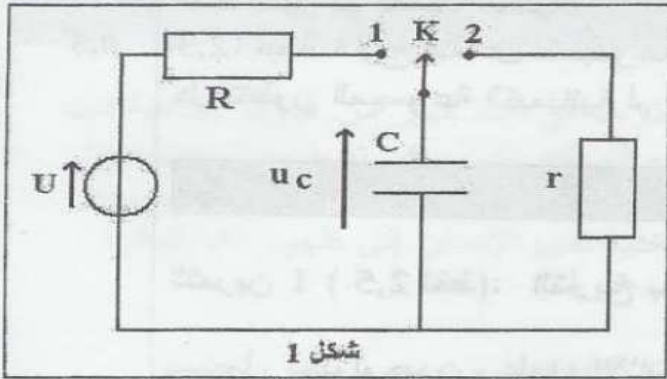


(4,5 نقط): تتألف القطب RC ثعبه العلوم التجريبية مسلك علوم الحياة والأرض (الدورة العادية 2008)

نقرأ على لصيقة آلة تصوير العبارات التالية (احذر - خطر - تفادي تفكيك الآلة). يرتبط هذا التنبيه بوجود مكثف في علبه آلة التصوير، الذي يتم شحنه تحت توتر  $U=300V$  عبر موصل أومي مقاومته  $R$ . نحصل على التوتر  $U=300V$  بفضل تركيب إلكتروني مغذى بعمود قوته الكهرومحركة  $E_0=1,5V$ . وعند أخذ الصور يُفرغ المكثف عبر مصباح وامض آلة التصوير خلال جزء من الثانية، فيمكن اللوامض ذي المقاومة  $r$  من إضاءة شديدة في وقت جد قصير.

يمثل الشكل (1) التركيب المبسط لدائرة تشغيل وامض آلة التصوير.



شكل 1

معطيات: سعة المكثف  $C = 120\mu F$  ؛  $U = 300V$

1. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر صاعدة

نضع عند اللحظة ذات التاريخ  $(t=0)$  قاطع التيار K

في الموضع (1)، فيشحن المكثف عبر الموصل

الأومي ذي المقاومة  $R$  تحت التوتر  $U$ .

1.1. أثبت أن المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر

$$u_c(t) \text{ تكتب على الشكل } U = u_c + \tau \frac{du_c}{dt} \text{ . استنتج}$$

تعبير ثابتة الزمن  $\tau$  بدلالة برامترات الدارة.

2.1. تحقق أن حل المعادلة التفاضلية هو  $u_c(t) = U \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

3.1. حدد قيمة  $u_c$  في النظام الدائم.

4.1. أحسب الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف في النظام الدائم.

5.1. يتطلب الاشتغال العادي للوامض طاقة كهربائية محصورة بين 5J و 6J . هل يمكن شحن المكثف

مباشرة بواسطة العمود ذي القوة الكهرومحركة  $E_0 = 1,5 V$  ؟

2. استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر نازلة

نؤرجح قاطع التيار K إلى الموضع (2) عند اللحظة ذات التاريخ  $(t=0)$ ، فيفرغ المكثف عبر الموصل

الأومي ذي المقاومة  $r$  . نسجل بواسطة

رأسم تذبذب ذاكراتي تغيرات التوتر  $u_c(t)$

بين مربطي المكثف بدلالة الزمن، فنحصل

على المنحنى الممثل في الشكل (2).

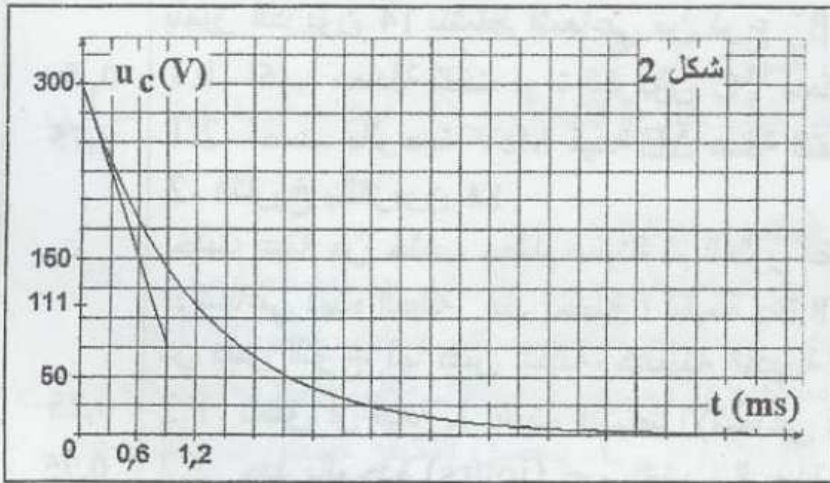
1.2. مثل بعناية تبيانه تركيب تفريغ

المكثف، وبين عليها كيفية ربط رأسم التذبذب.

