



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

التمرين الأول (7 نقط) :

- التحليل الكهربائي لمحلول نترات الرصاص
- دراسة تفاعلين لحمض البروبانويك

التمرين الثاني (3 نقط) :

- دراسة تفاعل الاندماج النووي

التمرين الثالث (4,5 نقط) :

- دراسة ثنائي القطب RC أثناء الشحن
- دراسة خمود وصيانة التذبذبات الكهربائية

التمرين الرابع (5,5 نقط) :

- دراسة حركة دقيقة مشحونة في مجال مغناطيسي منتظم
- دراسة طاقة أنوار بسيط

## التمرين الأول (7 نقط)

سلم  
التنقيط

## الجزءان الأول والثاني مستقلان

## الجزء الأول (2 نقط) : التحليل الكهربائي لمحلول نترات الرصاص

ننجز التحليل الكهربائي لمحلول مائي لنترات الرصاص  $Pb_{(aq)}^{2+} + 2NO_3^{-}(aq)$ .

نضع هذا المحلول في محلل كهربائي ونمرر تيارا كهربائيا مستمرا شدته ثابتة  $I = 0,7 A$  بين الإلكترودين (A) و (B) للمحلل خلال المدة الزمنية  $\Delta t = 60 \text{ min}$ .

نلاحظ خلال هذا التحليل الكهربائي، توضع فلز الرصاص على الإلكترود (A) وتكوّن غاز ثنائي الأوكسجين بجوار الإلكترود (B).

## معطيات :

- المزدوجتان المتدخلتان في التفاعل :  $Pb_{(aq)}^{2+} / Pb_{(s)}$  و  $O_2(g) / H_2O_{(l)}$  ؛

- ثابتة فرادي:  $1F = 9,65.10^4 C.mol^{-1}$  ؛

- الحجم المولي للغاز في ظروف التجربة :  $V_m = 24 L.mol^{-1}$ .

انقل(ي) على ورقة التحرير رقم السؤال واكتب(ي) بجانبه الجواب الصحيح من بين الأجوبة الأربعة المقترحة دون إضافة أي تعليل أو تفسير.

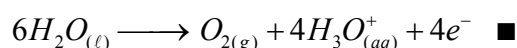
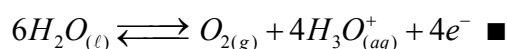
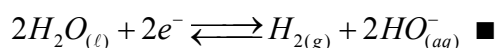
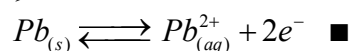
1. التحليل الكهربائي المدروس هو تحول: 0,5

■ فيزيائي ■ قسري ■ تلقائي ■ حمض- قاعدة

2. خلال التحليل الكهربائي المدروس : 0,5

- الإلكترود (A) هو الأنود وجواره يتأكسد الرصاص.
- الإلكترود (A) هو الكاثود وجواره تختزل أيونات الرصاص.
- الإلكترود (B) هو الأنود وجواره يحدث تفاعل اختزال.
- الإلكترود (B) هو الكاثود وجواره يختزل الماء.

3. معادلة التفاعل الحاصل عند الإلكترود (B) هي : 0,5



4. الحجم  $v(O_2)$  لغاز ثنائي الأوكسجين الناتج خلال المدة  $\Delta t$  هو: 0,5

■  $v(O_2) \approx 0,16 L$  ■  $v(O_2) \approx 0,16 mL$  ■  $v(O_2) \approx 0,64 L$  ■  $v(O_2) \approx 0,64 mL$  ■

## الجزء الثاني (5 نقط) : دراسة تفاعلين لحمض البروبانويك

يستعمل حمض البروبانويك كمادة حافظة للأغذية ويحمل الرمز E280 ؛ نجده في الأجبان والمشروبات

والمعلبات ، كما يستعمل في تحضير بعض العطور ومستحضرات التجميل وبعض الأدوية.

