Pb) \cdot \Delta t}$$

$$I = \frac{2 \times 20,72 \times 9,65 \cdot 10^4}{207,2 \times 3600} \Rightarrow I = 5,36 A$$

ت.ع:

4- حساب حجم الغاز  $V$  ل  $Br_2$  المتكون خلال المدة  $\Delta t$ :

حسب الجدول الوصفي:

$$n(Pb) = n(Br_2)$$

$$\frac{m}{M(Pb)} = \frac{V}{V_m}$$

$$V = \frac{m \cdot V_m}{M(Pb)}$$

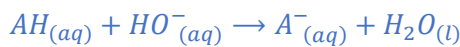
$$V = \frac{20,72 \times 70,5}{207,2} = 7,05 L \Rightarrow V \approx 7L$$

ت.ع:

### الجزء الثاني: دراسة لحمض اللاكتيك تفاعلين:

1- تفاعل حمض اللاكتيك مع هيدروكسيد الصوديوم.

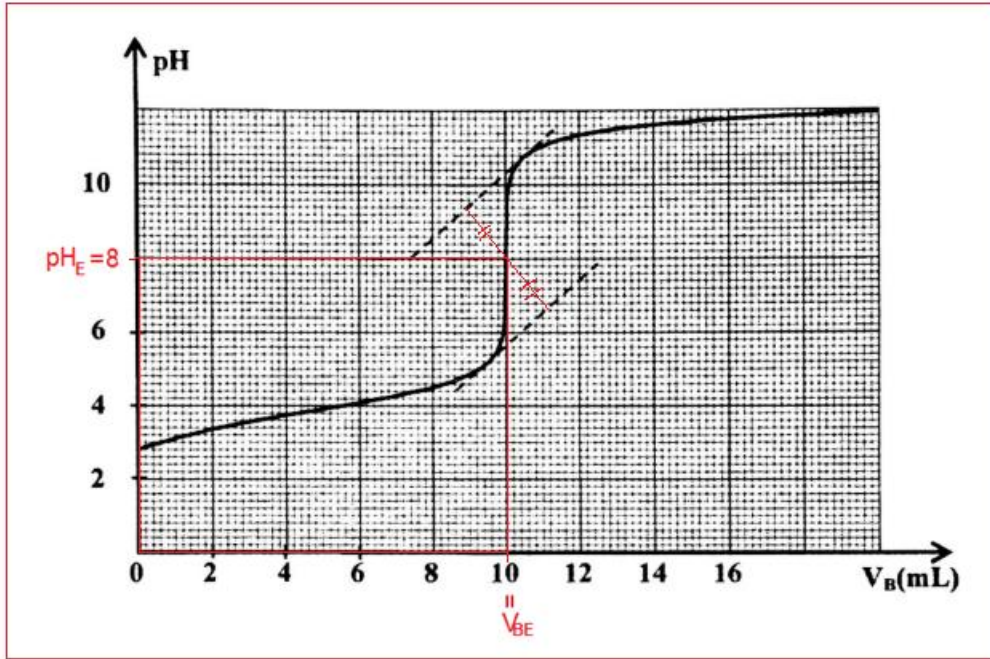
1.1- معادلة تفاعل المعايرة:



1.2- التعيين المبياني لإحداثيتين نقطة التكافؤ:

باستعمال طريقة المماسين نجد:

$$E(V_{BE} = 10 mL ; pH_E \approx 8)$$



### 1.3- حساب التركيز $C_A$ :

حسب علاقة التكافؤ:

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A}$$

$$C_A = \frac{3 \cdot 10^{-2} \times 10}{15} \Rightarrow C_A = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

ت.ع:

### 1.4- اختيار الكاشف الملون الملائم لمعلمة التكافؤ:

الكاشف الملون الملائم هو الذي تضم منطقته انعطافه نقطة التكافؤ. بما ان  $pH_E$  ينتمي إلى منطقة الانعطاف [7,2 – 8,8] فإن الكاشف المناسب هو أحمر الكريزول.

### 1.5- إيجاد النسبة $\frac{[A^-]}{[AH]}$ عند إضافة الحجم $V_B = 10 \text{ mL}$ :

مبانيا عند  $V_B = 10 \text{ mL}$  نجد:  $pH = 8$  لدينا حسب العلاقة:

$$pH = pK_A + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

$$\log \frac{[A^-]}{[AH]} = pH - pK_A$$

$$\frac{[A^-]}{[AH]} = 10^{pH - pK_A} = 10^{pH} \cdot 10^{-pK_A} = K_A \cdot 10^{pH}$$

ت.ع:

$$\frac{[A^-]}{[AH]} = 10^{-3,9} \times 10^8 = 10^{4,1} \Rightarrow \frac{[A^-]}{[AH]} \approx 1,26 \cdot 10^4$$

نلاحظ أن  $\frac{[A^-]}{[AH]} > 1$  إذن  $[A^-] > [AH]$  إذن النوع المهيمن هو  $A^-$ .