2.2. عين مبيانيا قيمة ثابتة الزمن  $\tau$

لدارة التفريغ.

3.2. استنتج قيمة  $r$ .



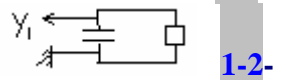
شكل 2

اجوية: 1-1 انظر الدرس 1-2 باشتقاق الحل نحصل على  $\frac{du_c}{dt} = \frac{U}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$  ثم نعوض في المعادلة التفاضلية ، نجد أنها متحققة.

3-1 300V -4-1 5,4J -5-1 لا ، لأنه باستعمال العمود تكون الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف  $E_{eo} = 1,35 \cdot 10^{-4} J$  جد ضعيفة.

$$r = 1\Omega \quad -3-2$$

$$\tau = 1,2ms \quad 2-2$$

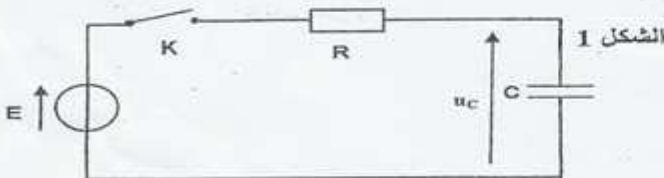


1-2-

الكهرباء - استعمالات مكثف مسلك العلوم الفيزيائية (الدورة العادية 2008)

تتميز المكثفات بخاصية تخزين الطاقة الكهربائية وإمكانية استرجاعها عند الحاجة وتمكن هذه الخاصية من استعمال المكثفات في عدة أجهزة منها تشغيل مصباح وامض بعض آلات التصوير.

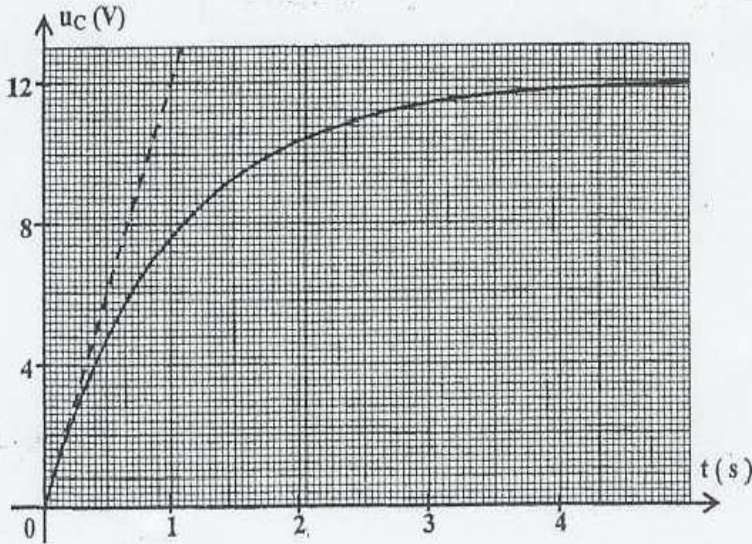
(I) الجزء I- شحن مكثف:



الشكل 1

نجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل (1) والمكون من مكثف سعته  $C$  ، غير مشحون بدنياً، مركب على التوالي مع موصل أومي مقاومته الكهربائية  $R$  وقاطع التيار  $K$ . يخضع ثنائي القطب RC لرتبة توتر معرفة كالتالي:

- بالنسبة ل  $t < 0$  ،  $U = 0$   
 - بالنسبة ل  $t \geq 0$   $U = E$  حيث:  $E = 12 \text{ V}$ .  
 نغلق الدارة عند اللحظة  $t = 0$  ونعاين ، باستعمال



الشكل 2

وسيط معلوماتي على شاشة حاسوب ، تغيرات التوتر  $u_c$  بين مرطبي المكثف بدلالة الزمن. يعطي الشكل (2) المنحنى  $u_c = f(t)$ .

