


الصفحة	1	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2021 - الموضوع -		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي المركز الوطني للتقويم والامتحانات	
8	*			SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS	NS 30
▽					
4h	مدة الإنجاز	الفيزياء والكيمياء		المادة	
7	المعامل	شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب)		الشعبة أو المسلك	
<p>✓ يسمح باستعمال الآلة الحاسبة العلمية غير القابلة للبرمجة.</p> <p>✓ تعطى التعابير الحرفية قبل التطبيقات العددية و تكون النتيجة مصحوبة بالوحدة.</p> <p>✓ يمكن للتمارين أن تنجز وفق ترتيب يختاره المترشح.</p> <p>يتضمن الموضوع خمسة تمارين: تمرين في الكيمياء و أربعة تمارين في الفيزياء.</p> <p>التمرين 1: الكيمياء (7 نقط)</p> <p>- الجزء I: حول حمض الفورميك.</p> <p>- الجزء II: العمود رصاص - حديد.</p> <p>التمرين 2: الموجات (2 نقط)</p> <p>- التحقق من نقاء زيت.</p> <p>التمرين 3: التحولات النووية (1,5 نقطة)</p> <p>- استقرار النوى- تفاعل الانشطار.</p> <p>التمرين 4: الكهرباء (5 نقط)</p> <p>- شحن مكثف وتفريغه في وشيعة ،</p> <p>- تضمين وازالة تضمين الوسع لموجة كهر مغناطيسية.</p> <p>التمرين 5 : الميكانيك (4,5 نقط)</p> <p>- الجزء I: حركة زلافة.</p> <p>- الجزء II: حركة حزمة من البروتونات في مجال كهرو ساكن منتظم.</p>					

الصفحة	NS 30	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021-الموضوع - مادة: الفيزياء والكيمياء-شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب)	
2	8		

التمرين 1: الكيمياء (7 نقط)

الجزءان I و II مستقلان

الجزء I: حول حمض الفورميك (acide formique)

يعتبر حمض الفورميك أو حمض الميثانويك ذي الصيغة HCOOH، من الأحماض الكربوكسيلية البسيطة. نجده في الطبيعة في نبات القراص (ortie) وفي سم كثير من الحشرات كالنحل والنمل.

عندما تقوم نملة بسع شخص فإنها تحقن فيه، في كل لسعة، حجما $V_1 = 6,00 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$ من محلول S_1 ، يمثل النسبة الأكبر للمحلول اللاذع الموجود في بطن "نملة نموذجية". يمثل حجم محلول حمض الميثانويك في المحلول S_1 النسبة 50% من V_1 .

معطيات :

- الكتلة الحجمية لحمض الميثانويك : $\rho = 1,22 \text{ g.cm}^{-3}$

- الكتلة المولية : $M(\text{HCOOH}) = 46,0 \text{ g.mol}^{-1}$ ، $M(\text{Na HCO}_3) = 84,0 \text{ g.mol}^{-1}$

- المزدوجتان حمض- قاعدة: $(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O})_{(\text{aq})} / \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ ، $\text{HCOOH}_{(\text{aq})} / \text{HCOO}^-_{(\text{aq})}$

1- بين أن كمية مادة حمض الميثانويك التي تحقنها "النملة النموذجية" في كل لسعة هي : $n_1 = 7,96 \cdot 10^{-2} \text{ mmol}$ (0,5 ن)

2- لمعالجة لسعات النمل، غالبا ما يستعمل هيدروجينوكربونات الصوديوم $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})} + \text{Na}^+_{(\text{aq})}$.

1-2- اكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل هيدروجينوكربونات الصوديوم مع حمض الميثانويك (نفترض أن هذا التفاعل كلي). (0,5 ن)

2-2- حدد كتلة هيدروجينوكربونات الصوديوم اللازمة لكي تتفاعل كليا معها كمية مادة الحمض التي قامت النملة بحقنها في

الجسم في كل لسعة. (0,75 ن)

3- بعد حقن المحلول، يخفف مباشرة في ماء جسم شخص لينتج عنه محلول مائي لحمض الميثانويك S_2 . نعتبر أن المحلول الذي تم

حقنه يتحلل في 1,00 mL من ماء الجسم. نهمل، في الحساب، حجم حمض الميثانويك الذي تم حقنه. قيمة pH المحلول S_2 هي:

$\text{pH} = 2,43$

1-3- حدد نسبة جزيئات حمض الميثانويك المتفاعلة في المحلول S_2 . اكتب إذن معادلة تفاعل حمض الميثانويك مع الماء. (0,5 ن)

2-3- بين أن قيمة pK_A للمزدوجة $\text{HCOOH}_{(\text{aq})} / \text{HCOO}^-_{(\text{aq})}$ هي $\text{pK}_A = 3,74$ (0,5 ن)

4- نحضر محلولاً مائياً S_3 لحمض الميثانويك له نفس التركيز المولي للمحلول S_2 .