يهدف هذا الجزء في مرحلة أولى إلى دراسة تفاعل محلول حمض البروبانويك مع محلول هيدروكسيد

الصوديوم، وفي مرحلة ثانية إلى دراسة تفاعله مع الإيثانول.

معطيات:

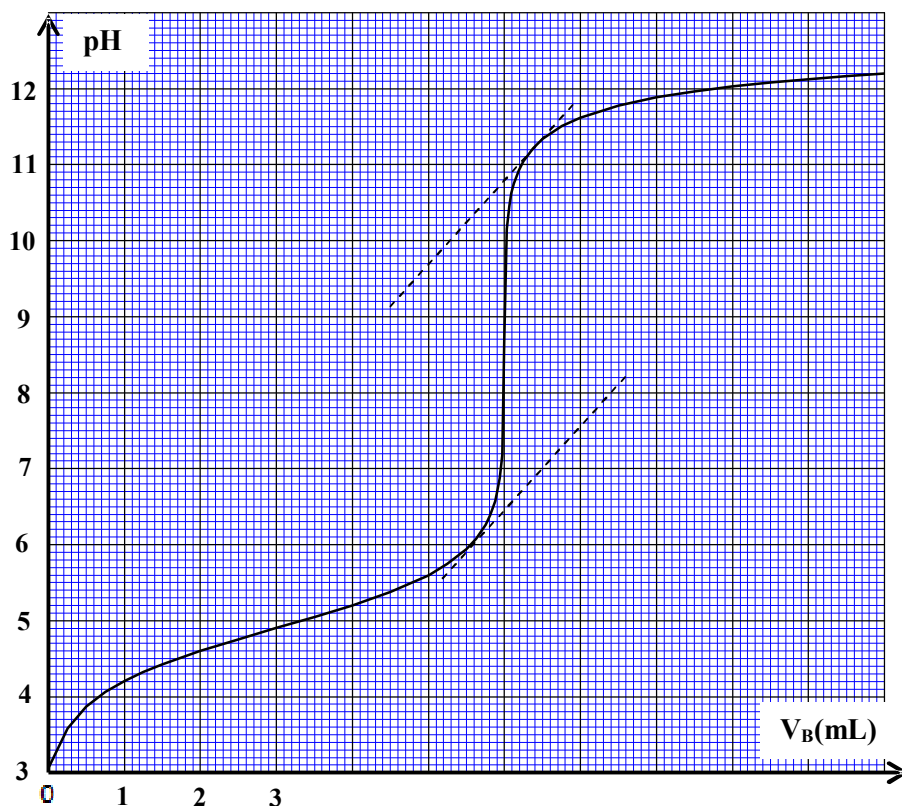
- تمت جميع القياسات عند درجة الحرارة  $25^{\circ}\text{C}$  ؛
- الجداء الأيوني للماء :  $K_e = 10^{-14}$  ؛
- نرسم لحمض البروبانويك  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  بـ  $\text{AH}$  و لقاعدته المرافقة بـ  $\text{A}^-$  ؛
- ثابتة الحمضية للمزدوجة  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}_{(aq)} / \text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-_{(aq)}$  :  $K_A = 10^{-4,9}$  ؛
- منطقة الانعطاف لبعض الكواشف الملونة :

الكاشف الملون	الهيلاننتين	أزرق البروموثيمول	أزرق الثيمول
منطقة الانعطاف	3 - 4,4	6 - 7,6	8 - 9,6

1- تفاعل حمض البروبانويك مع هيدروكسيد الصوديوم

نعابير بقياس pH ، حجما  $V_A = 5\text{ mL}$  من محلول مائي ( $S_A$ ) لحمض البروبانويك  $\text{AH}$  تركيزه  $C_A$  بواسطة محلول مائي ( $S_B$ ) لهيدروكسيد الصوديوم ذي التركيز  $C_B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .  
يمثل منحنى الشكل 1 تغير pH الخليط بدلالة الحجم  $V_B$  للمحلول ( $S_B$ ) المضاف خلال المعايرة.