1.1 - أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_c(t)$ . (ن 1)

1.2 - تحقق أن التعبير  $u_c(t) = E.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  حل للمعادلة التفاضلية بالنسبة ل  $t \geq 0$  حيث  $\tau$  ثابتة الزمن. (ن 0,5)

1.3 - حدد تعبير  $\tau$  و بين ، باعتماد معادلة الأبعاد، أن ل  $\tau$  بعدا زمنيا. (ن 0,5)

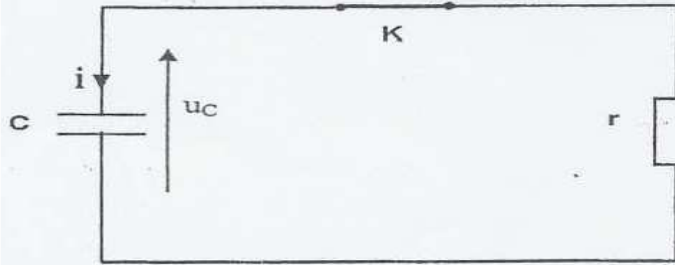
1.4 - عين مبيانيا  $\tau$  واستنتج أن قيمة  $C$  هي  $C = 100 \mu\text{F}$ . نعطي  $R = 10 \text{ k}\Omega$ . (ن 0,75)

1.5 - احسب الطاقة الكهربائية التي يخزنها المكثف في النظام الدائم: (ن 0,75)

## (2) الجزء II - تفريغ مكثف :

يتطلب تشغيل وامض آلة تصوير طاقة عالية لا يمكن الحصول عليها باستعمال المولد السابق. للحصول على الطاقة اللازمة، يُشحن المكثف السابق بواسطة دارة إلكترونية تُمكن من تطبيق توتر مستمر بين مرطبي المكثف قيمته  $U_c = 360 \text{ V}$ .

نفرغ المكثف، عند اللحظة  $t = 0$ ، في مصباح وامض آلة التصوير الذي نمنجه بموصل أومي مقاومته  $r$  (الشكل 3)؛ فيتغير التوتر بين



مرطبي المكثف وفق المعادلة:  $u_c = 360.e^{-\frac{t}{\tau}}$ ؛ حيث  $\tau$  ثابتة الزمن و  $u_c(t)$  معبر عنها بالفولط (V)

الشكل 3

2.1- أوجد قيمة  $r$  مقاومة مصباح وامض آلة التصوير علما أن التوتر بين مرطبي المكثف

يأخذ القيمة  $u_c(t) = 132,45 \text{ V}$  عند اللحظة  $t = 2 \text{ ms}$ . (ن 1)

2.2- اشرح كيف يجب اختيار مقاومة وامض آلة التصوير لضمان تفريغ أسرع للمكثف. (ن 0,5)

اجوبة

1-1-1- بتطبيق قانون تجميع التوترات:  $u_R + u_c = E$  مع:  $u_R = R.i = R.\frac{du_c}{dt} = R.C.\frac{du_c}{dt}$  المعادلة التفاضلية:  $R.C.\frac{du_c}{dt} + u_c = E$

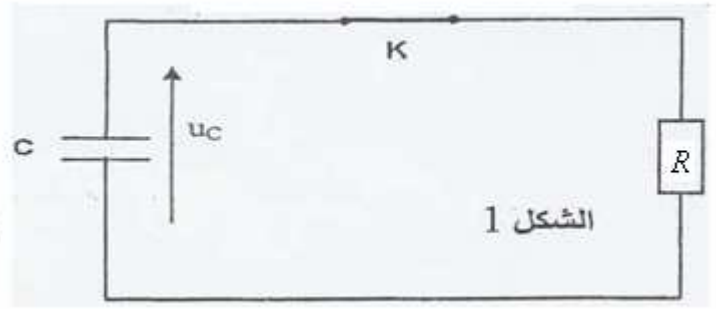
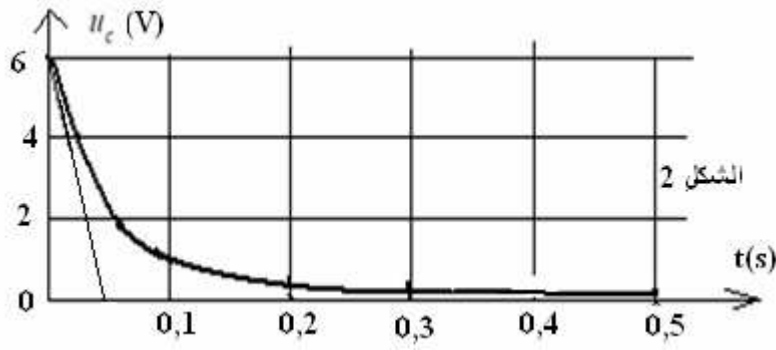
2-1: بالاشتقاق والتعويض نتحقق من الحل. 1-3  $\tau = R.C$  معادلة الأبعاد انظر الدرس. 4-1  $\tau = 1 \text{ s}$  ثم  $\tau = 10^{-4} \text{ F} = 100 \mu\text{F}$