### 2- تفاعل حمض اللاكتيك مع الميثانول:

#### 2.1- مميزات تفاعل الاسترة:

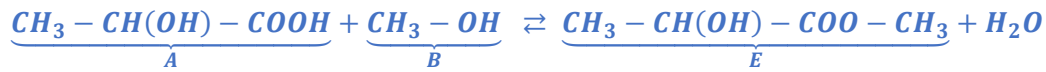
تفاعل بطيء ومحدود.

#### 2.2- عاملين لتسريع تفاعل الاسترة:

رفع درجة الحرارة.

استعمال حفاز (حمض الكبريتيك).

## 2.3- معادلة التفاعل بين حمض اللاكتيك والميثانول:



## 2.4- مردود التفاعل:

حسب تعريف المردود نكتب:

$$r = \frac{n_{exp}}{n_{th}}$$

حسب الجدول الوصفي:

معادلة التفاعل		$A + B \rightleftharpoons E + H_2O$			
حالة المجموعة	التقدم	كميات المادة ب (mol)			
البدئية	0	$n_0$	$n_0$	0	0
البيئية	$x$	$n_0 - x$	$n_0 - x$	$x$	$x$
النهائية	$x_f$	$n_0 - x_f$	$n_0 - x_f$	$x_f$	$x_f$

$$n_E = x_f = n_{exp}$$

$$n_0 - x_{max} = 0 \Rightarrow n_0 = x_{max} = n_{tho}$$

$$r = \frac{n_E}{n_0}$$

$$r = \frac{6.10^{-4}}{10^{-3}} = 0,60$$

$$r = 60 \%$$

ت.ع:

## التمرين الثاني

### تحديد سرعة انتشار موجة فوق صوتية في سائل

1- هل الموجة فوق صوتية طولية ام مستعرضة؟  
الموجة طولية لأن اتجاه تشويها موازي لاتجاه انتشارها.

### 2- تحديد التأخر الزمني $\tau$ :

$$\tau = x \cdot S_H$$

لدينا:

$$\tau = 2 \text{div} \times 2 \text{ms/div} \Rightarrow \tau = 4 \text{ms}$$

مبيانيا نجد:

### 3- إثبات العلاقة: $\tau = L \cdot \left( \frac{1}{V_{air}} - \frac{1}{V_P} \right)$ :

تنتشر الموجة فوق صوتية (1) في الهواء بسرعة انتشار  $V_{air}$ , حيث تقطع المسافة  $L$  خلال المدة  $t_1$ . نكتب:  $V_{air} = \frac{L}{t_1}$  أي:

$$t_1 = \frac{L}{V_{air}}$$

تنتشر الموجة فوق صوتية (2) في البترول بسرعة انتشار  $V_P$  و تقطع نفس المسافة  $L$  خلال المدة  $t_2$ . نكتب:  $V_P = \frac{L}{t_2}$  أي:

$$t_2 = \frac{L}{V_P}$$

التأخر الزمني للموجة فوق الصوتية (1) بالنسبة للموجة (2) هو  $\tau = t_1 - t_2$  (لأن  $t_1 > t_2$  لأن  $V_P > V_{air}$ )

$$\tau = \frac{L}{V_{air}} - \frac{L}{V_P} \Rightarrow \tau = L \cdot \left( \frac{1}{V_{air}} - \frac{1}{V_P} \right)$$

### 4- القيمة التقريبية ل $V_P$ :

$$\tau = \frac{L}{V_{air}} - \frac{L}{V_P} \Rightarrow \frac{L}{V_P} = \frac{L}{V_{air}} - \tau \Rightarrow \frac{V_P}{L} = \frac{1}{\frac{L}{V_{air}} - \tau}$$

$$V_P = \frac{L}{\frac{L}{V_{air}} - \tau}$$

$$V_P = \frac{1,84}{\frac{1,84}{340} - 4.10^{-3}} = 1303 \text{ m.s}^{-1} \Rightarrow V_P \approx 1,3.10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

## التمرين الثالث

### I- التحديد التحريبي لسعة مكثف

1- باستعمال مولد مؤمّل للتيار الكهربائي

1.1- فائدة تركيب المكثفات على التوازي هي:

تضخيم السعة.