1-4- نضيف 50,0 mL من الماء الخالص إلى 25,0 mL من المحلول S_3 . أوجد قيمة pH المحلول المحصل عليه. (0,5 ن)

2-4- نضيف 7,50 mL من محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ذي التركيز $C_b = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ إلى 10,0 mL من

المحلول S_3 .

1-4-2- اكتب معادلة التفاعل الذي يحدث. (0,5 ن)

2-4-2- حدد قيمة pH الخليط التفاعلي. (0,75 ن)

الصفحة	3	NS 30	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021-الموضوع - مادة: الفيزياء والكيمياء-شعبة العلوم الرياضية (أ) و (ب)	
8				

الجزء II : دراسة العمود رصاص - حديد

ندرس العمود رصاص - حديد الذي تتدخل فيه المزدوجتان مؤكسد- مختزل $Pb^{2+}/Pb_{(s)}$ و $Fe^{2+}/Fe_{(s)}$. يتكون هذا العمود من مقصورتين تربط بينهما قنطرة ملحية .

تتكون المقصورة الأولى من صفيحة من رصاص مغمورة في محلول مائي لنترات الرصاص $Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3(aq)}$ حجمه $V=100\text{ mL}$ وتركيزه المولي البدئي هو: $[Pb^{2+}]_i = 1,0 \cdot 10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$.

تتكون المقصورة الثانية من صفيحة من حديد مغمورة في محلول مائي لكبريتات الحديد II: $Fe^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$ حجمه $V=100\text{ mL}$ وتركيزه المولي البدئي هو: $[Fe^{2+}]_i = 4,0 \cdot 10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$.

يوجد الجزء المغمور من صفيحة الحديد بإفراط في المحلول.
معطيات :

$$- \text{الفرادي } : 1F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$$

$$- \text{الكتلة المولية للرصاص: } M(\text{Pb}) = 207 \text{ g.mol}^{-1}$$

تركب على التوالي ، مع العمود ، موصلا أوميا (D) وأمبير مترا (A) وقاطعا للتيار K.

عند اللحظة $t_0=0$ ، نغلق الدارة فيشير الأمبير متر إلى مرور تيار كهربائي نعتبر شدته I_0 ثابتة.

نهمل أكسدة الأيونات $Fe^{2+}_{(aq)}$ بواسطة ثنائي الأوكسجين المذاب في الماء.

أثناء اشتغال العمود ، تزداد كتلة صفيحة الرصاص بالقيمة $2,07\text{ mg}$ بعد مدة الاشتغال $\Delta t = t_1 - t_0$.

1- أعط عدد الاقتراحات الخاطئة من بين الاقتراحات التالية: (0,5 ن)

أ- يحدث الاختزال بجوار إلكترود الحديد .

ب- تحدث الأكسدة بجوار إلكترود الرصاص.

ج- صفيحة الحديد هي القطب السالب للعمود وتمثل الكاتود.

د- صفيحة الرصاص هي القطب السالب للعمود وتمثل الأنود.

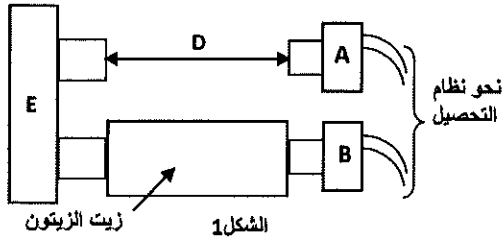
2- اكتب المعادلة الحاصلة أثناء اشتغال العمود. (0,5 ن)

3- حدد عند اللحظة t_1 خارج التفاعل لتفاعل اشتغال العمود. (0,75 ن)

4- علما أن شدة التيار المار في الدارة هي $I_0 = 2\text{ mA}$ ، أوجد قيمة اللحظة t_1 . (0,75 ن)

