المملكة المغربية

وزارة التربية الوطنية

الجمعية المغربية لأساتذة العلوم الفيزيائية

AMPSP

الأولمبياد في الفيزياء والكيمياء

- نهائيات 2012 -

مستوى الثانية باكالوريا

- مسلك العلوم الفيزيائية؛

- مسلكي العلوم الرياضية (أ) و(ب).

الكيمياء - 11 نقطة -
كيمياء 1: معايرة أيونات نيترات في سماد - 5 نقط -
كيمياء 2: ثنائي أوكسيد الكربون في الهواء - 6 نقط -
الفيزياء - 29 نقطة -
فيزياء 1: لتكن الانطلاقة متأخرة ما أمكن - 4,5 نقط -
فيزياء 2: حركة قذيفة - 7 نقط-
فيزياء 3: الفولطمتر الرقمي - 8,5 نقط -
فيزياء 4: حركة كوكب حول الشمس - 9 نقط -

- تاريخ الإجراء : الجمعة 18 ماي 2012

- التوقيت : الساعة 8 ونصف

- مدة الإنجاز : ثلاث ساعات

الكيمياء (11 نقطة)

كيمياء 1: معايرة أيونات نيترات في سماد (5 نقط)

يستهلك النبات مجموعة من العناصر الكيميائية المتواجدة في الأرض والتي تعتبر ضرورية لنموه، يعد عنصر الأزوت من أهم العناصر التي يتغذى بها النبات والضروري لبقائه حياً.

يوجد عنصر الأزوت في الأرض على شكل أيونات نترات (يسمى كذلك أزوت النتريكي *azote nitrique*) أو على شكل أيونات الأمونيوم (أزوت أمونياكي *azote ammoniacal*).

حالياً توفر الأسمدة الأزوتية الأيونات السابقة حسب حاجيات النبات لهذه المادة. كما يجب أن يُراقب استعمال هذه الأسمدة، لأن أيونات النترات لا تبقى في التراب، قد تُجرف من طرف المياه السطحية (بحيرات، أنهار، ...) أو الجوفية (الفرشات المائية)، ولأن التركيز المرتفع لأيونات النترات قد تكون له عواقب وخيمة على صحة المستهلك.

سماد آزوتي سائل
24 % من الآزوت
- 11 % من الآزوت البولي
- 6 % من الآزوت النتريكي
- 7 % من الآزوت الأمونياكي

الهدف من التمرين هو تحديد النسبة المئوية الكتلية من الأزوت النتريكي لسماد أزوتي ومقارنة القيمة المتوصل إليها مع القيمة المسجلة على اللصيقة جانبه لسماد آزوتي سائل، ننجز ذلك بمعايرة أيونات النترات المتواجدة في السماد.

1. البروتوكول التجريبي ومبدأ الطريقة

نضع الكتلة $m = 2,5\ g$ من سماد سائل في حوجلة معيارية سعتها $250\ mL$، ونضيف الماء المقطر إلى حدود الخط العيار لنحصل في الأخير على المحلول (S).

ندخل في دورق الحجم $V_0 = 25,0\ mL$ من محلول السماد السابق (S) ونضيف الحجم $V_1 = 20,0\ mL$ من محلول ملح موهر يحتوي على أيونات الحديد II تركيزها: $[Fe^{2+}] = 0,20\ mol.L^{-1}$، بعد ذلك نضيف الحجم $5\ mL$ من حمض الكبريتيك لجعل الوسط حمضياً. نسخن قليلاً لأن التفاعل الكلي بين أيونات النترات وأيونات الحديد II يكون بطيئاً.

بعد تبريد الخليط نعاير أيونات الحديد II غير المتفاعلة التي توجد بوفرة بمحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم تركيزه $C_2 = 1,7.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ يتم التعرف على التكافؤ باستعمال كاشف ملون يسمى أورتو- فينانترولين الحديدي *ortho-phénanthroline ferreuse*، نحصل على التكافؤ عند إضافة إلى الدورق الحجم $V_E = 10,0\ mL$ من المحلول المعايِر. نعطي المزدوجات مختزل/مؤكسد التالية :

$$\left(Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)}\right) \quad ; \quad \left(NO^-_{3(aq)}/NO_{(g)}\right) \quad ; \quad \left(Cr_2O^{2-}_{7(aq)}/Cr^{3+}_{(aq)}\right)$$

