المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية و التعليم العالي و تكوين الأطر و البحث العلمي	المباراة العامة الأولى للعلوم والتقنيات	أكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات
الجمعة 16 يوليوز 2010	التخصص : فيزياء-كيمياء	مدة الإنجاز : 4 ساعات

يسمح باستعمال الآلة الحاسبة العلمية غير القابلة للبرمجة

الكيمياء : (26 نقطة)

- تصنيع مادة منظفة
- تتبع تطور مجموعة كيميائية بواسطة قياس الضغط

الفيزياء : (74 نقطة)

* الكهرباء (26 نقطة):

- دراسة ثنائي القطب RC

* الميكانيك (48 نقطة) :

- دراسة عامة لحركة قمر اصطناعي
- دراسة أقمار اصطناعية في مسارات دائرية منخفظة
- تغيير مسار قمر اصطناعي إلى مسار دائري آخر
- دراسة قمر اصطناعي ساكن بالنسبة لملاحظ أرضي
- دراسة ذرة الهيدروجين بالمماثلة مع دراسة قمر اصطناعي و حدود ميكانيك نيوتن

- تقدم النتائج الحرفية قبل العددية.
- كل نتيجة غير مقرونة بالوحدة تعتبر خطأ.

المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم العالي وتكوين الأطر والبحث العلمي	المباراة العامة الأولى للعلوم والتقنيات	أكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات
الجمعة 16 يوليوز 2010	التخصص : فيزياء-كيمياء	مدة الإنجاز : 4 ساعات

الكيمياء: (26 نقطة)

الجزءان 1 و 2 مستقلان

الجزء1 (13 نقطة) : تصنيع مادة منظفة

نسخن بالارتداد ، خلال ساعة واحدة ، خليطا يتكون من 18 g من ثلاثي غليسيريد ذي الصيغة $R-CO_2-CH_2$ ، $R-CO_2-CH$ ، $R-CO_2-CH_2$ حيث R جذر ألكيل ، و من 4 g من هيدروكسيد الصوديوم .

نعاير عند نهاية التحول كمية هيدروكسيد الصوديوم المتبقى بواسطة محلول حمض الكلوريدريك (S_A) ذي التركيز $C_A = 2\ mol.L^{-1}$. للحصول على التكافؤ وجبت إضافة الحجم $V_A = 16,5\ mL$ من المحلول (S_A) .

1 - ماهو دور عملية التسخين بالارتداد؟

2 - أعط اسم التفاعل الحاصل بين الثلاثي غليسيريد و هيدروكسيد الصوديوم.

3 - اكتب المعادلة الكيميائية المنمذجة للتحول الحاصل باستعمال الصيغ نصف المنشورة.

4 - حدد الكتلة المولية لثلاثي الإستر المستعمل.

5 - احسب الكتلة المولية للحمض الذهني المشبع الذي استعمل لتحضير هذا الثلاثي الإستر.

6 - اكتب صيغة الصابون الناتج.

نعطي الكتل المولية التالية:

$M(H) = 1\ g.mol^{-1}$ ؛ $M(C) = 12\ g.mol^{-1}$ ؛

$M(O) = 16\ g.mol^{-1}$ ؛ $M(Na) = 23\ g.mol^{-1}$ ؛

الجزء 2 (13 نقطة): تتبع تطور مجموعة كيميائية

نعتبر كل الغازات المدروسة كاملة ونعطي ثابتة الغازات الكاملة في النظام العالمي : $R = 8,31\ J.mol^{-1}.K^{-1}$.

نذكر أن : $T(K) = t(°C) + 273$ ونذكر بمعادلة الحالة للغازات الكاملة : $PV = n\,RT$.

عند درجة حرارة ثابتة $447°C$ ؛ يحتوي إناء مغلق ، حجمه ثابت $V = 1dm^3$ ، على كمية بدئية n_0 من غاز الإيثانال ذي الصيغة CH_3CHO .