5-1:  $\xi_e = 7,2.10^{-3} \text{ J}$  2- 2-2 كلما كانت  $\tau$  صغيرة كلما كانت مدة التفريغ قصيرة ، وهو ما يوافق آلة التصوير ذات أصغر مقاومة. 1-2

$$r = \frac{t}{C \times \ln \frac{360}{u_c}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6} \ln \frac{360}{132,45}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^{-4} \times 0,99989} = 20 \Omega \quad \Leftrightarrow \quad \ln \frac{360}{u_c} = \frac{t}{r.C} \Leftrightarrow \ln \frac{u_c}{360} = -\frac{t}{\tau} \Leftrightarrow \frac{u_c}{360} = e^{-\frac{t}{\tau}} \Leftrightarrow u_c = 360 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

\*\*\*\*\*

يتفرغ مكثف مشحون سعته  $c = 100\mu F$  ، عبر موصل أومي مقاومته  $R = 0,5k\Omega$  انطلاقا من لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ.



يمثل الشكل 2 تغيرات التوتر  $u_c$  بين مربطي المكثف .

- 1- احسب قيمة  $\tau$  ثابتة الزمن لثنائي القطب  $R.c$  وقارن قيمتها مبيانيا .
- 2 - باستعمال معادلة الأبعاد حدد وحدة  $\tau$  .
- 3- حدد قيمة التوتر بين مربطي المكثف عند اللحظة  $t = 0$  .
- 4- ما قيمة الطاقة الكهربائية المخزونة بدنيا في المكثف .
- 5- ما قيمة الطاقة الكهربائية النهائية للمكثف .
- 6- استنتج قيمة الطاقة الكهربائية المبذولة في الدارة وحدد شكل تبديدها .

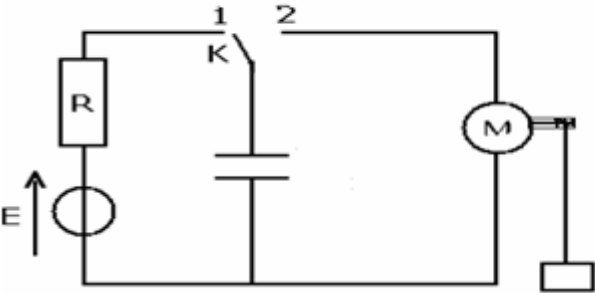
**أجوبة : 1-  $\tau = R.c = 0,5.10^3 \Omega \times 100.10^{-6} F = 0,05s$  2- انظر الدرس 3-  $6V$  4-  $1,8.10^{-3} J$  5-  $0J$  6- الطاقة الكهربائية الكلية التي كانت مخزونة في المكثف تبذرت في الدارة على شكل طاقة حرارية بمفعول جول .**

\*\*\*\*\*

### التمرين الرابع:

ننجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل التالي ونؤرجح قاطع التيار إلى الموضع 1 وننتظر الهة قت الكاف. لشحن المكثف.

يمكننا المحرك خلال اشتغاله من رفع حمولة كتلتها  $m = 25g$  على ارتفاع  $h = 40cm$  .  
 نعطي :  $g = 10N/kg$  ،  $E = 24V$  ،  $R = 1k\Omega$  ،  $c = 100\mu F$  .



- 1- احسب الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف .
- 2- ما مقدار الطاقة اللازمة لرفع الحمولة بالارتفاع  $h$  ؟
- 3- يتوقف المحرك عن الاشتغال عندما يصبح التوتر بين مربطي المكثف  $u_c = 4V$  .  
 أوجد قيمة  $h'$  الارتفاع التي تبلغه الحمولة .

**أجوبة : 1-  $2,88.10^{-2} J$  2-  $mgh = 25.10^{-3} kg.10N.kg^{-1}.0,4m = 0,1J$  3-  $h' = 11,2cm \Leftarrow \frac{1}{2}c(u_{co}^2 - u_c^2) = m.g.h'$**

