الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التربية الوطنية

الديوان الوطني للامتحانات والمسابقات

امتحان بكالوريا التعليم الثانوي دورة 2025

الشعبة: رياضيات، تقني رياضي

اختبار في مادة: العلوم الفيزيائية — **المدة: 04 سا و30 د**

على المترشح أن يختار أحد الموضوعين الآتيين:

الموضوع الأوّل

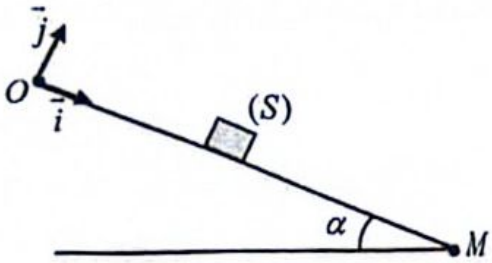
يحتوي الموضوع على (05) صفحات (من الصفحة 1 من 10 إلى الصفحة 5 من 10)

الجزء الأوّل: (14 نقطة)

التمرين الأوّل: (04 نقاط)

يهدف هذا التّمرين إلى دراسة حركة مركز عطالة جسم صلب (S) على مستوي مائل وإيجاد شدّة قوة الاحتكاك.

يَنزلق جسم صلب (S) كتلته m مركز عطالته G على مستوي مائل يصنع خط ميله الأعظم OM مع المستوي الأفقي زاوية $\alpha = 30°$.



الشّكل 1

يَنطلق الجسم (S) في لحظة $t = 0$ من النّقطة O أعلى المستوي المائل بسرعة ابتدائية $\overrightarrow{v_0}$ باتّجاه النّقطة M.

ندرس حركة G في معلم متعامد $(O, \vec{i}, \vec{j})$ مُرتبط بمرجع سطحي أرضي نَعتبره غاليليا (**الشّكل 1**).

يَخضع الجسم أثناء حركته لاحتكاكات تُكافئ قوة $\vec{f}$ شدّتها ثابتة ومعاكسة لجهة الحركة.

معطيات:

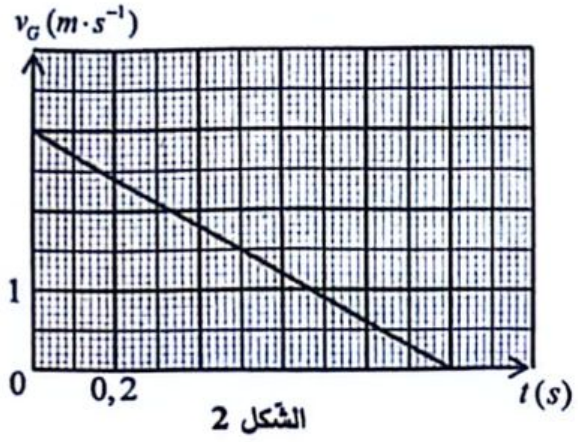
- شدّة تسارع حقل الجاذبيّة الأرضيّة: $g = 9{,}8\, m \cdot s^{-2}$؛
- كتلة الجسم (S): $m = 500\, g$؛
- طول خط الميل الأعظم للمستوي المائل: $OM = 2\, m$.

1. أحص ومَثِّل القوى الخارجيّة المُطبّقة على الجسم (S).

2. بتطبيق القانون الثّاني لنيوتن، بيّن أنّ المعادلة التّفاضليّة التي تحققها $v_G(t)$ سرعة مركز عطالة الجسم (S) تُكتب على الشّكل:

$$\frac{dv_G(t)}{dt} = g \cdot \sin\alpha - \frac{f}{m}$$

سمحت متابعة تطوّر سرعة مركز عطالة الجسم (S) بدلالة الزّمن برسم المنحنى البياني $v_G = h(t)$ (الشّكل 2).



الشّكل 2

اعتمادا على المنحنى البياني:

1.3. جِدْ قيمة تسارع مركز عطالة الجسم (S) ثمّ استنتج f شدّة قوة الاحتكاك.

2.3. استخرج قيمة v_0 السّرعة الابتدائيّة واحسب المسافة المقطوعة حتّى يتوقّف الجسم (S).

3.3. بَيّن أنّ قيمة v_0 السّرعة الابتدائيّة غير كافيّة ليصل الجسم (S) إلى النّقطة M.

4.3. جِد قيمة v_0' السّرعة الابتدائيّة التي تسمح للجسم (S) بالتّوقّف عند النّقطة M في اللّحظة $t = 1,15\,s$.