بفعل الحرارة، يتفكك غاز الإيثانال إلى غاز الميثان ذي الصيغة CH_4 و إلى غاز أحادي أكسيد الكربون CO وفق المعادلة الكيميائية التالية: $CH_3CHO \rightarrow CH_4 + CO$

نتتبع تطور هذا التحول بقياس الضغط الكلي P داخل الإناء بدلالة الزمن t ، فنحصل على القياسات التجريبية التالية:

t (s)	0	1200	2400	3600
P (10^4 Pa)	4 ,26	5,52	6,20	6,62

1 - حدد $[CH_3CHO]_0$ التركيز البدئي لغاز الإيثانال باستعمال الوحدة: ($mol.L^{-1}$).

2 - أنشئ الجدول الوصفي لهذا التحول الكيميائي.

3 - أثبت العلاقة بين تركيز الإيثانال $[CH_3CHO]_t$ عند لحظة t وبين الضغط الكلي P بدلالة: R و T والضغط البدئي P_0

4 - احسب ، باستعمال الوحدة: ($mol.L^{-1}$) ، تركيز الإيثانال $[CH_3CHO]_t$ عند اللحظات :

$t = 1200s$ و $t = 2400s$ و $t = 3600s$.

5 - نفترض أن السرعة الحجمية اللحظية v لهذا التفاعل تتغير بدلالة تركيز الإيثانال وفق النموذج التالي:

$v = k[CH_3CHO]_t^2$ ، حيث k معامل موجب ثابت عند درجة حرارة معينة.

المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم العالي وتكوين الأطر والبحث العلمي	المباراة العامة الأولى للعلوم والتقنيات	أكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات
الجمعة 16 يوليوز 2010	التخصص : فيزياء–كيمياء	مدة الإنجاز : 4 ساعات

5.1- أثبت العلاقة التالية : $\frac{1}{[CH_3CHO]_t} - \frac{1}{[CH_3CHO]_0} = kt$

5.2- انقل الجدول التالي على ورقة التحرير ثم املأه بالقيم المناسبة:

t(s)	1200	2400	3600
$\left(\frac{1}{[CH_3CHO]_t} - \frac{1}{[CH_3CHO]_0}\right).\frac{1}{t}$			

5.3 – استنتج القيمة التقريبية للمعامل k عند درجة الحرارة 447°C .

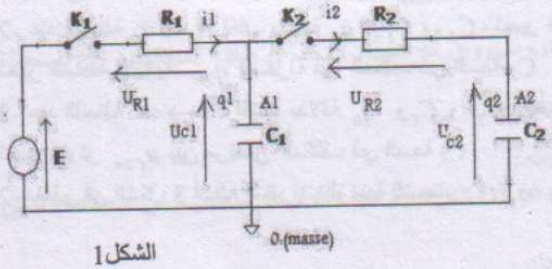
5.4- هل الافتراض الوارد حول السرعة الحجمية اللحظية يوافق النتائج التجريبية المحصل عليها؟ علل.

5.5- حدد $t_{1/4}$ المدة اللازمة لتفكك ربع الكمية البدئية للإيثانال.

الكهرباء (26 نقطة): دراسة ثنائي قطب (R,C):

نعتبر الدارة الكهربائية الممثلة في الشكل 1 و المشتملة على العناصر الآتية :

- مولد توتر مستمر: $E = cte = 1V$
- موصلين أوميين: $R_1 = R_2 = 1k\Omega$
- مكثفين سعتهما: C_1, C_2
- قاطعين للتيار: K_1, K_2 .



الشكل1

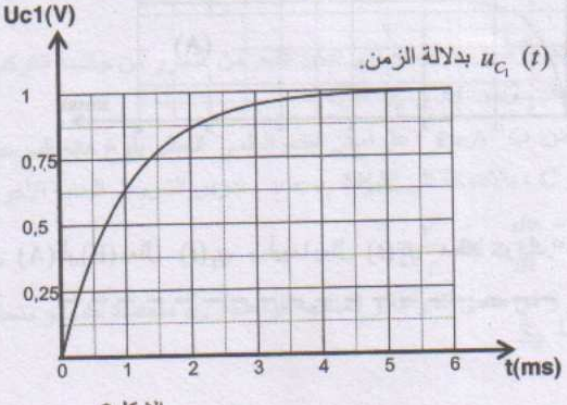
في مرحلة أولى ، نغلق القاطع K_1 ونترك القاطع K_2 مفتوحا ، فيمر في الدارة (E, R_1, C_1) تيار شدته $i_1(t)$ ونرمز ب $q_1(t)$ لشحنة اللبوس A_1 . عند أصل التواريخ تكون: $q_1(t=0) = 0$.