التمرين 2: الموجات (2نقط): التحقق من نقاء زيت

تكون زيت الزيتون خالصة إذا كانت فيها سرعة الصوت V_{II} تتراوح ما بين 1595 m.s^{-1} و 1600 m.s^{-1} . وللتحقق من ذلك نستعمل التركيب الممثل في الشكل 1 والذي يتيح مقارنة المدد الزمنية لمسار موجة فوق الصوتية في أوساط مختلفة. توضع الزيت التي يتم اختبارها في أنبوب من زجاج، بين الباعث E والمستقبل B، بينما يفصل الهواء الباعث E عن المستقبل A (الشكل 1). يصدر الباعث E خلال مدد زمنية قصيرة و متتالية موجات فوق الصوتية (salves d'ultrasons) متزامنة في كل من الهواء والزيت. يرتبط المستقبلان A و B بوسيط معلوماتي (interface d'acquisition)، والتي تمكن من تسجيل إشارات مباشرة بعد التقاط



المستقبل B للموجات فوق الصوتية .
نقيس بالنسبة لكل طول D للأنبوب، بواسطة نظام معلوماتي ، المدة Δt الفاصلة بين الإشارتين المستقبلتين في A و B.
ونحصل، انطلاقا من هذه القياسات ، على منحنى الشكل 2 والذي يمثل تغيرات $\Delta t = f(D)$ بدلالة D .

1- هل الموجات فوق الصوتية طولية أم مستعرضة؟

علل جوابك. (0,5 ن)

2- تردد الموجات فوق الصوتية المستعملة في هذه التجربة هو 40 kHz وسرعتها في الهواء هي : $V_a = 340 \text{ ms}^{-1}$.

احسب المسافة التي تقطعها هذه الموجات في الهواء خلال دور واحد. (0,5 ن)

3- عبر عن Δt بدلالة V_a و V_b و D. (0,5 ن)

4- هل هذا الزيت خالص ؟ علل جوابك. (0,5 ن)

التمرين 3: التحولات النووية (1,5 ن) : استقرار النوى - تفاعل الانشطار

معطيات :

- كتل الدقائق: $m({}_2^7\text{Li}) = 7,016005 \text{ u}$ ، $m({}_5^{10}\text{B}) = 10,012938 \text{ u}$ ، $m(\alpha) = 4,001506 \text{ u}$

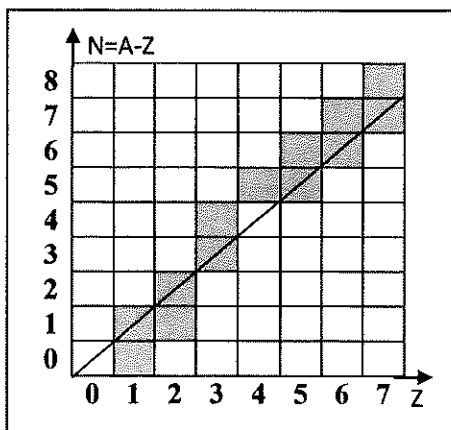
- طاقة الربط للدقيقة α : $E_c = 28,295244 \text{ MeV}$ ، $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

- كتلة النيوترون: $m_n = 1,008665 \text{ u}$

- كتلة البروتون: $m_p = 1,007276 \text{ u}$

1- مخطط سيكري (Segré)

يمثل الشكل 1 جانبه مخطط سيكري (Z,N)، حيث تمثل المربعات الرمادية النوى المستقرة في المخطط.



الشكل 1

أعط عدد الإثباتات الصحيحة: (0,5 ن)

أ- عدم استقرار نواة يمكن أن يرجع إلى العدد الكبير للنويات التي يحتويها.

ب- يمكن أن يرجع استقرار نواة إلى العدد الكبير للنيوترونات بالنسبة لعدد البروتونات التي يحتويها .

ج- توجد نظائر نفس العنصر الكيميائي ${}_Z^AX$ في نفس الخط الأفقي على مخطط سيكري .

د- النوى ${}_5^{10}\text{B}$ و ${}_5^{12}\text{B}$ و ${}_6^{14}\text{C}$ إشعاعية النشاط α .

ه- النواة ${}_5^{10}\text{B}$ مستقرة .