التمرين الثّاني: (04 نقاط)

لعنصر اليورانيوم U ثلاث نظائر طبيعيّة وهي اليورانيوم234 واليورانيوم235 واليورانيوم238. يُستعمل اليورانيوم الغني بالنّظير 235 كوقود في المفاعلات النّوويّة والغوّاصات النّوويّة...

يَهدف هذا التّمرين إلى دراسة أهميّة الطّاقة المتحرّرة من تفاعلات انشطار اليورانيوم 235.

معطيات:

- طاقة الرّبط لكلّ نويّة: $E_\ell\left(^{235}_{92}\mathrm{U}\right)/A = 7,6\,MeV/nucl$ ؛ $E_\ell\left(^{140}_{Z_2}\mathrm{Xe}\right)/A = 8,1\,MeV/nucl$ ؛
- كتل الأنويّة: $m\left(^{A_1}_{38}\mathrm{Sr}\right) = 93,9154\,u$ ؛ $m\left(^{1}_{0}n\right) = 1,0087\,u$ ؛ $m\left(^{1}_{1}p\right) = 1,0073\,u$ ؛
- الثّوابت: $N_A = 6,02\times10^{23}\,mol^{-1}$ ؛ $1u = 931,5\,MeV/c^2$ ؛ $1\,MeV = 1,6\times10^{-13}\,\mathrm{J}$.

1. عرّف نظائر عنصر كيميائي.

2. يُنمذج أحد تفاعلات انشطار نواة اليورانيوم 235 بالمعادلة:

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{A_1}_{38}\mathrm{Sr} + ^{140}_{Z_1}\mathrm{Xe} + 2\,^{1}_{0}n$$

جِد العددين A_1 و Z_2 بتطبيق قانوني الإنحفاظ.

3. احسب طاقة الرّبط لكلّ نويّة لنواة $^{A_1}_{38}\mathrm{Sr}$ واستنتج النّواة الأكثر استقرارا من بين الأنويّة $^{235}_{92}\mathrm{U}$ و $^{A_1}_{38}\mathrm{Sr}$ و $^{140}_{Z_2}\mathrm{Xe}$.

4. فسّر مصدر الطّاقة المتحرّرة من انشطار نواة واحدة من اليورانيوم 235 ثمّ احسب قيمتها.

5. استنتج الطّاقة المتحرّرة من انشطار $1kg$ من اليورانيوم 235.

6. يُحرّر $1kg$ من البترول طاقة قدرها $42\times10^6\,\mathrm{J}$.

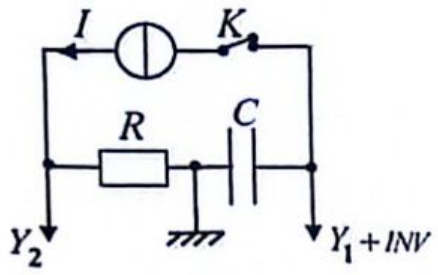
قارن بَيْن الطّاقة المتحرّرة من $1kg$ من البترول و $1kg$ من اليورانيوم 235. ماذا تستنتج؟

التمرين الثّالث: (06 نقاط)

يهدف هذا التّمرين إلى دراسة شحن مكثّفة بمولد تيار ثابت وبمولد توتر ثابت وإيجاد مميّزات ثنائيات الأقطاب.

أوّلا: شحن مكثّفة بمولد تيار ثابت

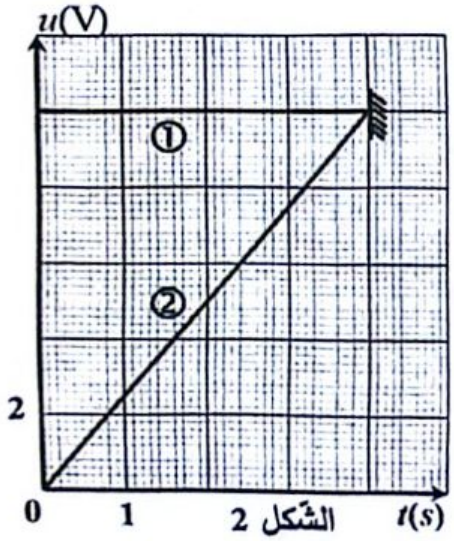
تتكوّن دارة كهربائيّة على التّسلسل من مكثّفة فارغة سعتها C وناقل أومي مقاومته R ومولد لتيار ثابت شدّته $I = 1mA$ وراسم اهتزاز ذي ذاكرة وقاطعة K (الشّكل 1).



الشّكل 1

نُغلق القاطعة K في لحظة $t = 0$ نعتبرها مبدأ للأزمنة.