1- أعط تعبير التوترين $u_{R_1}(t)$ و $u_{C_1}(t)$ بدلالة كل من $i_1(t)$ و $q_1(t)$.

2- باستعمال إضافية التوترات ، أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها الدالة $u_{C_1}(t)$.

3- بين أن الصيغة الرياضية التالية: $u_{C_1}(t) = a.e^{\frac{t}{\tau_1}} + b$ ، تعتبر حلا للمعادلة التفاضلية ، ثم حدد قيم الثوابت a و b و τ_1 بدلالة E, R_1, C_1 .

4- نعطي في الشكل 2 تغيرات الدالة $u_{C_1}(t)$ بدلالة الزمن.



الشكل2

4.1 - استنتج مبيانيا قيمة τ_1 ثم أعط قيمة سعة المكثف C_1.

4.2- حدد القيمة العددية q_0 لشحنة المكثف عند اللحظة $t \to \infty$.

5- انطلاقا من معادلة إضافية التوترات، ادرس الحصيلة الطاقية في هذه الدارة.

في مرحلة ثانية، وبعد شحن المكثف C_1 كليا، نفتح القاطع K_1 ثم نغلق القاطع K_2 (الشكل1). نتخذ هذه اللحظة أصلا جديدا للتواريخ.

نرمز ب $i_2(t)$ الى شدة التيار في الدارة (C_1, R_2, C_2) و ب $q_1(t)$ إلى شحنة اللبوس A1 و ب $q_2(t)$ إلى شحنة اللبوس A2. لدينا: $q_1(t=0)=q_0$ و $q_2(t=0)=0$.

2.1- أعط تعبير التوترات $u_{R2}(t)$ و $u_{c_1}(t)$ و $u_{c2}(t)$.

2.2- اكتب العلاقة بين $i_2(t)$ و $q_1(t)$ ، ثم العلاقة بين $i_2(t)$ و $q_2(t)$.

2.3- استنتج العلاقة بين $q_1(t)$ و $q_2(t)$ عند كل لحظة. هل هناك انحفاظ للشحنة الكهربائية الاجمالية في الدارة؟ علل.

2.4- باستعمال إضافية التوترات ، أوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها الدالة $q_1(t)$.

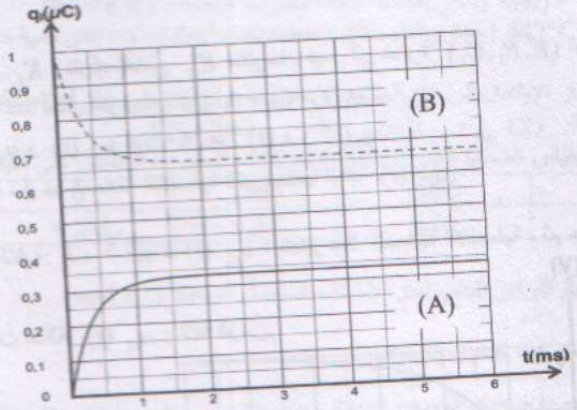
2.5- بالاستعانة بالسؤال (1.3) أوجد التعبير الحرفي للدالة $q_1(t)$ بدلالة: q_0 و C_1 و C_2 و R_2.

2.6- استنتج كذلك التعبير الحرفي للدالة $q_2(t)$ بدلالة: q_0 و C_1 و C_2 و R_2.

2.7- عند اللحظة $t \to \infty$ ، اكتب بدلالة q_0 و C_1 و C_2، تعبير الشحنة النهائية $q_{1\infty}$ المخزنة في المكثف ذي السعة C_1؛ ثم تعبير الشحنة النهائية $q_{2\infty}$ المخزنة في المكثف ذي السعة C_2.