2- الانشطار النووي

1-2- اكتب معادلة التفاعل النووي الموافق لقذف نواة البور ${}_5^{10}\text{B}$ بنوترون حيث

تؤدي إلى تكون دقيقة α ونواة الليثيوم ${}_2^A\text{Li}$ محددًا A و Z. (0,25 ن)

2-2- قارن استقرار الدقيقة α باستقرار نواة ${}_2^A\text{Li}$. (0,5 ن)

3-2- احسب ، بالوحدة MeV ، الطاقة $|\Delta E|$ الناتجة عن انشطار نواة واحدة من ${}_5^{10}\text{B}$. (0,25 ن)

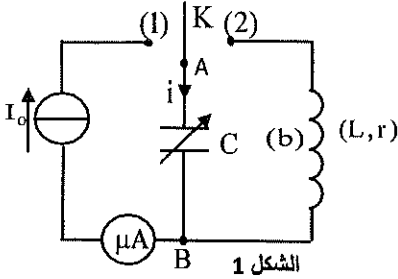


التمرين 4: الكهرباء (5 نقاط)

يهدف هذا التمرين إلى دراسة:

- شحن مكثف وتفريغه في وشيعة،
- تضمين وإزالة تضمين الوسع لموجة كهرومغناطيسية.

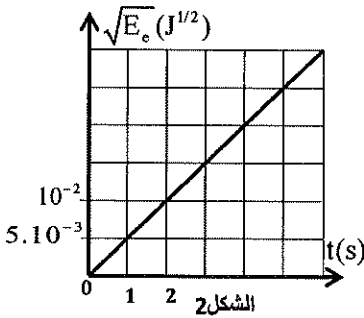
1- شحن مكثف وتفريغه في وشيعة :



- نجز التركيب الممثل في تبيانة الشكل 1 والمتكون من :
- مولد مؤمّن للتيار ،
 - مكثف سعته C قابلة للضبط ، غير مشحون بدنيا ،
 - وشيعة (b) معامل تحريضها $L=8,6 \text{ mH}$ ومقاومتها $r=12 \Omega$ ،
 - ميكروأمبير متر ،
 - قاطع التيار K.

نضبط سعة المكثف على القيمة C_0 .

نؤرجح القاطع K إلى الموضع (1) عند لحظة $t=0$ فيشير الميكروأمبير متر إلى القيمة $I_0=10 \mu\text{A}$. يمكن نظام معلوماتي ملائم من الحصول على منحنى الشكل 2 الممثل ل $\sqrt{E_e} = f(t)$ حيث E_e هي الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف عند لحظة t.



1-1- أعط تعبير الطاقة المخزونة في المكثف بدلالة شحنته q وسعته C_0 . (0,25 ن)

1-2- بين أن $C_0=2 \mu\text{F}$. (0,75 ن)

1-3- عندما يأخذ التوتر بين مربطي المكثف القيمة $u_{AB}=40 \text{ V}$ ، نؤرجح القاطع K إلى الموضع (2) في لحظة نتخذها أصلا جديدا للتواريخ. ($t=0$).

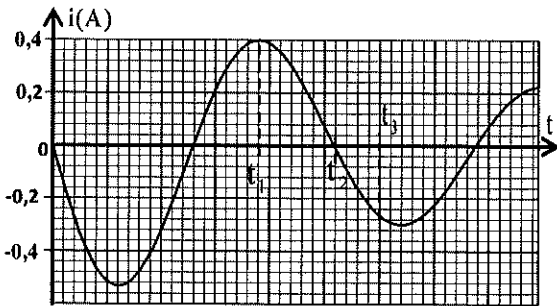
يمكن نظام ملائم من معاينة المنحنى الممثل لتغيرات شدة التيار $i(t)$ في الدارة خلال الزمن (الشكل 3).

1-3-1- احسب الطاقة المبددة بمفعول جول في الدارة بين اللحظتين

$t=0$ و $t=t_1$ (الشكل 3). (0,75 ن)

1-3-2- هل المكثف يشحن أم يفرغ بين اللحظتين t_2 و t_3

(الشكل 3)؟ علل جوابك. (0,5 ن)



الشكل 3

2- تضمين وإزالة تضمين الوسع لموجة كهرومغناطيسية

يمكن إرسال معلومة إلى مسافة بعيدة ، بتضمين وسع موجة

كهرومغناطيسية تنتشر من باعث إلى مستقبل . ومن اللازم أن يتوفر

في الباعث ضمان انتاج الموجة الكهرومغناطيسية وتضمينها لتحمل إشارة المعلومة. بينما المستقبل يجب تصميمه لإزالة تضمين

الموجة واستعادة إشارة المعلومة مانحا معنى بالنسبة للمستعمل .