نتحصّل على المنحنيين البيانيين① و② الموضّحين في الشّكل 2.



الشّكل 2

1. عرّف مولد التيار الثابت.
2. انسِب لكُلّ منحنى بياني مدخل راسم الاهتزاز المناسب مع التّعليل.
3. بيّن أنّ عبارة التوتر الكهربائي بين طرفي المكثّفة تكتب كما يلي:

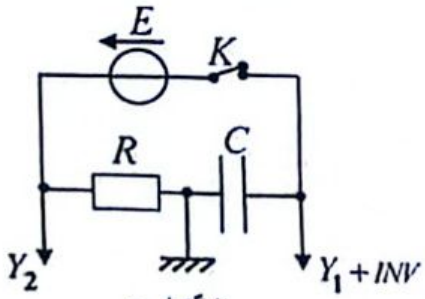
$$u_C(t) = \frac{I \cdot t}{C}$$

4. جِد بيانيا قيمة كلّ من C سعة المكثّفة باستعمال العبارة السّابقة و R مقاومة النّاقل الأومي.

ثانيا: شحن مكثّفة بمولد توتر ثابت

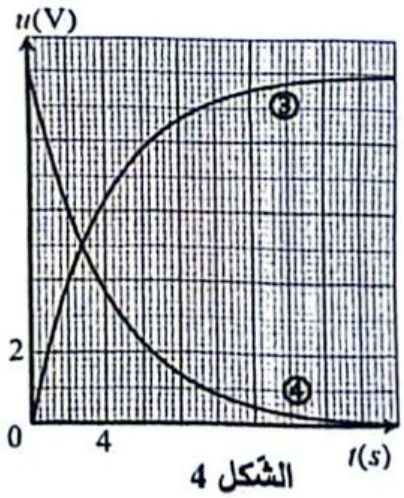
نُفرّغ المكثّفة السّابقة تماما ونستبدل مولد التيار بمولد للتوتر الثابت قوّته المحرّكة الكهربائيّة E في الدارة السّابقة.

نُغلق القاطعة K في لحظة $t = 0$ نعتبرها مبدأ جديدا للأزمنة الشّكل 3.



الشّكل 3

فنتحصّل على المنحنيين البيانيين③ و④ الموضّحين في الشّكل 4.



الشّكل 4

1. عرّف مولد التوتر الثابت.
2. انسِب لكلّ منحنى بياني مدخل راسم الاهتزاز المناسب مع التّعليل.
3. شدة التيار الكهربائي الأعظميّة المار في الدارة $I_0 = 1mA$ في اللّحظة $t = 0$، تأكّد أنّ مقاومة النّاقل الأومي $R = 10^4\ \Omega$.
4. جِد بيانيا τ ثابت الزّمن مع توضيح الطريقة المتبعة ثمّ احسب C سعة المكثّفة.
5. علّق على نتائج دراسة شحن مكثّفة بمولد تيار ثابت وبمولد توتر ثابت في إيجاد مميّزات ثنائيات الأقطاب.

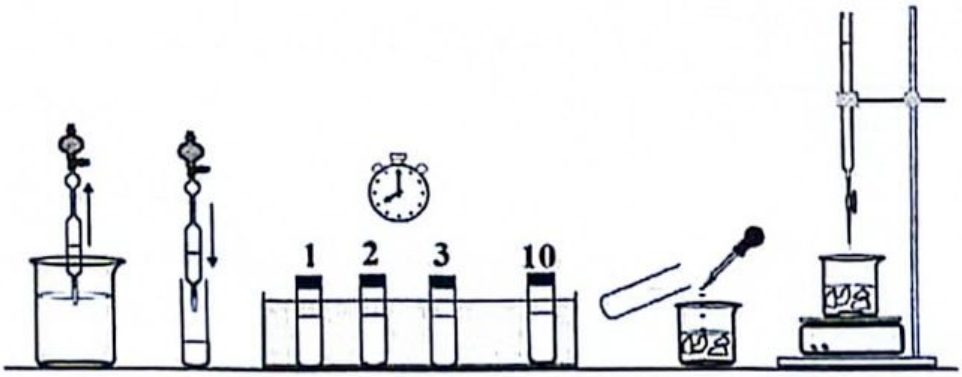
الجزء الثّاني: (06 نقاط)

التمرين التجريبي: (06 نقاط)

يهدف هذا التّمرين إلى متابعة تطوّر تفاعل حمض الإيثانويك مع الميثانول ودراسة خصائصه.