### التمرين الخامس:

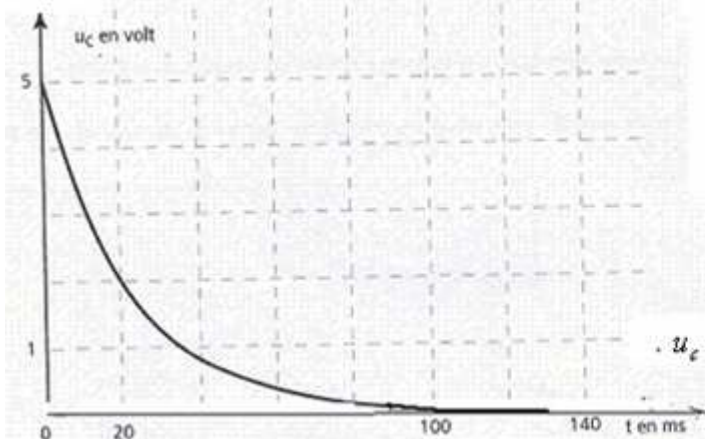
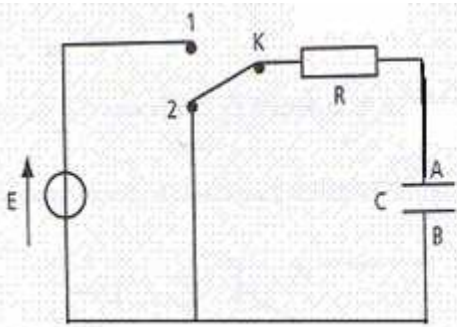
يمثل الشكل التالي التركيب التجريبي الذي يمكن من دراسة تغيرات  $u_c$

بين مربطي مكثف لثنائي قطب RC بدلالة الزمن حيث  $E=5V$

يمكن جهاز ملانم مرتبط بحاسوب من إحراز القيم اللحظية للتوتر  $u_c$  ومعالجتها.

نشحن مكثفا في البداية بوضع قاطع التيار بأحد الموضعين (1) أو (2) ثم نؤرجحه بعد مضي مدة كافية لكي يشحن خلالها المكثف فنحصل على الوثيقة رقم 1.

1 أ) عين الوضع المناسب لعملية شحن المكثف والموضع المناسب للحصول على المنحنى الممثل في الوثيقة 1.



(ب) عين إشارة  $i$  خلال التفريغ .

2- باحترام اصطلاح كل من المولد والمستقبل في الدارة السابقة:

1-2- مثل التغيرات على الدارة .

2-2- بتطبيق قانون تجميع التوترات اوجد العلاقة بين  $u_R$  و  $u_C$  .

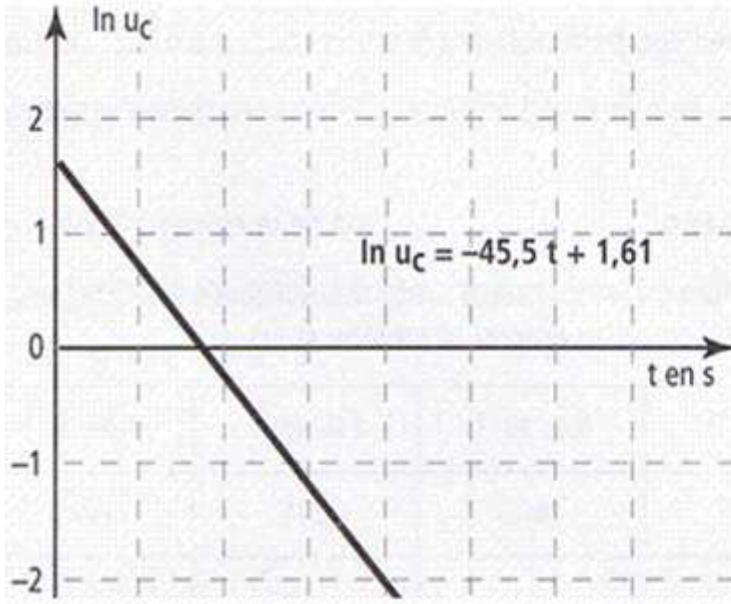
3-2- بين أن المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_C$  بين مربطي

$$u_c + \frac{1}{\alpha} \frac{du_c}{dt} = 0$$

4-2- حدد تعبير  $\frac{1}{\alpha}$  .

3- حل المعادلة التفاضلية السابقة يكتب على النحو التالي :  $u_c = E.e^{-\alpha t}$

1-3- اكتب تعبير  $\ln u_c$  .

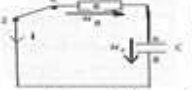


2-3- نخط بواسطة برنامج المنحنى الممثل ل :  $\ln u_c$  بدلالة الزمن فنحصل على الوثيقة 2 .  
 (أ) بين أن شكل المنحنى الممثل في الوثيقة 2 يتوافق مع التعبير المحصل عليه في السؤال 1-3 .  
 (ب) عين من بين القيم التالية لثابتة الزمن ، القيمة الموافقة لنتائج النمذجة المعتمدة في الوثيقة رقم 2 . ثم حدد مبيانيا قيمة E .  
 $\tau = 22ms$  ،  $\tau = 2,2ms$  ،  $\tau = 0,40ms$