- 1.1. عين إحداثيتي نقطة التكافؤ:  $V_{BE}$  و  $\text{pH}_E$ . 0,5
- 1.2. بحساب ثابتة التوازن  $K$  المقرونة بتفاعل المعايرة، بيّن أن هذا التفاعل كلي. 1
- 1.3. احسب التركيز  $C_A$ . 0,5
- 1.4. اختر من بين الكواشف الملونة المقترحة، الكاشف الملون الملائم لمعلمة التكافؤ. علل الجواب. 0,5
- 1.5. حدد معللا جوابك، النوع المهيمن  $\text{AH}$  أو  $\text{A}^-$  عند إضافة الحجم  $V_B = 7\text{ mL}$ . 0,5



الشكل 1

## 2. تفاعل حمض البروبانويك مع الإيثانول

نمزج في حوالة  $n_0=0,50 \text{ mol}$  من حمض البروبانويك و  $n_0=0,50 \text{ mol}$  من الإيثانول الخالص، ثم نسخن بالارتداد الخليط التفاعلي لمدة زمنية معينة، فنحصل عند نهاية التفاعل على مركب عضوي E كمية مادته  $n_E=0,33 \text{ mol}$ .

- 2.1. اذكر مميزتين للتفاعل الحاصل. 0,5  
 2.2. اكتب الصيغة نصف المنشورة للمركب العضوي E و أعط اسمه. 0,5  
 2.3. أنشئ الجدول الوصفي لتقدم التفاعل. 0,5  
 2.4. احسب المردود r لهذا التفاعل. 0,5

## التمرين الثاني (3 نقط)

## دراسة تفاعل الاندماج النووي

تكون الهيليوم انطلاقا من الدوتيريوم والتريسيوم (نظيرا الهيدروجين) هو تفاعل اندماج نووي يحدث تلقائيا وباستمرار في قلب النجوم محمرا طاقة هائلة. وقد حاول الإنسان إحداث هذا التفاعل في المختبر من أجل استغلال الطاقة المحررة والتحكم في استعمالها عند الضرورة، لكن الطريق لا زال طويلا للتغلب على مختلف العوائق التقنية. نمذج هذا التفاعل النووي بالمعادلة التالية:  $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \longrightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$ .

معطيات :

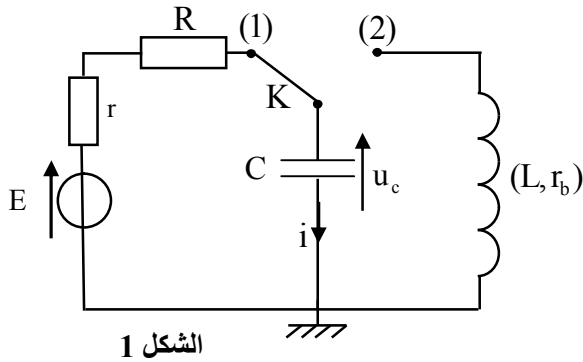
النوترون	الهيليوم	التريسيوم	الدوتيريوم	الدقيقة
1,00866	4,00150	3,01550	2,01355	الكتلة (u)

- سرعة الضوء في الفراغ:  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ؛  
 - ثابتة بلانك:  $h = 6,626.10^{-34} \text{ J.s}$  ؛  
 -  $1\text{u} = 931,5 \text{ MeV.c}^{-2}$  ؛  
 -  $1\text{MeV} = 1,6.10^{-13} \text{ J}$  .