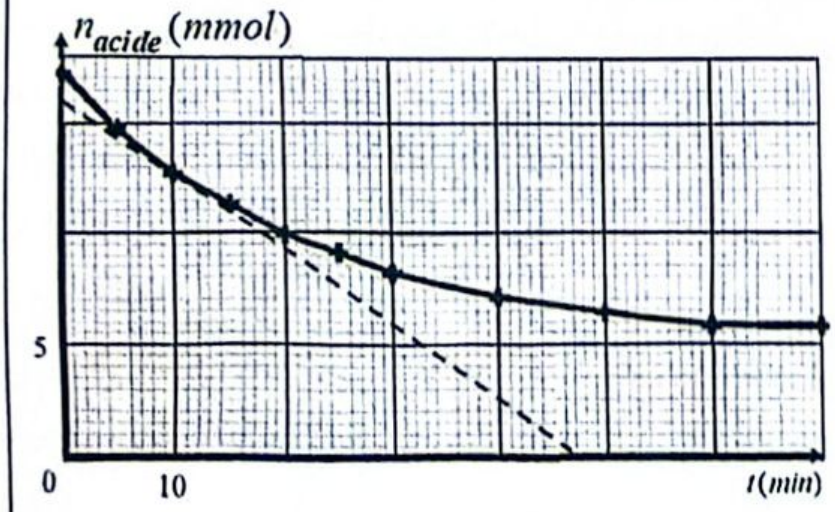
الوثيقة 1: البروتوكول التّجريبي للمتابعة الزّمنيّة لتفاعل حمض الإيثانويك مع الميثانول

- نُحضّر حمّاما مائيا (حمّام ماري) على درجة حرارة ثابتة $55°C$؛
- نَضع في بيشر $0,28mol$ من حمض الإيثانويك (CH_3-COOH) و $0,28mol$ من الميثانول (CH_3-OH) وقطرات من حمض الكبريت المركّز، فيكون حجم المزيج في البيشر $V=29mL$؛
- نُعِدُّ 10 أنابيب اختبار صغيرة مزوّدة بسدادات ونُرقمها من 1 إلى 10؛
- نَضع في كلّ أنبوب اختبار $1,8mL$ من المزيج السابق؛
- نَضع الأنابيب في حمّام مائي في لحظة $t=0$؛
- نُخرج في لحظة t أنبوب اختبار ونُفرغه في الماء المثلّج ونُعايِر الحمض المتبقّي فيه بمحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)(aq)$ في وجود كاشف الفينول فتالين فنتحصّل على الحجم المضاف عند التّكافؤ V_E ونكرّر العملية بالنسبة لبقيّة الأنابيب.



تحذير: يجب عدم استنشاق أبخرة الميثانول لأنّه سام وكذلك سريع الاشتعال.

الوثيقة 2: تطور كميّة مادة حمض الإيثانويك المتبقّي بدلالة الزّمن



باستغلال النّتائج المتحصّل عليها نرسم المنحنى البياني لتطوّر كميّة مادة حمض الإيثانويك المتبقّي بدلالة الزّمن

$n_{acide}=f(t)$

الوثيقة 3: مراقبة التحوّل الكيميائي

نُنجز ثلاث تجارب (أ) و(ب) و(ج) لتفاعل حمض الإيثانويك مع الميثانول بشروط تجريبية مختلفة في درجة حرارة ثابتة $55°C$. نتّبع نفس خطوات البروتوكول التجريبي (**الوثيقة 1**) حيث يحتوي كلّ أنبوب اختبار في اللّحظة $t=0$ على $n_0(CH_3-COOH)$ و $n_0(CH_3-OH)$ في التّجارب الثّلاثة كما يلي:

التّجربة	$n_0(CH_3-COOH)$ $(mmol)$	$n_0(CH_3-OH)$ $(mmol)$	حمض H_2SO_4 المركّز
(أ)	17,4	17,4	نعم
(ب)	17,4	17,4	لا
(ج)	8,7	17,4	نعم

العمل الذي ينبغي إنجازه:

1. اكتب معادلة التّفاعل الحادث في المزيج المتابع زمنيّا مع ذكر اسم الإستر المتشكّل.
2. تحقّق أنّ كمية المادّة الابتدائيّة للحمض في كلّ أنبوب هي $n_0=1,74\times10^{-2}mol$ باستغلال **الوثيقة 1**.
3. اقترح الوسائل (الأجهزة والأدوات، المواد الكيميائيّة، الزّجاجيّات) اللّازمة لعمليّة المعايرة وهذا باستغلال **الوثيقة 1**.
4. ما الدّور الذي يلعبه الماء المثلّج في هذا التّفاعل؟ علّل.
5. كيف تتعرّف عمليّا على حالة التّكافؤ؟
6. احسب سرعة اختفاء الحمض في اللّحظتين $t_1=10min$ و $t_2=65min$ باستغلال **الوثيقة 2**. ماذا تستنتج؟
7. استنتج ممّا سبق خصائص التّفاعل المتابع زمنيّا. علّل.
8. ارسم بشكل كيفي المنحنيات البيانيّة لتطوّر كمية مادة حمض الإيثانويك المتبقي بدلالة الزمن $n_{acide}=f(t)$ الموافقة للتّجارب(أ) و(ب) و(ج) في **الوثيقة 3**. استنتج تأثير كلّ من حمض الكبريت المركّز والتركيب الابتدائي على المدّة اللّازمة لبلوغ حالة التوازن.

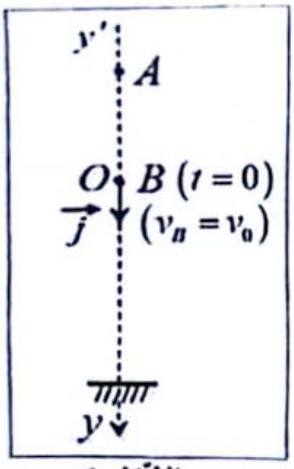
الموضوع الثاني

يحتوي الموضوع على (05) صفحات (من الصفحة 6 من 10 إلى الصفحة 10 من 10)

لجزء الأوّل: (14 نقطة)

التمرين الأوّل: (04 نقاط)

يهدف هذا التّمرين إلى دراسة حركة السّقوط الشّاقولي لكرة في الهواء.



الشّكل 1

تُرك تلميذ كرة كتلتها $m = 58g$ تسقط شاقوليًا في الهواء دون سرعة من موضع A لتمر بموضع B وتُواصل حركتها نحو سطح الأرض (الشّكل 1).

تُنسب حركة G مركز عطالة الكرة إلى معلم $(O,\vec{j})$ مرتبط بمرجع سطحي أرضي.

نَعتبر مبدأ الأزمنة $t = 0$ لحظة مرور G بالموضع B مبدأ الفواصل O.

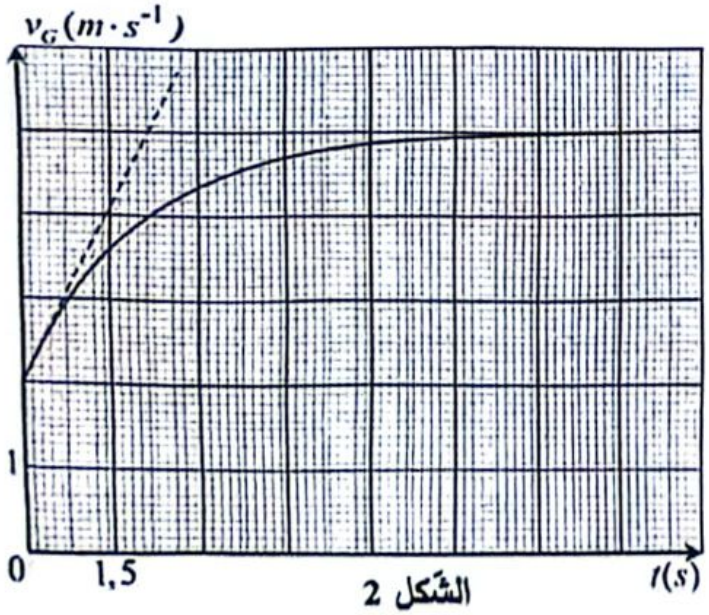
معطيات:

- تُهمل دافعة أرخميدس؛
- تسارع حقل الجاذبيّة الأرضيّة: $g = 9,8\ m \cdot s^{-2}$.

1. ذكّر بنص القانون الثّاني لنيوتن.
2. بتطبيق القانون الثّاني لنيوتن وباعتبار شدّة قوة الاحتكاك تتناسب طردًا مع v_G سرعة مركز عطالة الكرة $f = k\ v_G$ حيث k معامل الاحتكاك.