نعطي :  
 $\ln ab = \ln a + \ln b$   
 $\ln a^x = x \cdot \ln a$   
 $\ln e = 1$

أجوبة : (1-1) الموضع المناسب لعملية الشحن هو : 1 المنحنى 2 يوافق تفريغ المكثف الموضع المناسب هو : 2 (ب)  $i < 0$   
 1-2-2 انظر الشكل 2-2  $u_R + u_c = 0$  3-2  $u_R + u_c = 0$  4-2  $\frac{1}{\alpha} \frac{du_c}{dt} + u_c = 0$  وهي على الشكل :  $Rc \frac{du_c}{dt} + u_c = 0$  1-3-3  $\frac{1}{\alpha} = Rc$

2-3 المنحنى دالة تآلفية  $\ln u_c = \ln E - \alpha t$  وبما أن :  $\ln e^1 = 1$  فإن  $\ln u_c = \ln E - \alpha t \cdot \ln e^1 \Leftrightarrow u_c = E \cdot e^{-\alpha t}$  معاملها الموجب سالب وهو ما يتوافق مع التعبير المحصل عليه . 2-3 (ب) بمقارنة التعبيرين :  
 $\begin{cases} \ln u_c = -\alpha \cdot t + \ln E \\ \ln u_c = -45,5t + 1,61 \end{cases}$



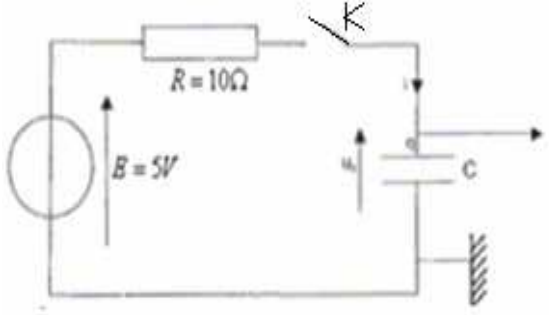
نجد  $\alpha = 45,5 \Leftrightarrow \frac{1}{\tau} = 45,5 \Leftrightarrow \tau = \frac{1}{45,5} \approx 0,022s = 22ms \Leftrightarrow \tau = 22ms$  وبما أن :  $\ln E = 1,61$  فإن  $E = e^{1,61} = 5V$

### التمرين السادس:

ننجز التركيب الممثل في الشكل جانبه ثم نغلق قاطع التيار K مدة كافية لكي يصبح المكثف مشحونا .نعطي :  $E = 5V$  ،  $g = 10N/kg$  ،  $c = 400\mu F$

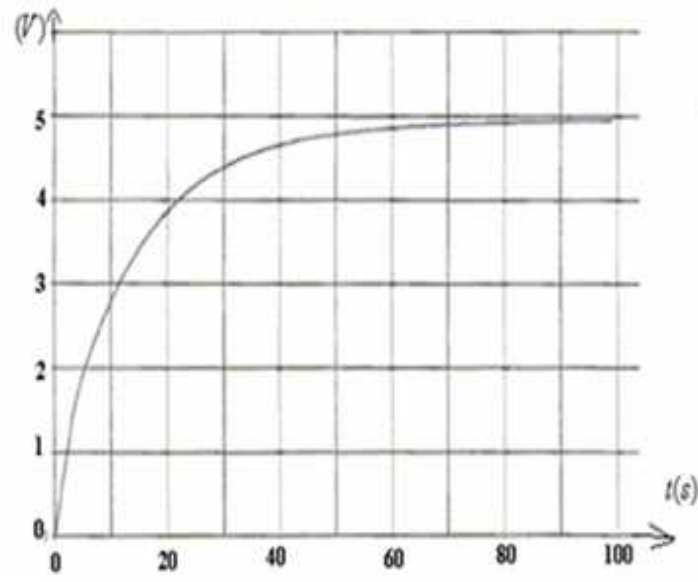
- 1) هل يشتغل المحرك؟ لماذا؟
- 2) احسب الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف .
- 3) نفتح قاطع التيار K فيشتغل المحرك ، ترتفع الكتلة المعلقة في طرف الخيط الملفوف على مرود المحرك ذات الكتلة  $m = 5g$  بالارتفاع h . أحسب قيمة الارتفاع h .
- 4- في الواقع ارتفاع الكتلة هو  $h' = 7cm$  .  
 1-4 فسر لماذا ؟  
 2-4 احسب مردود المحرك .