2.8- عند اللحظة $t \to \infty$ ، اكتب بدلالة q_0 و C_1 و C_2، تعبير التوتر $u_{C1\infty}$ بين مربطي المكثف ذي السعة C_1 ؛ ثم تعبير التوتر $u_{C2\infty}$ بين مربطي المكثف ذي السعة C_2.

2.9- نعطي في الشكل 3 أسفله التغيرات الزمنية للشحنتين $q_1(t)$ و $q_2(t)$.



شكل3

حدد أي المنحنيين (A) أو(B) يمثل $q_1(t)$ و أيهما يمثل $q_2(t)$ معللا جوابك.

المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم العالي والتكوين الأطر والبحث العلمي	المباراة العامة الأولى للعلوم والتقنيات	أكاديمية الحسن الثاني للعلوم والتقنيات
الجمعة 16 يوليوز 2010	التخصص : فيزياء-كيمياء	مدة الإنجاز : 4 ساعات

الميكانيك (48 نقطة):

معطيات: نعتبر أن الأرض كروية الشكل مركزها النقطة 0.

شعاع الأرض : $R = 6{,}4.10^6\,m$ ؛ كتلة الأرض : $M = 6.10^{24}\,kg$.

ثابتة التجاذب الكوني: $G = 6{,}6.10^{-11}\,SI$.

نعتبر مجموعة ميكانيكية مكونة من جسمين: أحدهما يمثل كوكب الأرض كتلته M و ممركز في النقطة O أصل المرجع المركزي الأرضي؛ والجسم الثاني يمثل قمرا اصطناعيا متموضعا في نقطة S و ذي كتلة m .

يسلط كوكب الأرض على القمر الاصطناعي قوة تجاذب كوني مركزية تعبير متجهتها:

$$\vec{F} = -G\frac{M\,m}{r^2}\vec{u}_r \quad ;r = OS > 0 \quad ; \quad \vec{u}_r = \frac{\vec{r}}{r} \quad ,G = cte$$

ندرس في المرجع الجاليلي المركزي الأرضي R(Oxyz) حركة القمر الاصطناعي ، نعلم متجهة موضعه بالمتجهة $\overrightarrow{OS}$ ونرمز لمتجهة سرعته بالمتجهة $\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OS}}{dt}$ و لمتجهة تسارعه بالمتجهة $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$.

يمكن البرهنة أن مسار حركة القمر مستوي و نوعه مخروطي وبؤرته النقطة O كما أن طاقته الميكانيكية E_m منحفظة و تعبيرها: $E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} = cte$

تحدد قيمة الطاقة الميكانيكية نوع الحركة المخروطية حيث :

1- اذا كانت $E_m \geq 0$ تكون الحركة حرة (منفلتة) : $r_m \leq r \leq \infty$ ونوعها هذلولي أو شلجمي ؛ في هذه الحالة يمكن للقمر الابتعاد نهائيا عن المركز.

2- اذا كانت $E_m < 0$ تكون الحركة مقيدة، و هي نوعان :.

- اهليلجية : $r_p \leq r \leq r_a$ ونرمز لنصف طول محورها ب: $a = \frac{1}{2}(r_p + r_a)$

- دائرية: $r = r_c = cte$.

1- دراسة عامة:

عند أصل التواريخ t=0، ينطلق القمر من النقطة S_0 على ارتفاع h من سطح الأرض: $OS_0 = r_0 = R + h$ ؛ بسرعة بدئية منظمها v_0 .

1.1- أعط تعبير الطاقة الميكانيكية E_m .

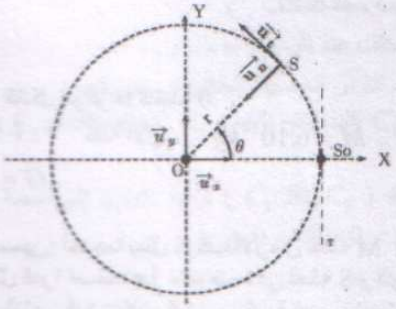
1.2- نسمي سرعة التحرر v_l القيمة الدنوية للسرعة البدئية التي تمكن القمر من التحرر من جاذبية الكوكب. فتكون آنذاك حركة القمر حرة . أوجد تعبير v_l بدلالة: G و M و r_0 .