1. حدد العددين A و Z لنواة الهيليوم. 0,5  
 2. احسب بالوحدة MeV الطاقة المحررة  $E_{\text{lib}}$  خلال هذا التفاعل النووي. 0,75  
 3. نفترض أن كل الطاقة المحررة قد تحولت إلى إشعاع كهرومغناطيسي. حدد طول الموجة  $\lambda$  لهذا الإشعاع. 0,75  
 4. تحتوي عينة من التربة على عنصر التريسيوم المشع. عند اللحظة  $t=0$  يكون النشاط الإشعاعي لهذه العينة هو  $a_0 = 2,0.10^6 \text{ Bq}$ ، ويكون نشاطها الإشعاعي  $a_1 = 1,6.10^6 \text{ Bq}$  عند اللحظة  $t_1 = 4 \text{ ans}$ .  
 احسب النشاط الإشعاعي  $a_2$  للعينة المدروسة عند اللحظة  $t_2 = 12,4 \text{ ans}$ .

## التمرين الثالث (4,5 نقط)

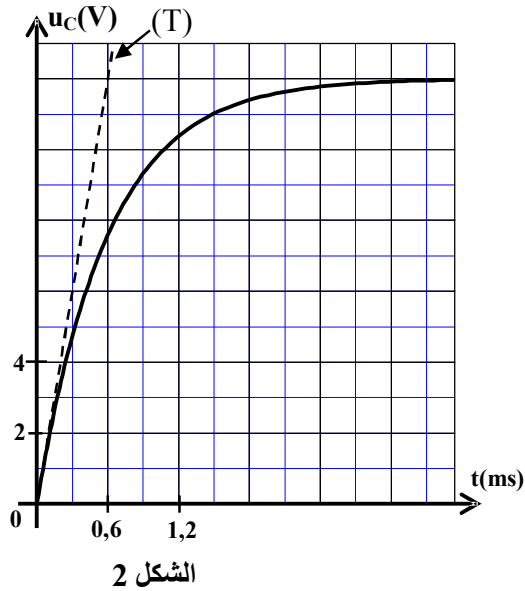
تمكن بعض ثنائيات القطب الكهربائية كالمكثفات والوشيعات من تخزين الطاقة، لكن هذه الأخيرة تتبدد مع مرور الزمن خلال انتقالها في الدارة الكهربائية، ويمكن تعويض الطاقة المبددة بالاستعانة بأجهزة ملائمة. ندرس في مرحلة أولى تصرف ثنائي القطب RC أثناء شحن المكثف، وفي مرحلة ثانية ندرس خمود وصيانة التذبذبات في دارة RLC متوالية. لهذا الغرض، ننجز الدارة الكهربائية الممثلة في الشكل 1 والمكونة من:



- مولد للتوتر قوته الكهرومحرركة E ؛
- موصلين أوميين مقاوماتهما  $r=20\Omega$  و R ؛
- وشيعة (b) معامل تحريضها L ومقاومتها  $r_b$  ؛
- مكثف سعته C ، غير مشحون بدئياً؛
- قاطع التيار K ذي موضعين.

### 1- دراسة ثنائي القطب RC أثناء شحن المكثف

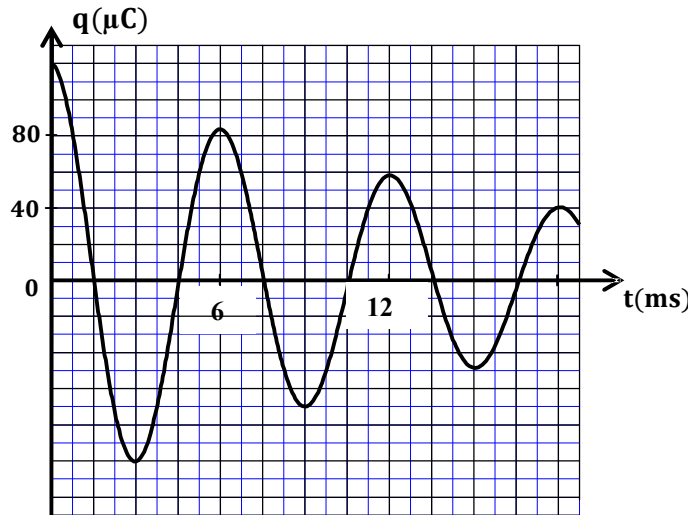
نضع قاطع التيار K في الموضع (1) عند لحظة نعتبرها أصلاً للتواريخ ( $t=0$ ) ونشغل نظام مسك معلوماتي ملائم يُمكن من خط منحنى تطور التوتر  $u_c(t)$ . يمثل المستقيم (T) المماس للمنحنى عند اللحظة  $t=0$ . (انظر الشكل 2)