1.1. لإنجاز معايرة أيونات النترات تم ذلك عن طريق معايرتين متتاليتين وتسمى هذه الطريقة بـ "المعايرة بالرجعة"، **0,25 ن**

لماذا لا يمكن الاكتفاء بالمعايرة الأولى فقط ؟

2.1. أكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل كل معايرة من المعايرتين السابقتين. **1,25 ن**

3.1. أعط التركيب التجريبي المعتمد في المعايرتين. **0,5 ن**

2. استغلال النتائج

نسمي : - $n_i\left(Fe^{2+}\right)$ كمية المادة البدئية لأيونات الحديد II في الدورق؛

- $n_R\left(Fe^{2+}\right)$ كمية المادة لأيونات الحديد II المتفاعلة مع أيونات النترات أثناء التجربة الأولى؛

- $n_{ex}\left(Fe^{2+}\right)$ كمية المادة لأيونات الحديد II المتواجدة بوفرة في الدورق؛

- $n_E\left(Cr_2O_7^{2-}\right)$ كمية المادة لأيونات ثنائي كرومات المضافة عند التكافؤ.

1.2. أحسب كمية المادة البدئية $n_i\left(Fe^{2+}\right)$ لأيونات الحديد II. **0,5 ن**

2.2. عرف التكافؤ. **0,5 ن**

3.2. أحسب كمية المادة $n_{ex}\left(Fe^{2+}\right)$ المتواجدة بوفرة في الدورق. **0,5 ن**

0,5 ن **4.2.** بين أن كمية مادة أيونات الحديد II المتفاعلة مع أيونات النترات هي: $n_R\left(Fe^{2+}\right) = 3.10^{-3}\ mol$.

0,5 ن **5.2.** علما أن أيونات النترات محدة، أوجد كمية مادة أيونات النترات المتواجدة في السماد السائل.

0,5 ن **6.2.** أحسب النسبة المئوية الكتلية للأزوت النتريكي في السماد المعاير ثم قارنها مع المعلومات المدونة على اللصيقة.

نعطي : $M\left(N\right) = 14\ g.mol^{-1}$

كيمياء 2: ثنائي أوكسيد الكربون في الهواء (6 نقط)

يوجد ثنائي أوكسيد الكربون في الهواء بنسبة $0,63\ \%$ من حجم معين من الهواء، يمكن لهذا الغاز أن يتفاعل مع أيونات هيدروكسيد HO^- وفق المعادلة الآتية : $CO_{2(g)} + 2HO^-_{(aq)} \rightleftharpoons CO^{2-}_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$.

تحضير ومعايرة محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم

لتحضير محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم لا نتوفر في المختبر إلا على قارورة تحتوي على أقراص صغيرة من هيدروكسيد الصوديوم الصلب، كتلة قرص واحد حوالي $0,1\ g$، تم الحصول على محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم تركيزه تقريباً $0,01\ mol.L^{-1}$، لمعرفة تركيز المحلول المحضر بدقة ننجز معايرة.

لائحة الأدوات المخبرية والمحاليل المتوفرة في المختبر:

* محراك مغنطيسي؛
* حوجلات معيارية من فئة: $50\ mL$، $100\ mL$، $200\ mL$ و $1\ L$؛
* ماصات معيارية من فئة: $1\ mL$، $5\ mL$، $10\ mL$ و $20\ mL$؛
* سحاحات مدرجة من فئة: $20\ mL$، $25\ mL$ و $50\ mL$؛
* مخابر مدرجة من فئة: $10\ mL$، $50\ mL$ و $100\ mL$ ؛
* ماصات مدرجة من فئة: $1\ mL$، $5\ mL$ و $10\ mL$؛
* دوارق وكؤوس من فئة: $50\ mL$، $100\ mL$، و $200\ mL$ ؛
* إجاصة المص؛
* محاليل مائية لحمض الكلوريدريك تراكيزها: $1\ mol.L^{-1}$، $0,10\ mol.L^{-1}$، $0,010\ mol.L^{-1}$؛
* كاشف ملون: فينول فتاليين.

نعطي: الكتل المولية: $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$ ؛ $M(Na) = 23\ g.mol^{-1}$ ؛ $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$.

0,5 ن **1.** أوجد الكتلة المستعملة من هيدروكسيد الصوديوم لتحضير محلول الصودا حجمه $V = 1\ L$ وتركيزه يقارب $C = 0,01\ mol.L^{-1}$.