أجوبة :  
 1- لا يشتغل المحرك عندما يكون K مغلق لأن الصمام الثاني مركب في المنحنى المعاكس لا يسمح بمرور التيار الكهربائي عبر المحرك .  
 2-  $\xi_e = \frac{1}{2} c \cdot E^2 = 5 \cdot 10^{-3} J$  -3  $\xi_e = m \cdot g \cdot h$   $h = \frac{\xi_e}{m \cdot g} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3} \times 10} = 0,1m = 10cm$  4-4 لأن قسطا من الطاقة الكهربائية يبذل على مستوى الموصل الاومي بمفعول جول 2-4 مردود المحرك = خارج الطاقة النافعة على الطاقة المكتسبة  
 $r = \frac{mgh'}{\xi_e} = \frac{5 \cdot 10^{-3} kg \cdot 10N \cdot kg^{-1} \cdot 7 \cdot 10^{-2} m}{5 \cdot 10^{-3} J} = 0,7 = 70\%$  :

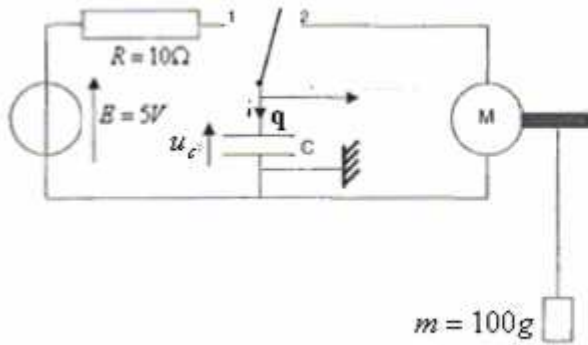


### التمرين السابع:

I شحن مكثف بواسطة تعددة للتوتر المستمر:  
 للتحقق من قيمة سعة المكثف التي وضعتها عليه الصانع :  $c = 1F$  ، ننجز التركيب التجريبي التالي : نركب ثنائي قطب RC بين مولد قوته الكهربائي  $E = 5V$  نربط المكثف بوسيط معلوماتي مرتبط بحاسوب .  
 عند اللحظة  $t=0$  نغلق قاطع التيار الكهربائي فنحصل على المنحنى جانبه .  
 1- أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين مربطى المكثف .



- 2- بين أن :  $u_c = E(1 - e^{-t/\tau})$  حل للمعادلة التفاضلية بالنسبة لقيمة  $m$   
 يجب تحديد تعبيرها بين أن هذا الحل يتوافق مع الحالة البدئية  $t=0$   
 3- استنتج تعبير شدة التيار  $i(t)$  المار في الدارة.  
 4- انطلاقاً من المنحنى وباستخدام طريقة من اختيارك يجب توضيحها  
 حدد قيمة السعة  $c$  للمكثف المدروس وقارنها مع القيمة التي يشير إليها الصانع ، كيف تفسر الاختلاف؟  
 5- في أية لحظة  $t$  تكون شدة التيار في الدارة قصوى ؟  
 حدد هذه الشدة  $i_{max}$  ثم ارسم شكل منحنى الدالة  $i(t)$ .  
 6- ما الأنظمة التي يبرزها هذا المنحنى؟



- II الطاقة المخزونة في مكثف حالة تفريغ المكثف**  
 بالنسبة لهذه المرحلة نأخذ  $c = 1F$  وننجز التركيب التجريبي التالي :  
 الشكل يشير على المنحنى الموجب للتيار الكهربائي في الدارة وكذا إلى التوترين  $E$  و  $u_c$  وشحنة اللبوس  $q$ .  
 التركيب يحتوى على محرك وخط منقوف حول مروده يحمل في طرفه الآخر جسماً كتلته  $m = 100g$ .  
 1- نعتبر لحظة وضع القاطع في الموضع 2 أصلاً للتواريخ .  
 يبدأ المكثف في التفريغ ، والمحرك في الاشتغال فنلاحظ صعود الجسم بارتفاع  $h = 3m$  خلال المدة  $\Delta t = 15s$ .  
 البرنامج يعطى القياسات التالية :  
 -  $u_c(0) = 5V$  بداية اشتغال المحرك  
 -  $u_c(15) = 2V$  لحظة توقف المحرك

- يمكن تسجيل مختلف قيم التوتر  $u_c$  بواسطة البرنامج من نمذجته بمستقيم معادلته تكتب كما يلي :  $u_c(t) = a.t + b$  ، حدد  $a$  و  $b$  وحدة كل منهما.  
 2 - حدد تعبير الشحنة  $q(t)$  للمكثف بدلالة الزمن ، واستنتج قيمة شدة التيار  $i(t)$  . كيف تفسر الإشارة السالبة ل  $i(t)$  .  
 3- أحسب على التوالي :  
 1-3 - الطاقة  $E_0$  المخزونة في المكثف عند اللحظة  $t=0$  .  
 2-3 - الطاقة  $E_1$  المتبقية عند اللحظة  $t=15s$  .  
 3-3 - طاقة الوضع الثقالية  $E_3 = mgh$  المكتسبة من طرف الكتلة .  
 4-3 - الطاقة الممنوحة من طرف المكثف  $E_2$  .  
 5-3 - مرود المحرك . نعطي  $g = 10N/kg$  .