يمكن تضمين الوسع في تغيير وسع الموجة الحاملة خلال الزمن ، وفق التطور الزمني لإشارة المعلومة المراد إرسالها

للحصول على إشارة مضمّنة الوسع ، نستعمل الدارة المتكاملة المنجزة للجداء X (الشكل 4).

نطبق عند المدخل:



E_1 - التوتر $u_1(t) = s(t) + U_0$ مع $s(t) = S_m \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$ التي تمثل إشارة المعلومة و U_0 المركبة المستمرة للتوتر المضمن.

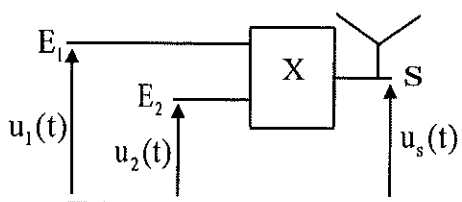
E_2 - توترا جيبييا يمثل الموجة الحاملة $u_2(t) = U_m \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t)$.

توتر الخروج المحصل عليه هو $u_s(t) = k \cdot u_1(t) \cdot u_2(t)$ حيث k ثابتة تتعلق بالدارة المتكاملة المنجزة للجداء X .

ويعبر عن توتر الخروج $u_s(t)$ كالتالي: $u_s(t) = S(t) \cdot \cos(2\pi F \cdot t)$ مع

$S(t) = A [1 + m \cdot \cos(2\pi f \cdot t)]$ حيث $S(t)$ هو وسع التوتر المضمن m هو نسبة

التضمنين.



الشكل 4

2-1- يمكن جهاز مناسب من معاينة توترين من بين التوترات $u_1(t)$ و $u_2(t)$

و $u_s(t)$ فنحصل على الرسمين التذبذبيين (أ) و(ب) الممثلين في الشكل 5.

عين، معللا جوابك، بالنسبة لكل رسم تذبذبي إن

كان يناسب الإشارة المضمنة أو الإشارة

المضمنة أو الموجة الحاملة. (0,5 ن)

2-2- بالاعتماد على الرسمين التذبذبيين في

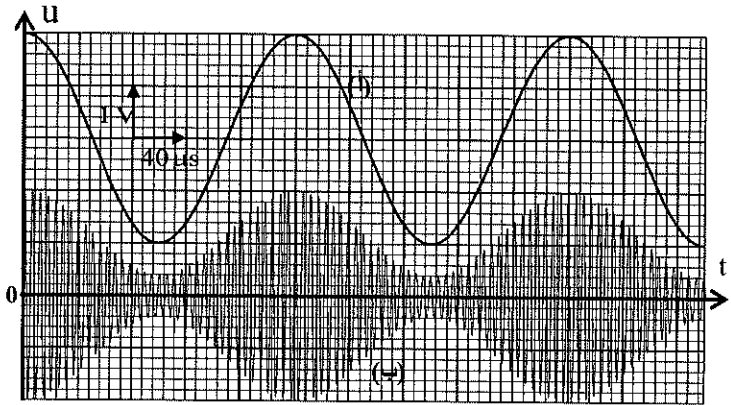
الشكل 5، حدد:

2-2-1- تردد الموجة الحاملة وتردد إشارة

المعلومة. (0,5 ن)

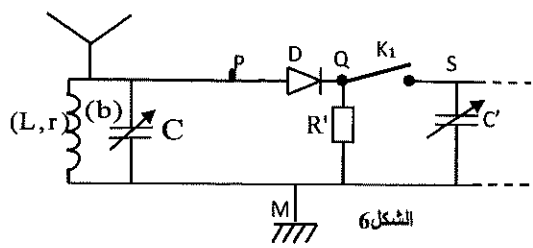
2-2-2- نسبة التضمنين m . (0,5 ن)

2-3- إزالة التضمنين



الشكل 5

يمثل الشكل 6 تبليانة مبسطة لجزء من جهاز مستقبل موجات راديو، مركب مع دارة إزالة التضمنين. يكافئ هذا الجزء الوشيعية السابقة (b) ذات معامل التحريض L و مقاومة r تم تركيبها مع مكثف سعته C قابلة للضبط.



الشكل 6

يلتقط هوائي مستقبل جميع الموجات المرسله من طرف المحطات الإذاعية فتتهتز قسريا الدارة المكونة من الوشيعية (b) والمكثف.