- 1.1 0,5 أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_c(t)$ .
- 1.2 0,5 أوجد تعبير الثابتة A وتعبير ثابتة الزمن  $\tau$  لكي يكون  $u_c(t) = A \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  حلاً لهذه المعادلة التفاضلية.
- 1.3 0,5 تكتب شدة التيار الكهربائي على شكل  $i(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ ؛ أوجد تعبير  $I_0$  بدلالة E و r و R.
- 1.4 باستغلال منحنى الشكل 2:
  - 1.4.1 0,5 أوجد قيمة المقاومة R علماً أن  $I_0 = 0,20A$ .
  - 1.4.2 0,25 حدد قيمة  $\tau$ .
  - 1.4.3 0,25 تحقق أن سعة المكثف هي  $C = 10 \mu F$ .

### 2- دراسة خمود وصيانة التذبذبات في الدارة RLC

بعد شحن المكثف كلياً، نُورجج قاطع التيار K إلى الموضع (2) عند لحظة نعتبرها أصلاً جديداً للتواريخ. يمثل منحنى الشكل 3 تطور شحنة المكثف  $q(t)$  بدلالة الزمن.



الشكل 3

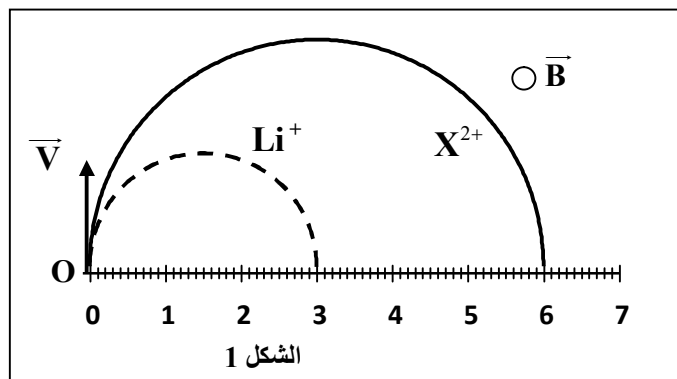
- 2.1. تعرف على نظام التذبذبات الذي يبرزه منحنى الشكل 3. 0,25
- 2.2. باعتبار شبه الدور يساوي الدور الخاص للمتذبذب الكهربائي، حدد معامل التحريض  $L$  للوشية (b). 0,5
- 2.3. احسب  $\Delta \mathcal{E}$  تغير الطاقة الكلية للدارة بين اللحظتين  $t_1 = 0 \text{ ms}$  و  $t_2 = 18 \text{ ms}$ ، ثم فسر هذه النتيجة. 0,5
- 2.4. لصيانة التذبذبات في الدارة، نركب على التوالي مع المكثف والوشية (b) السابقين مولدا (G) يزود الدارة بتوتر يتناسب اطرادا مع شدة التيار الكهربائي  $i(t) = k \cdot u_G(t)$ .
- 2.4.1. أثبت المعادلة التفاضلية التي تحققها الشحنة  $q(t)$ . 0,5
- 2.4.2. نحصل على تذبذبات كهربائية جيبيية عندما تأخذ الثابتة  $k$  في النظام العالمي للوحدات القيمة  $k = 11$ . استنتج قيمة المقاومة الكهربائية  $r_b$  للوشية (b). 0,25