0,5 ن **2. 1.2.** نلاحظ أن المختبر لا يتوفر على ميزان، كيف يمكن تحضير المحلول السابق بواسطة المواد والأدوات المتوفرة أعلاه، بغض النظر عن الظروف الوقائية ؟

0,5 ن **2.2.** لماذا، معللاً جوابك، لم نكتف بتحضير فقط الحجم $100\ mL$ من المحلول المدروس ؟

0,5 ن **3.2.** حدد، معللاً جوابك، المحلول الذي يجب اختياره من بين المحاليل المتوفرة أعلاه لمعايرة الحجم $10\ mL$ من المحلول المحضر. نرمز بـ (S) للمحلول الذي وقع عليه الاختيار.

ننجز المعايرة، الحجم الذي يجب إضافته من المحلول (S) للحصول على التكافؤ هو V، بعد مرور ثلاثة أيام اتضح أن الإناء الذي كان يحتوي على الصودا غير مقفل، أنجزنا معايرة أخرى في نفس الظروف السابقة وتبين لنا أن الحجم الذي يجب إضافته للحصول على التكافؤ هو V' أصغر من الحجم V، هذا ناتج عن تفاعل أيونات هيدروكسيد مع ثنائي أوكسيد الكربون الموجود في الهواء لتتكون أيونات كربونات حسب المعادلة المنمذجة أعلاه.

0,75 ن **3.** علماً أن الكاشف الملون المختار يمكننا من معايرة أيونات هيدروكسيد الموجودة في الصودا وكذا أيونات كربونات المتكونة التي تتصرف كأحادية القاعدة (تكتسب بروتون واحد)، فسر سبب نقصان الحجم المضاف من المحلول (S) عند التكافؤ.

البقعة التي تختفي

تتوفر في بعض المحلات التجارية المختصة مادة لونها أزرق تدعى "حبر ضد البقع" « encre anti-tache ».
عند سكب كمية قليلة من هذه المادة على قطعة قماش تظهر بقعة زرقاء اللون لكنها تختفي بعد بضع دقائق.

في ما يلي طريقة تحضير "حبر ضد البقع".

* المواد والمحاليل الضرورية مع بعض النصائح

- محلول الصودا تركيزه $1\ mol.L^{-1}$: كاوية؛
- تيمولفتاليين *thymolphtaléine*، كاشف ملون : 9,3 - 10,5
- الثابتة الحمضية للمزدوجة الموافقة للكاشف الملون $K_a = 10^{-10,3}$: قابل للذوبان في الماء والإثانول.

* طريقة العمل

- نضيف بضع قطرات من تيمولفتاليين لخليط من الماء والإيثانول، نحصل على محلول عديم اللون.
- نضيف قطرة بعد قطرة من محلول الصودا إلى أن يأخذ المحلول لوناً أزرق: "حبر ضد البقع".

نعتبر أن الخليط يتصرف مثل محلول مائي.

نرمز للصيغة الحمضية للكاشف الملون بـ AH عديم اللون، ونرمز لقاعدته بـ A^-.

0,5 ن **4. 1.4.** أعط مجال الهيمنة لكل نوع.

0,5 ن **2.4.** حدد، معللاً جوابك، المجال الذي ينتمي إليه pH الخليط أثناء تحضيره، أي قبل إضافة محلول الصودا.

0,75 ن **5. 1.5.** أكتب المعادلة المنمذجة لتفاعل التيمولفتاليين مع محلول هيدروكسيد الصوديوم.

0,75 ن **2.5.** أحسب خارج التفاعل عند التوازن للتفاعل السابق، استنتج.

0,25 ن **3.5.** ما لون الصيغة القاعدية للكاشف الملون ؟

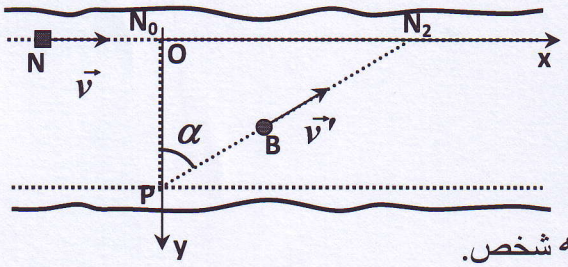
لشرح اختفاء البقعة الزرقاء نفترض أن تبخر الكحول وإعادة بَلْوَرَة *recristallistion* تيمولفتاليين ظاهرتان تلعبان دوراً مهماً في هذه العملية.