1.2- تحديد قيمة  $C_{eq}$  سعة المكثف المكافئ:

المنحنى  $q = f(u_{AB})$  الممثل في الشكل 2 عبارة عن دالة خطية معادتها تكتب:  $q = K \cdot u_{AB}$

$$K = \frac{\Delta q}{\Delta u_{AB}} = \frac{10 \cdot 10^{-6} - 0}{1 - 0} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ C}$$

نعلم ان:  $q = C_{eq} \cdot u_{AB}$  وبالتالي:  $C_{eq} = K$  نستنتج:  $C_{eq} = 10 \mu\text{C}$

1.3- استنتاج قيمة  $C_2$ :

المكثفان مركبان على التوازي سعتهما المكافئة تكتب:  $C_{eq} = C_1 + C_2$

$$C_2 = C_{eq} - C_1 \Rightarrow C_2 = 10 - 7,5 \Rightarrow C_2 = 2,5 \mu\text{F}$$

2- دراسة استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر

2.1- إثبات المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_{C2}$  أثناء التفريغ:

حسب قانون إضافية التوترات:

$$u_R + u_{C2} = 0$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C_2 u_{C2})}{dt} = C_2 \cdot \frac{du_{C2}}{dt} \quad \text{لدينا:}$$

$$u_R = R \cdot i \quad \text{حسب قانون اوم:}$$

$$R \cdot C_2 \cdot \frac{du_{C2}}{dt} + u_{C2} = 0 \quad \text{المعادلة التفاضلية تكتب:}$$

2.2- تعبير  $\tau$  بدلالة  $R$  و  $C_2$ :

$$\frac{du_{C2}}{dt} = -\frac{1}{\tau} \cdot E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{ومنه: } u_{C2} = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$R \cdot C_2 \left(-\frac{1}{\tau} \cdot E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \quad \text{نعوض في المعادلة التفاضلية:}$$

$$-\frac{R \cdot C_2}{\tau} E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

$$E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \left(-\frac{R \cdot C_2}{\tau} + 1\right) = 0$$

لكي تتحقق هذه المعادلة يجب ان يكون:

$$-\frac{R \cdot C_2}{\tau} + 1 = 0 \Rightarrow \frac{R \cdot C_2}{\tau} = 1$$

$$\tau = R \cdot C_2$$

2.3- تحديد قيمة  $C_2$ :

باستعمال منحنى الشكل 4 نحدد ثابتة الزمن نجد  $\tau = 4 \text{ ms}$

$$\tau = R \cdot C_2 \Rightarrow C_2 = \frac{\tau}{R}$$

$$C_2 = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{1600} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow C_2 = 2,5 \mu\text{F}$$

II- دراسة دائرة RLC متوالية

1- سبب الحصول على تذبذبات شبه دورية:

هو وجود المقاومة في الدارة (مقاومة الوشيعه) الذي يؤدي إلى تبدد الطاقة إلى طاقة حرارية.

2.1- إثبات المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة  $q(t)$ :

حسب قانون إضافية التوترات:

$$u_R + u_L = u_G$$

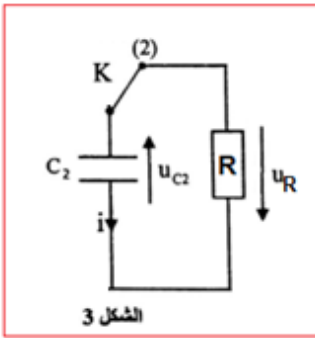
$$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + u_C = k \cdot i$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i - k \cdot i = u_C = 0$$

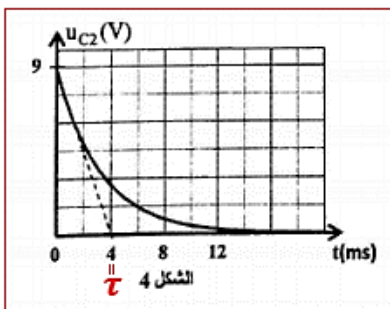
$$L \cdot \frac{di}{dt} + (r - k) \cdot i + u_C = 0$$

$$u_C = \frac{q}{C} \quad \text{أي: } q = C \cdot u_C \quad \text{و } \frac{di}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{dq}{dt} \right) = \frac{d^2 q}{dt^2} \quad \text{و } i = \frac{dq}{dt}$$