\*\*\*\*\*

أهمية : I - 1 - بتطبيق قانون تجميع التوترات :  $u_R + u_c = E$  مع  $u_R = Ri = R \frac{du_c}{dt} = R.c \frac{du_c}{dt}$  المعادلة التفاضلية :  $R.c \frac{du_c}{dt} + u_c = E$

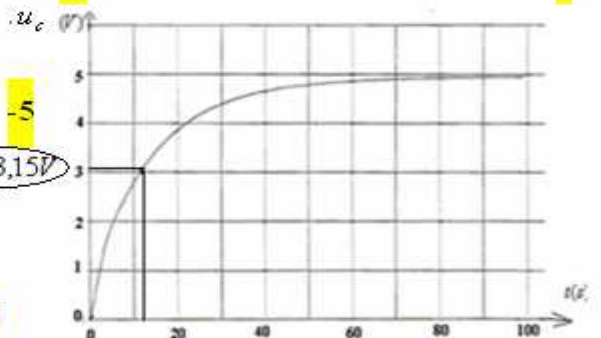
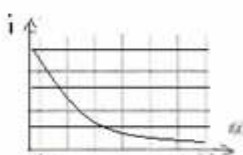
2 - بالتعويض في المعادلة التفاضلية نحصل على :  $R.C.m.E.e^{-mt} + E - E.e^{-mt} = E$   $\frac{du_c}{dt} = m.E.e^{-mt} \Leftrightarrow u_c = E(1 - e^{-mt})$

$u_c = 0$  عند  $t=0 \Leftrightarrow u_c = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \Leftrightarrow m = \frac{1}{R.c} = \frac{1}{\tau} \Leftrightarrow E.e^{-mt}(R.C.m - 1) = 0 \Leftrightarrow R.C.m.E.e^{-mt} - E.e^{-mt} = 0$

3 -  $i = \frac{dq}{dt} = c \frac{du_c}{dt} = c \cdot \frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$  عند اللحظة  $t = \tau$  نحصل على  $u_c = E(1 - e^{-1}) = 0,63E = 3,15V$

• وهي قيمة من نفس المقدار الذي وضعه الصانع  $c = \frac{\tau}{R} = \frac{11}{10} = 1,1F$

5 - عند  $t=0$  تكون  $i$  قصوى ، قيمتها :  $i = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R} e^0 = \frac{E}{R} = \frac{5}{10} = 0,5A$



6 - المنحنى يبرز نظامين : نظام انتقالى ، يتزايد خلاله التوتر ونظام دائم : يصبح خلاله التوتر ثابتاً.

II - 1 - لدينا :  $u_c(t) = a.t + b$  وعند  $t=0$  ،  $u_c = 5V$   $\Leftrightarrow 5 = a \times 0 + b \Leftrightarrow b = 5V$  ومنه  $u_c(t) = a.t + 5$

ولدينا : عند  $t=15s$  ،  $u_c = 2V$   $\Leftrightarrow 2 = a \times 15 + 5 \Leftrightarrow a = \frac{2-5}{15} = -0,2V/s$  ومنه :  $u_c(t) = -0,2.t + 5$

2- تعبير الشحنة  $q(t)$  لدينا :  $q = c.u_c = c.(-0,2.t + 5) = 1 \times (-0,2.t + 5) = -0,2.t + 5$

$i(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(-0,2.t + 5) = -0,2A$  الإشارة - تدل على أن تيار التفريغ له عكس منحى تيار الشحن .

$$E_3 = mgh = 0,1kg \times 10N.kg^{-1} \times 3m = 3J \quad -3-3 \quad E_1 = \frac{1}{2}cu_c^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 = 2J \quad -2-3 \quad E_o = \frac{1}{2}cE^2 = 12,5J \quad -1-3 \quad -3$$

$$r = \frac{E_3}{E_2} = \frac{3}{10,5} = 0,28. = 28\% \quad -5-3 \quad E_2 = E_o - E_1 = 12,5 - 2 = 10,5J \quad -4-3 \quad \text{لطاقة الممنوحة من طرف المكثف}$$

**SBIRO Abdelkrim**

**(pour toute observation contactez moi par mail)**

**[sbiabdou@yahoo.fr](mailto:sbiabdou@yahoo.fr)**

لا تنسوني بصالح أذعيتكم وأسأل الله لكم العون والتوفيق .