0,5 ن **6.** ما هو العامل الآخر الذي يمكن له أن يتدخل لشرح اختفاء البقعة التي تظهر على القماش ؟

ملحوظة : يحتوي محلول "حبر ضد البقع" على محلول الصودا مركز، عدم تطبيقه على ثوب جديد.

الفيزياء : (29 نقطة)

فيزياء 1: لتكن الانطلاقة متأخرة ما أمكن (4,5 نقط)



تنتقل باخرة N بجانب ضفة نهر وفق مسار مستقيمي وبسرعة $\vec{v}$ ثابتة، عند لحظة نتخذها أصلاً للتواريخ $t = 0\ s$ تمر الباخرة من الموضع N_0 المطابق لأصل معلم الفضاء (Oxy) والمقابل للموضع P على الضفة الأخرى حيث يرسو مركب صغير B يوجد على متنه شخص.

أراد الشخص الالتحاق بالباخرة، لكن شريطة أن يتحرك من الموضع P بتأخر زمني كبير ما أمكن، لتكن t_1 لحظة الانطلاق. المسار الذي يسلكه المركب مستقيمي ويكون زاوية α مع المنظمي على الضفتين والمار من P و N_0 كما يوضح الشكل أعلاه، للمركب سرعة ثابتة $\vec{v}'$ قيمتها أصغر من قيمة $\vec{v}$، لتكن t_2 لحظة التحاق المركب بالباخرة و N_2 موضع الالتحاق.

2 ن **1.** أكتب المعادلات الزمنية لكل متحرك في المعلم (Oxy).

2,5 ن **2.** ما هي الزاوية α التي يجب اختيارها لكي تكون الانطلاقة متأخرة ما أمكن ؟

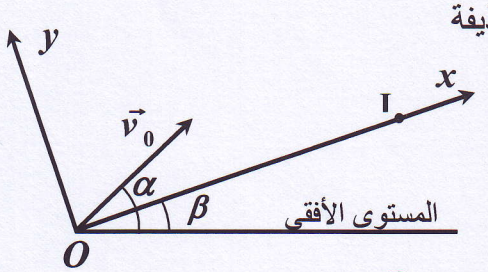
تذكير : للإشارة عند دراسة مقدار فيزيائي بدلالة متغير، تكون للمقدار الفيزيائي المدروس قيم قصوى و/أو دنيا إذا كانت مشتقة المقدار الفيزيائي بالنسبة للمتغير منعدمة.

فيزياء 2: حركة قذيفة (7 نقط)

حركة قذيفة هي حركة جسم صلب لا يخضع إلا لوزنه في مجال الثقالة، بمعنى ليس هناك كبح من طرف الهواء بالخصوص، تنطلق قذيفة من أدنى نقطة O من مستوى مائل بالزاوية β بالنسبة للمستوى الأفقي وبسرعة بدئية $\vec{v}_0$ يُكَوِّن اتجاهها زاوية α مع المستوى الأفقي. تتم الحركة في المستوى الرأسي (Oxy) الذي يضم متجهة السرعة البدئية وكذا الخط الأكبر ميلا للمستوى المائل ويكون عمودياً على المستوى المائل. لتكن النقطة I نقطة سقوط القذيفة.

3 ن **1.** أوجد المعادلات الزمنية لحركة القذيفة في المعلم (Oxy). نعطي: $\vec{g}\left(g_x, g_y\right)$ ، $\vec{v}_0\left(v_{0x}, v_{0y}\right)$.

1 ن **2.** أوجد تعبير المسافة D الفاصلة بين نقطة الانطلاق ونقطة سقوط القذيفة على المستوى المائل بدلالة إحداثيتي كل من متجهة السرعة البدئية $\vec{v}_0$ ومتجهة مجال الثقالة $\vec{g}$.



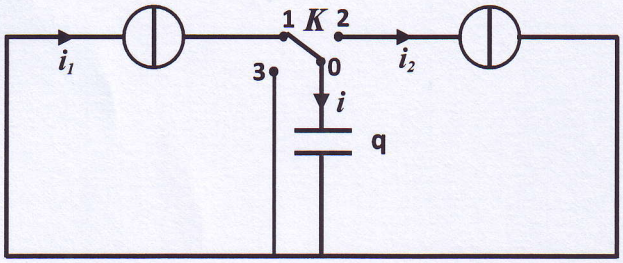
2 ن **3.** بين أن : $D = \dfrac{v_0^2\left[\sin\left(2\alpha - \beta\right) - \sin\beta\right]}{g.\cos^2\beta}$

1 ن **4.** بين أنه للحصول على المدى الأقصى، يجب أن تنطلق القذيفة بسرعة بدئية $\vec{v}_0$ يطابق اتجاهها منصف الزاوية التي يحدها الخط الأكبر ميلا والخط الرأسي المار من النقطة O.