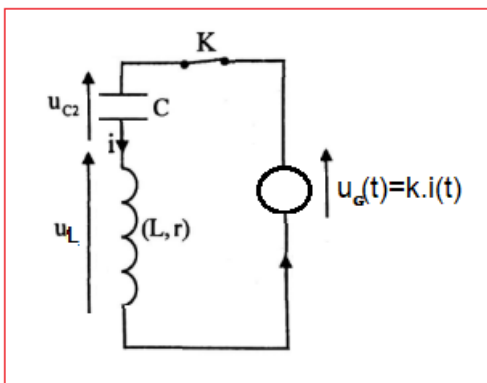
$$L \cdot \frac{d^2 q}{dt^2} + (r - k) \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} \cdot q = 0$$



الشكل 3



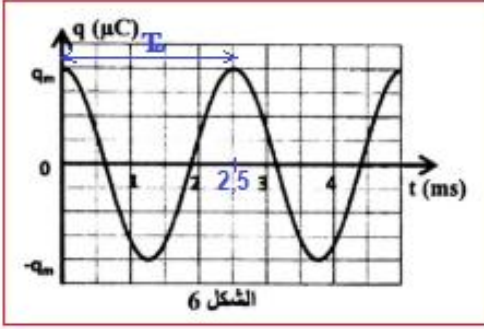
الشكل 4



$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{(r-k)}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{L.C} \cdot q = 0$$

2-2- تحديد  $r$  مقاومة الوشيجة:

تصبح التذبذبات جيبيه عندما يكون المقدار المسؤول عن الخمود منعدم:  $\frac{(r-k)}{L} \cdot \frac{dq}{dt} = 0$  أي:  $\frac{(r-k)}{L} = 0$  ومنه:  $r = k = 5\Omega$



2-3- إيجاد معامل التحريض  $L$ :

حسب الشكل 6 قيمة الدور الخاص هي:

$$T_0 = 2,5 \text{ ms}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$$

$$T_0^2 = 4\pi^2 LC$$

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

$$L = \frac{(2,5 \cdot 10^{-3})^2}{4\pi^2 \times 2,5 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow L \approx 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ H} = 63 \text{ mH} \quad \text{ت.ع.}$$

## التمرين الرابع

الجزء الأول: دراسة حركة السقوط الرأسي لكرة في سائل لزج

1- إثبات المعادلة التفاضلية:

المجموعة المدروسة: {الكرة}

جهد القوى:  $\vec{P}$ : وزن الكرة،  $\vec{F}_A$ : دافعة أرخميدس،  $\vec{f}$ : قوة احتكاك المائع نعتبر المعلم  $(O, \vec{j})$  المرتبط بمرجع أرضي غاليليا.

نطبق القانون الثاني لنيوتن على الكرة نكتب:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$$

الاسقاط على المحور  $Oy$ :

$$P - F_A - f = m \cdot a_G$$

$$m \cdot g - \rho \cdot V \cdot g - k \cdot v_G = m \cdot \frac{dv_G}{dt}$$

$$\frac{dv_G}{dt} + \frac{k}{m} \cdot v_G = g \left(1 - \frac{\rho \cdot V}{m}\right)$$

نضع:  $A = g \left(1 - \frac{\rho \cdot V}{m}\right)$  و  $\tau = \frac{m}{k}$  أي:  $\frac{1}{\tau} = \frac{k}{m}$

نحصل على المعادلة التفاضلية:  $\frac{dv_G}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot v_G = A$

2- التحديد المبياني ل  $v_{Glim}$  و  $\tau$ :

$$\text{نجد: } v_{Glim} = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ و } \tau = 54 \text{ ms}$$

3- إيجاد قيمة  $k$  و الثابتة  $A$ :

حسب تعبير الزمن المميز:  $\tau = \frac{m}{k}$  أي:  $\frac{1}{\tau} = \frac{k}{m}$

$$k = \frac{m}{\tau}$$

$$k = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{54 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow k = 0,37 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{ت.ع.}$$

في النظام الدائم تصل سرعة الكرة إلى قيمتها الحدية، أي أن سرعتها

تبقى ثابتة:  $v_G = v_{Glim} = cte$  إذن:  $\frac{dv_G}{dt} = 0$

المعادلة التفاضلية تكتب:  $\frac{1}{\tau} \cdot v_{Glim} = A$  ت.ع.  $A = \frac{0,5}{54 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow A = 9,26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

4- حساب التسارع  $a_3$  و السرعة  $a_4$ :