للاستماع لمحطة إذاعية واحدة، يتم توفيق التردد الخاص للدارة مع تردد الباعث وذلك بضبط سعة المكثف (نأخذ $\pi^2 = 10$).

2-3-1- احسب القيمة C التي ينبغي ضبط سعة المكثف عندها ليكون

التردد الخاص هو: $N_0 = 180 \text{ kHz}$. (0,5 ن)

2-3-2- أوجد إذن مجال قيم السعة C' للمكثف للحصول على كشف جيد للغلاف علما أن تردد المعلومة المرسله هو $N_1 = 5 \text{ kHz}$

و $R' = 100 \text{ k}\Omega$. (0,75 ن)

التمرين 5: الميكانيك (5,4نقط)

الجزءان I و II مستقلان

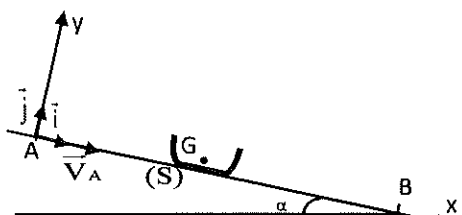
الجزء I : حركة زلاقة (luge).

ندرس حركة زلاقة ، نمذجها بجسم صلب (S) مركز قصوره G وكتلته m، في مرحلتين من مسارها :
 المرحلة الأولى: حركة مستقيمة ل (S) على مستوى مائل.
 المرحلة الثانية: سقوط رأسي ل (S) في الماء .

معطيات :- كتلة الزلاقة: $m = 20 \text{ kg}$ - شدة الثقالة: $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

1- المرحلة الأولى : حركة الزلاقة على مستوى مائل

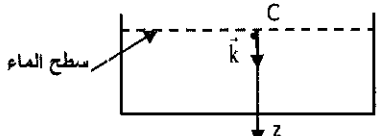
ندرس حركة مركز القصور G في المعلم $(A; \vec{i}; \vec{j})$ المرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا (الشكل 1). بعد مرحلة الدفع نحو الأسفل، تأخذ سرعة (S) في النقطة A القيمة: $V_A = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$ وينزلق بدون احتكاك على السكة المستقيمة AB المائلة بالزاوية α بالنسبة للمستوى الأفقي حيث $\sin \alpha = 0,2$.



الشكل 1

1-1- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، حدد قيمة التسارع $a_{||}$ لمركز القصور G. (0,25 ن)

1-2- نختار أصل التواريخ $(t=0)$ لحظة مرور (S) من النقطة A. أوجد المسافة المقطوعة ، انطلاقا من النقطة A، عندما تأخذ سرعة الجسم (S) القيمة $V_1 = 25 \text{ m.s}^{-1}$. (0,5 ن)

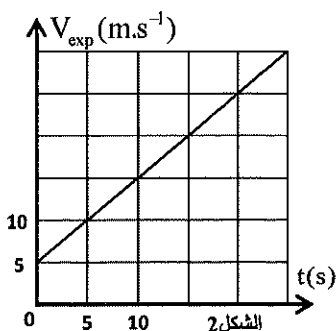


1-3- نقوم بتصوير حركة الزلاقة ، ثم نستغل الشريط بواسطة برنامج ملانم . يمثل الشكل 2 المنحنى المحصل عليه والممثل لتغيرات سرعة G بدلالة الزمن : $V_{exp} = f(t)$.

1-3-1- حدد مبيانيا القيمة التجريبية a_{exp} لتسارع مركز القصور G. (0,25 ن)

1-3-2- نفسر الفرق بين a_{exp} و $a_{||}$ بوجود احتكاكات .

عندما يتم التماس بين المستوى المائل والزلاقة باحتكاك صلب تطبق السكة على (S) قوة \vec{R} لها مركبة أفقية \vec{R}_T ومركبة عمودية \vec{R}_N . ترتبط شدتنا المركبتين \vec{R}_T و \vec{R}_N بالعلاقة $R_T = \mu . R_N$ أثناء الحركة، حيث μ ثابتة تسمى معامل الاحتكاك وتعلق بالمواد المتماصة وبمساحة التماس. عبر عن μ بدلالة $a_{||}$ و a_{exp} و g و α . احسب قيمتها. (0,5 ن)



الشكل 2

2- المرحلة الثانية: السقوط الرأسي ل (S) في الماء

تغادر الزلاقة السكة من النقطة B وتسقط في بحيرة عند النقطة C (الشكل 1). بعد أن تبقى ساكنة للحظات ، تغوص الزلاقة ، رأسيا في الماء ، بدون سرعة بدنية انطلاقا من النقطة C.