بيّن أنّ المعادلة التّفاضليّة لتطوّر السّرعة $v_G(t)$ تُكتب وفق العبارة: $\dfrac{dv_G(t)}{dt} = -\dfrac{k}{m}v_G(t) + g$

3. استنتج من المعادلة التّفاضليّة عبارة كلّ من التسارع الابتدائي a_0 في اللّحظة $t = 0$ و v_{lim} السّرعة الحديّة.
4. بواسطة التكنولوجيات الرّقمية تمّ الحصول على المنحنى البياني لتطوّر سرعة مركز عطالة الكرة بدلالة الزّمن $v_G = h(t)$ (الشّكل 2).



الشّكل 2

اعتمادا على المنحنى البياني:

1.4. حَدّد مرحلتي الحركة وطبيعة حركة مركز عطالة الكرة في كلّ مرحلة.

2.4. جِد قيمة كلّ من v_B سرعة مركز عطالة الكرة لحظة مرورها بالموضع B والسّرعة الحديّة v_{lim} والتّسارع a_0.

5. اذكر المقدار من بين المقادير المحسوبة في السّؤال 2.4 الذي تتغيّر قيمته مقارنة بالسّقوط دون سرعة ابتدائيّة.

التمرين الثّاني: (04 نقاط)

الحديد 59 أحد النّظائر النّشطة اشعاعيا، يُستخدم في مجال الطب النّووي...

يهدف هذا التّمرين إلى دراسة النّشاط الاشعاعي لنواة الحديد 59.

معطيات:

- كتل الأنويّة: $m(^{59}_{26}\text{Fe}) = 58,93488\,u$ ، $m(^{59}_{27}\text{Co}) = 58,93319\,u$ ؛ $m(^{1}_{1}p) = 1,00728\,u$ ؛ $m(^{1}_{0}n) = 1,00867\,u$
- الثّوابت: $1u = 931,5\,MeV/c^2$ ؛ $N_A = 6,02\times10^{23}\,mol^{-1}$.

تتفكّك نواة الحديد $^{59}_{26}\text{Fe}$ إلى نواة الكوبالت $^{59}_{27}\text{Co}$ وجسيم $^{A}_{Z}\text{X}$.

1. اكتب معادلة التّفكك الحادث، محدّدا الجسيم الصّادر.
2. عَرّف طاقة الرّبط النّووي E_ℓ واكتب عبارتها.
3. احسب طاقة الرّبط لكلّ نويّة لنواتي الحديد $^{59}_{26}\text{Fe}$ والكوبالت $^{59}_{27}\text{Co}$. استنتج النّواة الأكثر استقرارا.
4. عيّنة من الحديد 59 المشع، كتلتها $m_0 = 2,0\,mg$ في اللّحظة $t = 0$. تمّ قياس النّشاط الاشعاعي $A(t)$ للعيّنة في اللّحظة t والنّشاط الاشعاعي $A(t+7)$ للعينة بعد $7\ jours$ فتحصّلنا على النّسبة الآتية:

$$\frac{A(t+7)}{A(t)} = 0,897$$ حيث: الزّمن t مُقاس بـ $jours$.

1.4. عرّف النّشاط الاشعاعي A لعيّنة مشعّة، واكتُب عبارته اللّحظية بدلالة A_0 وثابت التفكّك λ و t.

2.4. جِد قيمة ثابت التفكّك λ باستعمال النّسبة السّابقة.

3.4. احسُب النّشاط الاشعاعي الابتدائي A_0 للعيّنة.

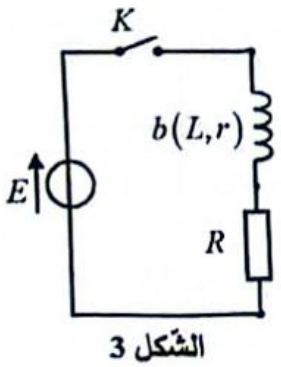
التمرين الثّالث: (06 نقاط)

يُستعمل الجرس الكهربائي في أجهزة الإنذار وتُعدّ الوشيعة جزءًا أساسيًا من نظام تركيبه وتشغيله.

يهدف هذا التّمرين إلى إيجاد المقادير المميّزة لوشيعة جرس كهربائي.

نُحقّق دارة كهربائيّة (**الشّكل 3**) باستعمال العناصر الآتية:

- مولد توتر مثالي قوّته المحرّكة الكهربائيّة $E = 12\,V$ ؛
- الوشيعة b لجرس كهربائي ذاتيتها L ومقاومتها r ؛
- ناقل أومي مقاومته $R = 5\,\Omega$ ؛
- قاطعة K وأسلاك توصيل.