المعادلة التفاضلية:  $a_i = 9,26 - 18,52 \cdot v_i$

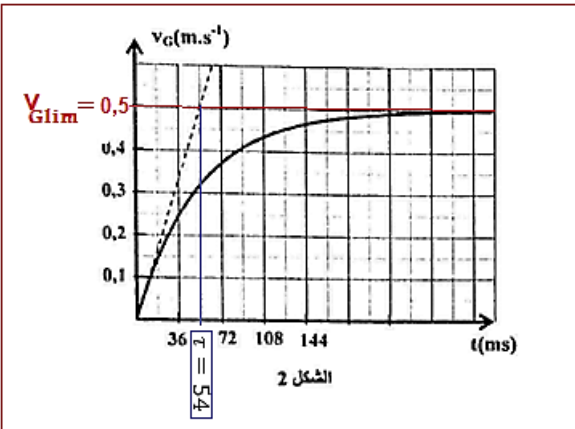
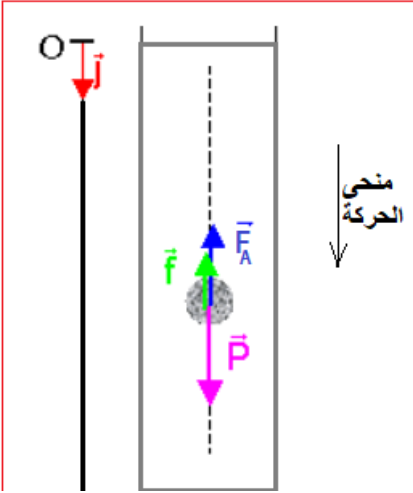
تعبير التسارع  $a_3$ :  $a_3 = 9,26 - 18,52 \cdot v_3$

$$a_3 = 9,26 - 18,52 \times 0,126 \Rightarrow a_3 \approx 6,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \text{ت.ع.}$$

لتحديد السرعة  $v_4$  نستعمل طريقة أولير:  $v_{i+1} = a_i \cdot \Delta t + v_i$

مع:  $\Delta t$  خطوة الحساب:  $\Delta t = t_{i+1} - t_i = 0,020 - 0,015 = 0,005 \text{ s}$

$$v_4 = 6,93 \times 0,005 + 0,126 \Rightarrow v_4 \approx 0,161 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{ت.ع. } v_4 = a_3 \cdot \Delta t + v_3$$



## الجزء الثاني: دراسة طاقة لمتذبذب ميكانيكي (جسم صلب-ناض)

1- تحديد قيمة كل من  $X_m$  و  $T_0$  و  $\varphi$ :

بالاعتماد على منحنى الشكل 3:

الوسع:  $X_m = 6 \text{ cm}$

الدور الخاص:  $T_0 = 0,5 \text{ s}$

الطور عند أصل التواريخ:  $\varphi$  نحدده باستعمال الشروط البدئية:

عند  $t = 0$  باستعمال المعادلة التفاضلية:  $x(t) = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$

$$x(0) = X_m \cdot \cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{x(0)}{X_m}$$

باستعمال منحنى الشكل 4 نجد:  $x(0) = X_m = 6 \text{ cm}$

$$\cos\varphi = \frac{X_m}{X_m} = 1 \Rightarrow \varphi = 0$$

2- قيمة  $E_{pe1}$  طاقة الوضع المرنة للمتذبذب الميكانيكي عند اللحظة  $t_1 = 0,5 \text{ s}$ :

تعبير  $E_{pe}$ :  $E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot x^2 + cte$  باعتبار موضع التوازن  $x = 0$  مرجعا لطاقة

الوضع المرنة  $E_{pe} = 0$  فإن  $cte = 0$

عند اللحظة  $t_1 = 0,5 \text{ s}$  تعبیر طاقة الوضع المرنة  $E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot x_1^2$

مع  $x_1 = X_m = 6 \text{ cm}$  أفصول  $G$  عند  $t_1$  (انظر منحنى الشكل 4)

$$E_{pe1} = \frac{1}{2} \times 35 \times (6 \times 10^{-2})^2 \Rightarrow E_{pe1} = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

3- حساب شغل قوة الارتداد  $W_{AB}(\vec{F})$  عندما ينتقل من  $A$  ذي الأفصول  $x_A = X_m$  إلى الموضع  $B$  ذي الأفصول  $x_B = -X_m$ :

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\Delta E_{pe} = -(E_{peB} - E_{peA}) = -\left(\frac{1}{2} K \cdot x_B^2 - \frac{1}{2} K \cdot x_A^2\right)$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = \frac{1}{2} K [X_m^2 - (-X_m)^2] = \frac{1}{2} K (X_m^2 - X_m^2)$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = 0 \text{ J}$$