ندرس حركة مركز القصور G في معلم $(C; \vec{k})$ مرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا (الشكل 1).

نمعلم موضع G عند لحظة t بالأنسوب z للمحور الرأسي $(C; \vec{k})$ الموجه نحو الأسفل . نتخذ اللحظة التي تمر فيها الزلاقة من النقطة C أصلا جديدا للتواريخ $(t_0 = 0)$.

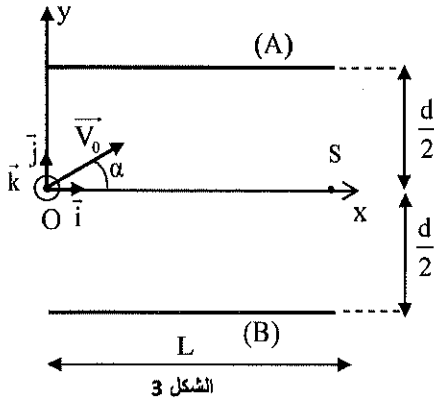
أثناء سقوطها في الماء ، تخضع الزلافة ، بالإضافة إلى وزنها، إلى قوة الاحتكاك المائع : $\vec{f} = -k\vec{v}$ حيث $k = 200 \text{ S.I}$ و \vec{v} سرعة G عند لحظة t . نهمل دافعة أرخميدس .

1-2- بين أن المعادلة التفاضلية التي تحققها السرعة v تكتب : $\frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot v_z = \frac{v_\ell}{\tau}$ حيث $\vec{v} = v_z \vec{k}$ مع تحديد τ و v_ℓ بدلالة برامترات التمرين . (0,75 ن)

2-2- حل المعادلة التفاضلية لحركة G يكتب : $v_z(t) = v_\ell (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$. أوجد، عند اللحظة $t = 41\tau$ ، العمق الذي تصل إليه الزلافة انطلاقا من النقطة C ، أصل المحور (C, \vec{k}) . (0,5 ن)

الجزء II : حركة حزمة من البروتونات في مجال كهرساكن منتظم

نقترح في هذا الجزء تحديد مميزات حركة بروتون في مجال كهرساكن منتظم. نعتبر أن حركة البروتون تتم في الفراغ و أن وزنه لا يؤثر على حركته. يتكون مكثف مستو من صفيحتين (A) و (B) فلزيتين و متوازيتين ومستطيلتي الشكل و أفقيتين طولهما L و تفصل بينهما المسافة d (الشكل 3).



توجد الصفيحتان تحت توتر $U_0 = |V_A - V_B|$ فيحدث بين الصفيحتين مجال كهرساكن منتظم \vec{E} .

ندرس حركة البروتون في معلم منظم $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ مرتبط بمرجع أرضي يمكن اعتباره غاليليا.

تدخل حزمة من البروتونات بين الصفيحتين عند النقطة O بسرعة \vec{V}_0 تكون زاوية α مع \vec{i} . نأخذ لحظة مرور حزمة البروتونات من النقطة O أصلا للتواريخ $(t=0)$.

انطلاقا من النقطة O يخضع البروتون خلال حركته و طول المسافة L إلى القوة الكهرساكنة $\vec{F} = e\vec{E}$ مع e شحنة البروتون.

معطيات :

• $d = 7 \text{ cm}$; $\alpha = 30^\circ$; $V_0 = 4,5 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $L = 20 \text{ cm}$

• كتلة البروتون: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

نذكر أن : $E = \frac{U_0}{d}$

تخرج حزمة البروتونات من المجال الكهرساكن عند النقطة S للمكثف.

1- بتطبيق القانون الثاني لنيوتن، اثبت المعادلتين الزميتين $x(t)$ و $y(t)$ لمركز القصور G بدلالة t و برامترات التمرين . (0,5 ن)

2- استنتج معادلة مسار البروتون. (0,25 ن)

3- حدد قيمة U_0 لكي تخرج الحزمة فعليا من النقطة S . (0,5 ن)

4- حدد المسافة الدنوية الفاصلة بين الصفيحة (A) و مسار حزمة البروتونات. (0,5 ن)