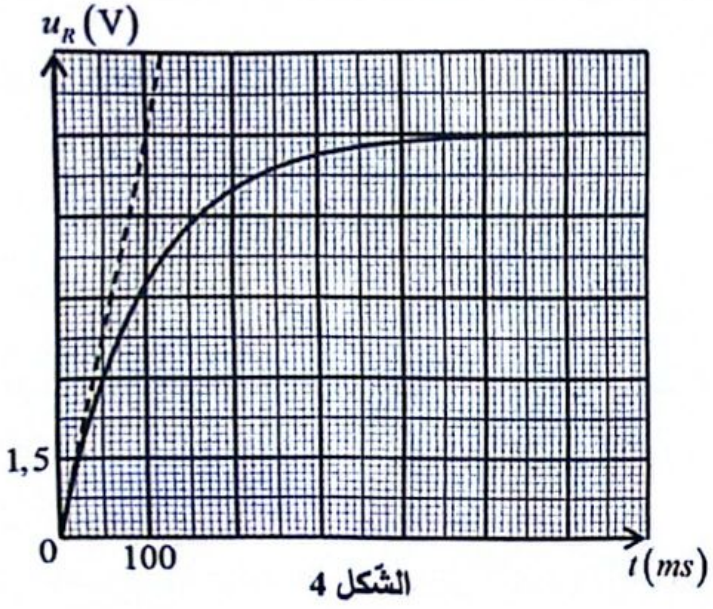


الشّكل 3

نُغلق القاطعة K في اللّحظة $t = 0$.

1. أعِد رسم مخطّط الدارة الممثّلة في الشّكل 3 ثمّ مثّل عليه سهمي التوترين u_b و u_R بين طرفي الوشيعة والنّاقل الأومي على الترتيب وموضحا عليه كيفية ربط راسم الاهتزاز ذي ذاكرة بين طرفي النّاقل الأومي.
2. نَتحصّل على المنحنى البياني لتطوّر التوتر الكهربائي بدلالة الزّمن $u_R = f(t)$ كما في الشّكل 4.

فسّر لماذا يَسمح هذا المنحنى البياني بمتابعة تطوّر شدّة التيّار المار في الدارة؟



الشّكل 4

3. باستغلال المنحنى البياني:
   1.3. حدّد النّظامين الانتقالي والدّائم وبيّن كيفية تطوّر شدّة التيّار الكهربائي في كلّ نظام.
   2.3. احسب I شدّة التيّار في النّظام الدّائم.
4. بتطبيق قانون جمع التوترات، بيّنْ أنّ المعادلة التفاضليّة التي تحقّقها شدّة التيّار الكهربائي $i(t)$ تُكتب على الشّكل:

$$\frac{di(t)}{dt}+\frac{1}{\alpha}i(t)=\frac{E}{L}$$ حيث: α ثابت يُطلب تعيين عبارته وتحقّق أنّه متجانس مع الزّمن باستعمال التّحليل البعدي.

5. انطلاقا من المعادلة التّفاضليّة السّابقة بيّنْ أنّ الشدّة الأعظميّة للتيّار الكهربائي المار في الدارة تُكتب بالعلاقة:

$$I=\frac{E}{R+r}$$

6. تأكّد من أنّ مقاومة الوشيعة $r=3\Omega$.
7. جِد قيمة τ ثابت الزّمن بيانيا ثم استنتج قيمة L ذاتية الوشيعة.

الجزء الثّاني: (06 نقاط)

التمرين التجريبي: (06 نقاط)



تَشتغل بعض الأجهزة المستعملة في الحياة اليوميّة بواسطة تحويل كهربائي مُقدّم من طرف عمود. يَحدث في العمود تحوّل كيميائي تلقائي.

يهدف هذا التّمرين إلى دراسة اشتغال العمود حديد ـ كادميُوم.

الوثيقة 1: كميّة الكهرباء

كميّة الكهرباء Q التي يُنتجها العمود خلال مدّة زمنيّة من اشتغاله.

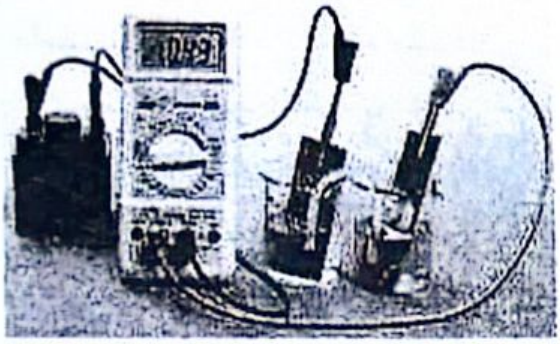
$$Q=z\cdot x\cdot \mathrm{F}$$

حيث: z عدد الالكترونات المحوّلة من المُرجع إلى المُؤكسد و x تقدّم التّفاعل و F ثابت فاراداي.