### التمرين الرابع ( 5,5 نقط )

#### الجزء الأول والثاني مستقلان

#### الجزء الأول (3 نقط): دراسة حركة دقيقة مشحونة في مجال مغنطيسي منتظم

- تدخل دقيقتان مشحونتان  $\text{Li}^+$  و  $\text{X}^{2+}$  من نقطة  $O$ ، بنفس السرعة البدئية متجهتها  $\vec{V}$ ، في حيز من الفضاء به مجال مغنطيسي منتظم، متجهته  $\vec{B}$  عمودية على المتجهة  $\vec{V}$ .
- تمثل  $q_X$  و  $m_X$  على التوالي الشحنة الكهربائية والكتلة للدقيقة  $\text{X}^{2+}$ .
- نعتبر أن  $\text{Li}^+$  و  $\text{X}^{2+}$  تخضعان فقط لقوة لورنتز (Lorentz).



#### المعطيات:

- السرعة البدئية:  $V = 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ ؛
- شدة المجال المغنطيسي:  $B = 0,5 \text{ T}$ ؛
- قيمة الشحنة الابتدائية:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ؛
- كتلة الأيون  $\text{Li}^+$ :  $m_{\text{Li}} = 6,015 \text{ u}$ ؛
- $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ؛
- يمثل الشكل 1 مساري الدقيقتين
- في المجال المغنطيسي المنتظم  $\vec{B}$ ؛
- نذكر أن تعبير قوة لورنتز هو:  $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$ .

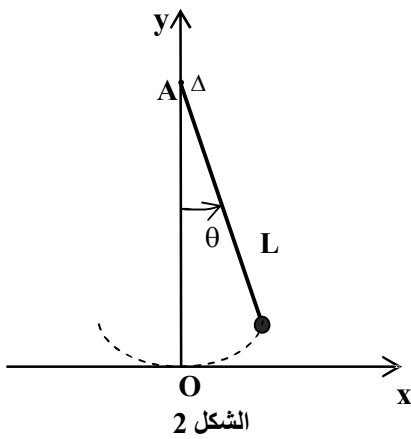
1. حدد الاتجاه والمنحى والشدة لمتجهة قوة لورنتز المطبقة على الدقيقة  $\text{Li}^+$  في النقطة  $O$ . 0,75
2. حدد منحى المتجهة  $\vec{B}$  مستعملا الرمز  $\odot$  إذا كان نحو الأمام أو الرمز  $\otimes$  إذا كان نحو الخلف. 0,25
3. بتطبيق القانون الثاني لنبيوتن في مرجع غاليلي، بين أن حركة الأيون  $\text{Li}^+$  حركة منتظمة ومسارها دائري شعاعه يكتب على الشكل  $R_{\text{Li}} = \frac{m_{\text{Li}} \cdot V}{e \cdot B}$ . 1
4. باستغلال معطيات الشكل 1، حدد النسبة  $\frac{R_X}{R_{\text{Li}}}$ ، حيث شعاع مسار الدقيقة  $\text{X}^{2+}$ . 0,25
5. تعرف، معللا جوابك، على الدقيقة  $\text{X}^{2+}$  علما أنها توجد ضمن الأيونات الثلاثة المقترحة في الجدول التالي: 0,75

$^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$	$^{26}_{12}\text{Mg}^{2+}$	$^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$	الأيون
23,985	25,983	39,952	كتلة الأيون (u)

**الجزء الثاني (2,5 نقط): دراسة طاقة لنواس بسيط**

اعتقد الفلاسفة الإغريق أن كل جسم "ثقيل" معلق بخيط ينحو نحو موضعه الطبيعي الذي هو مركز الأرض " أي إلى الأسفل". ولقد طرح النواس مشكلة حقيقية آنذاك: لماذا لا ينحو الجسم "الثقيل" المعلق بطرف خيط نحو موضعه الطبيعي مباشرة بعد تحريره من ارتفاع معين، بل يواصل حركته نحو الأعلى؟  
لقد تم حل هذه المشكلة في العصر الوسيط من طرف غاليلي ونيوتن.  
يعتبر النواس البسيط حالة خاصة للنواس الوزن.  
ندرس في هذا الجزء نواسا بسيطا من منظور طاقي .