1.3- احسب قيمة v_{II} على سطح الأرض ب $km.h^{-1}$ ؛ هل أمكن التقدم العلمي الحالي بلوغ هاته السرعة ؟ علل جوابك.

للحصول على حركة دائرية على مسار C ، بالاضافة الى الشرط $v < v_l$ ، ندرس الشروط البدئية الأخرى اللازمة لذلك.

نذكر بتعبير التسارع في منظم فريني : $\vec{a} = \frac{v^2}{r}\vec{u}_n + \frac{dv}{dt}\vec{u}_t$.

المتجهة الواحدية $\vec{u}_t$ مماسية مع المسار و في منحى السرعة و المتجهة الواحدية $\vec{u}_n$ متعامدة عليها و منحاها نحو تقعر المسار. نسمي T خط التماس في النقطة S_0 .



شكل1

1.4- انقل رسم الشكل 1 الى ورقتك ثم ارسم في النقطة S_0 متجهة السرعة $\vec{v}_0$ و متجهة قوة التجاذب الكوني $\vec{F}$.

1.5- اكتب تعبير القانون الثاني لنيوتن لدراسة حركة القمر الاصطناعي حول كوكب الأرض.

1.6- برهن أن هذه الحركة الدائرية منتظمة ؛ و أوجد تعبير منظم السرعة $v_c = v_0$ بدلالة: M, G و $r_c = r_0$.

1.7- أوجد تعبير الدور T_c بدلالة: M, G و r_0 ؛ استنتج القانون الثالث لكبلر: $\frac{T_c^2}{r_c^3} = k' = cte$ وحدد قيمة الثابتة k'.

1.8- أعط تعبير الطاقة الميكانيكية $E_{m,c}$ بدلالة M, G و r_0.

1.9- في حالة كون مسار القمر اهليلجي ونرمز له ب E، أعط تعبير دوره T_e وطاقته الميكانيكية $E_{m,e}$ انطلاقا من تعبيريهما في المسار الدائري مع استبدال r_c بنصف طول المحور a.

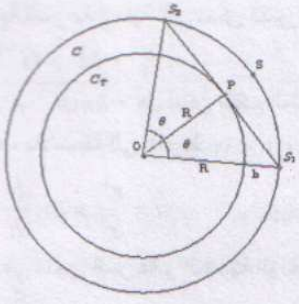
2 – دراسة أقمار اصطناعية في مسارات دائرية منخفضة:

لأجل وضع قمر اصطناعي في مسار دائري C حول الأرض على ارتفاع h من سطحها يتم حمله بواسطة صاروخ إلى الارتفاع المطلوب في النقطة S_0 و هناك تعطى له متجهة السرعة البدئية المناسبة . يكون دور القمر في هذا المسار هو T_c .

نعتبر قمرا اصطناعيا مساره الدائري C ينتمي للمستوى Π المتعامد مع مستوى خط الاستواء و الذي يشمل المستقيم Δ المار من القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض .

ونعتبر نقطة P من سطح الأرض على الدائرة C_T التي تنتمي لنفس المستوى Π .

بالنسبة لملاحظ أرضي يوجد في النقطة P ، يظهر القمر في الأفق عند النقطة S_1 و يختفي من الأفق في النقطة S_2 ويقطع المسافة بينهما في المدة الزمنية τ التي نسميها "مدة الاتصال المباشر أو مدة الرؤية". المستقيمان S_1S_2 و OP متعامدان. (الشكل2)



شكل 2

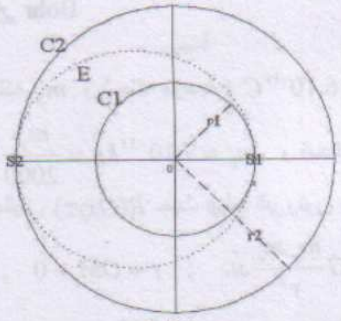
2.1- أوجد تعبير τ بدلالة T_c و قيمة الزاوية $\theta = (\overrightarrow{OS_1}, \overrightarrow{OP})$، ثم استنتج علاقة بين : M و R و G و h و τ .