فيزياء 3: الفولطمتر الرقمي (8,5 نقط)

في السنين الأخيرة بدأ الفولطمتر الرقمي يجد مكانته من بين الأدوات المخبرية التي تستعمل أثناء الحصص التطبيقية، ونعلم جميعاً أن هذا الجهاز يستعمل لقياس التوتر. لكن ما لا نعلمه هو أن هذا الجهاز لا يقيس التوتر بشكل مباشر بل يعد عدد معين من النبضات *impulsions*. يحتوي الفولطمتر على ساعة تبعث نبضات دورية دورها T_0 صغير جداً ويُفرض من طرف الصانع.

الهدف من التمرين هو فهم مبدأ قياس توتر مستمر بواسطة فولطمتر رقمي يضم أساساً دارة كهربائية يوجد ضمنها قاطع التيار K ذي ثلاثة مواضع مرتبط بعداد (غير ممثل على الشكل) وموصل أومي مقاومته R (غير ممثل كذلك على الشكل).



عند لحظة نعتبرها أصلاً للتواريخ $t_0 = 0\ s$ يكون المكثف مفرغاً.

1 ن **1.** خلال مدة t_1 تكون مفروضة من طرف الصانع وقيمتها عدد مضاعف صحيح لدور الساعة T_0، أي $t_1 = n_0.T_0$. يكون قاطع التيار K في الموضع (1)، يشحن حينئذ مكثف سعته C بتيار ثابت i_1، تتناسب شدة تيار الشحن مع التوتر المستمر U المقاس حيث: $i_1 = \dfrac{U}{R}$.

أعط تعبير الشحنة q_1 للمكثف عند اللحظة t_1 بدلالة: R ، U ، n_0 و T_0.

2. بعد هذه المدة (t_1) يتأرجح قاطع التيار إلى الموضع (2): يفرغ المكثف إلى أن تنعدم شحنته عند اللحظة t_2. خلال هذه المرحلة تتناسب شدة تيار التفريغ i_2 مع توتر مرجعي $U_{réf}$ (مثلا $2{,}000\ V$ في حالة استعمال العيار $2V$)، حيث: $i_2 = \dfrac{U_{réf}}{R}$. بين هاتين اللحظتين (t_1 و t_2) يحصي العداد عدد النبضات n التي تبعثها الساعة حيث: $t_2 - t_1 = n.T_0$. تتكرر هذه الحلقة مرة أخرى ابتداءاً من لحظة تاريخها $t_3 = 2t_1$، وبين اللحظتين اللتين تاريخيهما t_2 و t_3 يكون قد تأرجح قاطع التيار K إلى الموضع (3) حيث يبقى المكثف مفرغاً.

1 ن **1.2.** أرسم شكل المنحنى الممثل للتوتر u_C بين مربطي المكثف بين اللحظتين تاريخيهما $t = t_0 = 0\ s$ و $t = t_3$.

1,5 ن **2.2.** أعط تعبير تغير شحنة المكثف بين اللحظتين t_1 و t_2 بدلالة: R ، $U_{réf}$ ، n و T_0.

1 ن **3.2.** استنتج تعبير التوتر U بدلالة: $U_{réf}$ ، n و n_0.

1 ن **4.2.** قارن n و n_0.

1 ن **5.2.** لماذا يعتبر قياس التوتر بهذا الجهاز هو بمثابة قياس الزمن ؟

3. تتناسب قيمة n التي يشير إليها العداد مع التوتر U، لذا وجب اختيار النسبة $\frac{n_0}{U_{réf}}$ تساوي قوة صحيحة لـ 10 لكي تكون هذه القيمة مضاعفاً عشرياً للتوتر U المقاس.