الفاراداي هو القيمة المطلقة لشحنة مول واحد من الالكترونات.

الوثيقة 2: البروتوكول التّجريبي

- نَضع صفيحة من الكادميُوم Cd في بيشر يحتوي حجما $V_1 = 50\,mL$ من محلول كبريتات الكادميوم $\left(Cd^{2+} + SO_4^{2-}\right)(aq)$ تركيزه المولي $c_1 = 0{,}1\,mol \cdot L^{-1}$ ؛
- نَضع صفيحة من الحديد Fe في بيشر يحتوي حجما $V_2 = 50\,mL$ من محلول كبريتات الحديد $\left(Fe^{2+} + SO_4^{2-}\right)(aq)$ تركيزه المولي $c_2 = 0{,}1\,mol \cdot L^{-1}$ ؛
- نربط نصفي العمود بجسر ملحي من نترات البُوتاسيوم $\left(K^+ + NO_3^-\right)(aq)$ ؛
- نربط بين صفيحتي العمود على التّسلسل ناقلا أوميا R وأمبير متر رقمي وقاطعة.



الوثيقة 3: جدول تقدّم التّفاعل الحادث أثناء اشتغال العمود

معادلة التفاعل		$Fe(s) + Cd^{2+}(aq) = Fe^{2+}(aq) + Cd(s)$			
حالة الجملة	التقدم (mol)	كميات المادة (mol)			
الحالة الابتدائيّة	0	$n_0(Fe)$	$n_0(Cd^{2+}) = c_1V_1$	$n_0(Fe^{2+}) = c_2V_2$	$n_0(Cd)$
الحالة الانتقاليّة	x	$n_0(Fe) - x$	$c_1V_1 - x$	$c_2V_2 + x$	$n_0(Cd) + x$
الحالة النهائيّة	x_f	$n_0(Fe) - x_f$	$c_1V_1 - x_f$	$c_2V_2 + x_f$	$n_0(Cd) + x_f$

معطيات:

- درجة الحرارة $25°C$ ؛
- ثابت فاراداي: $1F = 96500\ C \cdot mol^{-1}$ ؛
- الكتل المولية الذرية: $M(Fe) = 56\,g \cdot mol^{-1}$ ؛ $M(Cd) = 112{,}4\,g \cdot mol^{-1}$ ؛
- نعتبر أنّ الحجم في كُلّ بيشر يبقى ثابتا أثناء اشتغال العمود؛
- ثابت التّوازن للتّفاعل الحادث في العمود: $K = 21{,}22$.

العمل الذي ينبغي إنجازه:

نغلق القاطعة في اللّحظة $t=0$ فيمر في الدّارة تيارا كهربائيا شدّته ثابتة.

1. كيف يتمّ تحديد قطبي العمود عمليّا بتوصيله بالأمبير متر الرّقمي باستغلال الوثيقة 2؟
2. اكتب المعادلة النّصفية للتّفاعل عند كلّ مسرى باستغلال الوثيقة 3.

3. حَدّد قُطبي العمود واكتب رمزه الاصطلاحي بالشكل:

$$\ominus M_1(s)\left|M_1^{n_1+}(aq)\right|\!\!\|\, M_2^{n_2+}(aq)\left|M_2(s)\right.\oplus$$

4. ارسم بشكل تخطيطي التركيب التجريبي للعمود حديد ـ كادميوم باستغلال الوثيقة 2 ومثّل عليه اتّجاه حركة حاملات الشّحنة داخل العمود وخارجه.

5. ما الغرض من ربط النّاقل الأومي في الدّارة الخارجيّة للعمود (الوثيقة 2)؟

6. في لحظة t_1 من اشتغال العمود تتناقص كتلة إحدى الصفيحتين بمقدار $255\ mg$.

1.6. بيّن أن كسر التّفاعل في اللّحظة t_1 يُكتب بالعلاقة: $Qr(t_1)=\dfrac{c_2V_2+x}{c_1V_1-x}$ باستغلال الوثيقة 3.

2.6. احسب x تقدّم التّفاعل في اللّحظة t_1 ومن ثمّ حساب $Qr(t_1)$. ماذا تستنتج؟

3.6. هل يمر التيّار الكهربائي في دارة العمود من أجل $t \geq t_1$؟ برّر.

4.6. احسب Q كميّة الكهرباء التي يُنتجها العمود خلال المدّة $\Delta t = t_1$ باستغلال الوثيقة 1.