2.2- للتواصل باستعمال الهاتف المحمول، نضع عدة أقمار في نفس المسار الدائري C المنتمي للمستوى Π ، ما هو تعبير أقل عدد n من الأقمار اللازمة حتى يمكن لكل نقطة من الدائرة C_T رؤية قمر واحد على الأقل؟

2.3- ما هو تعبير أقل عدد N من الأقمار اللازمة حتى يمكن لكل نقطة من سطح الأرض رؤية قمر واحد على الأقل؟

3- تغيير مسار قمر اصطناعي:

لنقل قمر اصطناعي من مسار دائري C_1 شعاعه r_1 إلى مسار دائري أخر C_2 شعاعه $r_2 > r_1$ نستعمل المسار الانتقالي E الاهليلجي ؛ ومن أجل ذلك نقوم بتغييرين لحظيين وجيزين للسرعة (بواسطة محرك) في النقطتين المتقابلتين S_1 و S_2 كما هو مبين في الشكل3.



شكل3

3.1- أعط تعبير السرعتين v_1 و v_2 في كل من المسارين الدائريين بدلالة: M و G و r_1 أو r_2 .

في النقطة S_1 نقوم بتغيير أول لمنظم السرعة من v_1 كي يصبح $v_1' = \alpha . v_1$ فينتقل القمر من المسار C_1 الى المسار E .

لدينا $\overrightarrow{v_1'}$ متعامد مع $\overrightarrow{OS_1}$.

وعندما يصل إلى النقطة S_2 نقوم بتغيير ثان لمنظم السرعة من v_2' كي يصبح $v_2 = \beta . v_2'$ فينتقل القمر من المسار E إلى المسار C_2 . لدينا $\overrightarrow{v_2'}$ متعامد مع $\overrightarrow{OS_2}$.

3.2- في النقطة S_1 : أعط تعبير الطاقة الميكانيكية E_{m1}' في المسار E بدلالة : m و v_1 و α ؛ ثم استنتج تعبير طول نصف المحور a بدلالة : r_1 و α.

3.3- في النقطة S_2 : أعط تعبير الطاقة الميكانيكية E_{m2}' في المسار E بدلالة : m و β و v_2 ؛ ثم استنتج تعبير طول نصف المحور a بدلالة: r_2 و β .

3.4- استنتج تعبير كل من α و β بدلالة : r_1 و r_2 .

3.5- نرمز ب T_1 للدور في المسار C_1 و نرمز بـ T للدور في المسار E و نرمز ب τ' للمدة الدنيا التي يستغرقها انتقال القمر من S_1 إلى S_2 عبر المسار الاهليلجي E .

أعط تعبير τ' بدلالة T ثم بدلالة: T_1 و r_1 و r_2.

3.6- احسب قيمة α و β و $\frac{\tau'}{T_1}$ في حالة $\frac{r_2}{r_1} = 2$.

4- الأقمار الثابتة

بالنسبة للأرض

تدور الأرض حول محورها Δ المار من القطبين الشمالي و الجنوبي بحركة دائرية منتظمة دورها $T_j = 24h$.

بالنسبة للمرجع المركزي الأرضي $R(Oxyz)$ كل نقطة من سطح الأرض تدور في مستوى متعامد على المحور Δ وحول مركز ينتمي لهذا المحور.

هناك فئة متميزة من الأقمار الاصطناعية تتحرك في مسار دائري C_0 حول مركز الأرض 0 على ارتفاع خاص h_0 من سطحها لكونها تبدو ساكنة بالنسبة للأرض.

4.1- ما هو الدور T_0 لهذه الفئة من الأقمار.

4.2- احسب قيمة h_0 .

4.3- اذكر الشروط اللازم توفرها كي تبدو هذه الأقمار ساكنة بالنسبة لملاحظ أرضي.