يتكون نواس بسيط من كرية كتلتها  $m$  وأبعادها مهملة، معلقة بطرف خيط غير قابل للامتداد كتلته مهملة وطوله  $L$ . الطرف الآخر للخيط مشدود إلى حامل ثابت في النقطة  $A$ .



الشكل 2

نزيح النواس عن موضع توازنه المستقر بزاوية  $\theta_m$  ثم نحرره بدون سرعة بدئية عند اللحظة  $t = 0$ ، فينجز تذبذبات حرة في المستوى  $(O, x, y)$  حول محور ثابت  $\Delta$  أفقي يمر من النقطة  $A$ .  
ندرس حركة النواس في مرجع أرضي نعتبره غاليليا ونمعلم موضع النواس في كل لحظة  $t$  بأفصوله الزاوي  $\theta$ . (الشكل 2)  
نختار المستوى الأفقي المار من النقطة  $O$ ، موضع التوازن المستقر للنواس، مرجعا لطاقة الوضع الثقالية.  
نهمل جميع الاحتكاكات وندرس حركة النواس في حالة التذبذبات الصغيرة.

**المعطيات:**

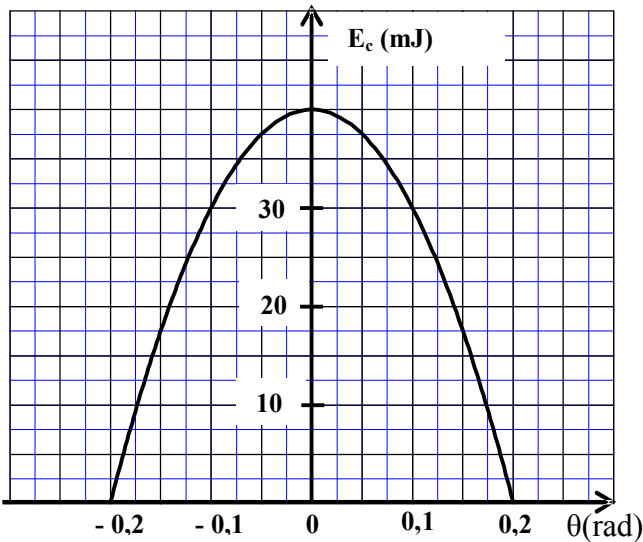
- كتلة الكرية:  $m = 350 \text{ g}$  ؛

- طول الخيط :  $L = 58 \text{ cm}$  ؛

-  $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$  ؛

- عزم قصور النواس:  $J_{\Delta} = mL^2$  ؛

بالنسبة للزاويا الصغيرة:  $\sin \theta \approx \theta$  و  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ .



الشكل 3

1. اكتب عند لحظة  $t$ ، تعبير الطاقة الميكانيكية  $E_m$  للنواس، في حالة التذبذبات الصغيرة بدلالة  $m$  و  $g$  و  $L$  و  $\theta$  والسرعة الزاوية  $\dot{\theta}$ . 0,75
2. يمثل الشكل 3 مخطط الطاقة للنواس المدروس. حدد قيمة كل من:
  - 2.1. الأفصول الزاوي الأقصى  $\theta_{\max}$  للنواس. 0,25
  - 2.2. الطاقة الميكانيكية  $E_m$  للنواس. 0,25
  - 2.3. السرعة الخطية القصوى  $v_{\max}$  للنواس. 0,5
3. احسب الأفصولين الزاويين  $\theta_1$  و  $\theta_2$  اللذين تكون فيهما طاقة الوضع تساوي الطاقة الحركية. 0,75