0,5 ن **1.3.** ما هو عدد النبضات n التي يتم عدها والتي تبعثها ساعة ترددها $8MHz$ عند قياس التوتر $1,760\,V$، باستعمال العيار $2\,V$ مع $n_0 = 2.10^3$ ؟

0,5 ن **2.3.** نفس السؤال بالنسبة للعيار $20\,V$. وما هي القيمة التي تسجل على شاشة الفولطمتر ؟

1 ن **3.3.** ما تقديرك لمدة قياس توتر بواسطة هذا الفولطمتر، وما تعليقك على هذه القيمة ؟

فيزياء 4: حركة كوكب حول الشمس (9 نقط)

توصل كبلير إلى أن مدار كوكب حول الشمس عبارة عن إهليليج يحتل مركز الشمس S إحدى بؤرتيه (الشكل أسفله)، نبين أن المسافة بين مركز الكوكب M ومركز الشمس S تحقق العلاقة الآتية : $r = \frac{a(1-e^2)}{1+e.\cos\theta}$،

حيث $a = OA$ نصف طول المحور الأكبر و e (*excentricité*) ثابتة موجبة تتعلق بالكوكب. ونبين كذلك أن شعاع الانحناء ρ في نقطة M من المدار مُعَلْمَة بالزاوية q يكتب على الشكل: $\rho = \frac{(r^2+r'^2)^{3/2}}{r^2+2.r'^2-r'.r''}$ ،

حيث : $r'' = \frac{d}{d\theta}\left(\frac{dr}{d\theta}\right) = \frac{ae(1-e^2)[\cos\theta+e(2-\cos^2\theta)]}{(1+e\cos\theta)^3}$ (المشتقة الثانية لـ r بالنسبة لـ q)

و $r' = \frac{dr}{d\theta}$ (المشتقة الأولى لـ r بالنسبة لـ q) ، مساحة إهليليج: $S = \pi.a.b$ حيث: b نصف طول المحور الأصغر.

- بعض المعطيات المتعلقة بكل من الأرض والمريخ:

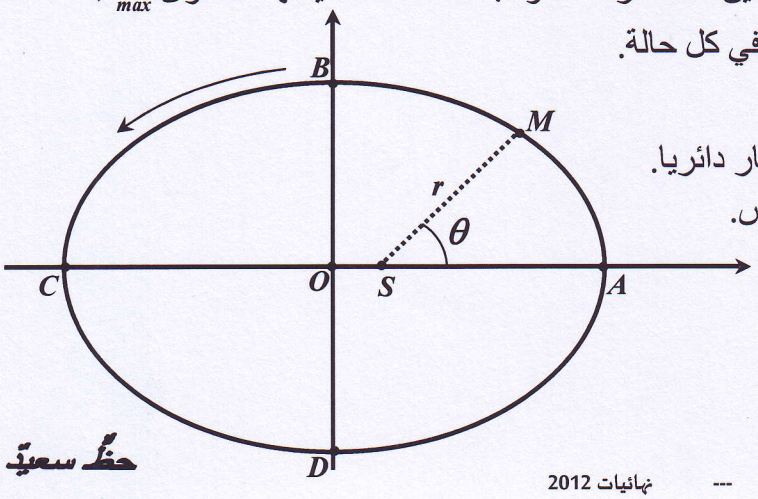
الكوكب	الدور T	قيمة الثابتة e	المسافة الدنيا بين الكوكب والشمس: r_{min}
الأرض	$365,25$ jours	$0,0167$	$1,471.10^{11}\,m$
المريخ		$0,0934$	$2,067.10^{11}\,m$

- كتلة الشمس $M_S = 2.10^{30}\,kg$ ؛ ثابتة التجاذب الكوني: $G = 6,67.10^{-11}\,(S.I)$

1 ن **1.** أوجد تعبير كل من المسافة القصوى r_{max} والمسافة الدنيا r_{min} للمسافة بين الكوكب والشمس.

1 ن **2.** أوجد تعبير المدة الزمنية Δt التي يستغرقها الكوكب للانتقال من A نحو B. أحسب Δt بالنسبة للأرض.

3 ن **3.** حدد، معللا جوابك، من بين الموضعين A و C اللذين تأخذ سرعة الكوكب عند أحدهما قيمتها القصوى v_{max} وعند الآخر قيمتها الدنيا v_{min}، ثم أعط تعبير السرعة في كل حالة.



1,5 ن **4.** أحسب قيمة كل من v_{max} و v_{min} بالنسبة للأرض.

1 ن **5.** حدد، معللا جوابك، قيمة الثابتة e كي يصبح المسار دائريا.

1,5 ن **6.** أحسب الدور T لحركة كوكب المريخ حول الشمس.

حظ سعيد