5- ذرة الهيدروجين حسب نموذج بوهر Bohr

تتكون ذرة الهيدروجين ${}^1_1H$ من :

- بروتون نعتبره ثابتفي نقطة O ، كتلته m_p و شحنته موجبة : $q_p = +e = 1,6.10^{-19}C$.

- إلكترون يوجد في نقطة M ، كتلته $m_e = 9.10^{-31}kg = \frac{m_p}{2000}$ و شحنته سالبة : $q_e = -e = -1,6.10^{-19}C$

ندرس حركة الإلكترون في المعلم الجاليلي $R(Oxyz)$ حيث يهيمن البروتون على الإلكترون قوتين :

- قوة التجاذب الكوني : $\vec{u}_r = \frac{\vec{r}}{r}$; $r = OM > 0$; $\vec{F}_g = -G\frac{m_p m_e}{r^2}\vec{u}_r$

- قوة كهرساكنة : $k = 9.10^9 SI$; $\vec{F} = k.\frac{q_p q_e}{r^2}\vec{u}_r$

5.1- برر إمكانية إهمال قوة التجاذب الكوني أمام القوة الكهرساكنة .

في ما يلي نعتبر حركة الإلكترون تحت تأثير القوة الكهرساكنة فقط.

نعتبر أن الإلكترون يدور حول البروتون في مسار دائري C مركزه O وشعاعه r .

5.2- باستعمال القانون الثاني لنيوتن احسب سرعة الإلكترون v بدلالة: k, m و r ؛ ثم أعط تعبير طاقته الحركية E_C بدلالة k و r .

5.3- باستعمال المماثلة بين قوة التجاذب و القوة الكهرساكنة من جهة ، و بين حركة الإلكترون وحركة القمر الاصطناعي من جهة ثانية، أوجد تعبير الطاقة الميكانيكية E للإلكترون بدلالة : k و r .

5.4- حسب نموذج بوهر لذرة الهيدروجين ، بالإضافة لما سبق يضيف بوهر فرضية تتلخص في العلاقة التالية:

$m.v.r = n.\frac{h}{2\pi}$ حيث $n \in \mathbb{N}^*$ و $h = 6.64.10^{-34}J.s$ هي ثابتة بلانك.

5.4.1- أوجد تعبير $r = r_n$ بدلالة: h و k و e و n .

5.4.2- يمكن كتابة تعبير الشعاع أيضا على الشكل $r_n = n^2 r_B$ ، أعط تعبير شعاع بوهر r_B ، ثم احسب قيمته العددية.

5.4.3- برهن أنه يمكن التعبير عن الطاقة الميكانيكية بالتعبير $E_n = -E_0.\frac{1}{n^2}$ ؛ ثم أعط تعبي E_0 بدلالة: h و k و e .

نعطي : $E_0 = 13,6eV$ ؛ $1eV = 1,6.10^{-19}J$.

5.4.4- ماهي حالة الذرة عندما تنعدم الطاقة الميكانيكية ؟

5.4.5- باعتماد فرضية بوهر، بين أنه يمكن التعبير عن الطاقة الميكانيكية كالتالي : $E = \frac{n^2.h^2}{8.\pi^2.m.r^2} - \frac{k}{r}$.

أحسب قيمة الشعاع r_n التي تجعل هذه الطاقة دنيوية.

5.4.6- حسب بوهر ، عندما يقفز الإلكترون من مسار شعاعه r_n و طاقته E_n إلى مسار آخر شعاعه r_m حيث $m \in \mathbb{N}^*$ وطاقته E_m ، يصدر إشعاعا كهرمغنطيسيا طول موجته في الفراغ λ و تردده ν وطاقته : $E = E_m - E_n = h.\nu$.

استنتج مما سبق العلاقة: $\frac{1}{\lambda} = R_H(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2})$ ؛ و أعط تعبير الثابتة R_H بدلالة : E_0 و c سرعة انتشار الأمواج الكهرمغنطيسية في الفراغ .

- - - - - - - - - - - - - - - - - - -

انتهى