

نص الموضوع:

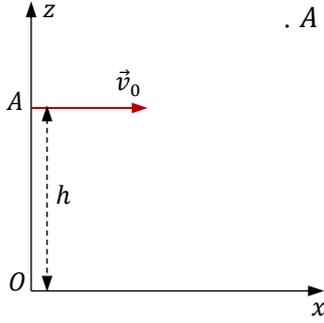
وثيقة ...

إذا انطلقت قذيفة مدفع من أعلى جبل بسرعة ابتدائية أفقية وقطعت فرسخين عند وصولها لسطح الأرض، فإنها ستقطع أربعة فراسخ لو انطلقت بضعف السرعة السابقة، وذلك بغض النظر عن تأثير الهواء.

وبالتالي كلما رفعتنا سرعة القذيفة كلما نقص انحناء مسارها، حيث يمكن ألا تسقط أبداً على سطح الأرض، وتصبح تدور حولها، أو تواصل حركتها على خط مستقيم إلى ما لا نهاية في الفضاء.

إسحاق نيوتن

المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية 1687

I - تنطلق قذيفة مدفع عند اللحظة $t = 0$ من النقطة A .

نسب حركتها لمرجع سطحي أرضي، ونعتبره غاليليا أثناء حركة القذيفة. حيث تتحرك في المستوي الشاقولي Oxz .

1 - اذكر نص القانون الثاني لنيوتن.

2 - بتطبيق هذا القانون جد إحداثي

مركز عطالة القذيفة عند اللحظة $t > 0$.3 - جد معادلة مسار القذيفة $z(x)$.

4 - تأكد من الجزء من النص الوارد في الوثيقة، والذي تحته خط.

5 - جاءت في الوثيقة العبارة: "... حيث يمكن ألا تسقط أبداً على سطح الأرض، وتصبح

تدور حولها ..."

بيّن أنه لكي تنجز القذيفة دورة كاملة حول الأرض في مسار دائري نصف قطره $r \approx R_T$ ، يجب أن تكون سرعة قذفها $v_0 \approx 8 \text{ km/s}$.

الفرسخ (La lieue) هو وحدة قديمة لقياس المسافات، وأصل التسمية فارسي. استعملت عند المسلمين وفي أوروبا قبل ظهور النظام المتري. 1 فرسخ يساوي حوالي 5 كم.

II -

لا تستطيع القذيفة في الحقيقة إنجاز دورة حول الأرض بسبب الاحتكاك مع الهواء الذي ينتج عن السرعة الكبيرة التي تُعطى للقذيفة من جهة، ومن جهة أخرى صعوبة تحقيق هذه السرعة الكبيرة، ولهذا نجد الأقمار الاصطناعية تحوم حول الأرض بعيداً عن سطحها. فلكي يبقى القمر الاصطناعي مدة طويلة على مداره يجب أن يكون نصف قطر هذا المدار أكبر من $(R_T + 200) \text{ km}$ تقريباً.

1 - مثل القوة التي تؤثر بها الأرض على قمر اصطناعي (S) في مدار دائري، ويبعد عن سطح الأرض بالمسافة $h = 200 \text{ km}$ ، ثم احسب شدة هذه القوة علماً أنّ كتلة القمر الاصطناعي $m = 800 \text{ kg}$.

2 - اشرح سبب عدم اختيار مرجع سطحي أرضي لدراسة حركة القمر الاصطناعي؟ ما هو إذن المرجع الذي نختاره؟ وما هو الشرط الذي يتوفر فيه من أجل تطبيق القانون الثاني على حركة القمر الاصطناعي؟

3 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن بيّن أن حركة القمر الاصطناعي منتظمة، واحسب سرعته.

4 - احسب زمن دورة كاملة للقمر الاصطناعي.

5 - يمكن أن يكون مدار القمر الاصطناعي إهليليجياً وليس دائرياً، وقد حدث هذا في 12 أبريل 1961 للمركبة الفضائية الروسية *Vostok* التي كان يمتطيها رائد الفضاء *Youri Gagarine*، حيث رسمت مداراً حول الأرض المسافة بين سطح الأرض ونقطة الرأس الأقرب (الحضيض) $h_p = 180 \text{ km}$ ، والمسافة بين سطح الأرض ونقطة الرأس الأبعد (الأوج) $h_A = 327 \text{ km}$.

5-1 - مثل شكل المدار حول الأرض بدون سلم، ووضح عليه شعاع السرعة في النقطة A (\vec{v}_A) وشعاع السرعة في النقطة P (\vec{v}_P).

5-2 - احسب نصف طول المحور الأعظم (a) لمدار المركبة الفضائية.

5-3 - أنجزت المركبة دورة كاملة حول الأرض خلال مدة T ، حيث $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T}$. ما هي المدة التي استغرقتها المركبة خلال دورة واحدة؟

6 - إنه من الصعب أن نحمل قمرًا اصطناعياً (S) إلى ارتفاع h عن سطح الأرض وجعله يحوم في مدار دائري بحيث يبدو ثابتاً في مرجع سطحي أرضي، ولهذا تقوم بما يلي:

يُحمل القمر الاصطناعي إلى ارتفاع $h_1 = 1400 \text{ km}$ ، وتُعطى له سرعة ابتدائية \vec{v}_0 عمودية على المحور الواصل بين مركز الأرض والقمر الاصطناعي ، فيرسم مداراً دائرياً حول الأرض . يتم بعد ذلك استعمال أحد محركات القمر الاصطناعي لدفعه من النقطة P بسرعة \vec{v}_P بحيث يصنع مداراً اهليلجياً ، ولما يصل إلى النقطة A يقوم محرك آخر بإعطائه سرعة أخرى \vec{v}_A فيستقر في مداره الأخير ، وهو مدار دائري نصف قطره $r = R_T + 36000 \text{ km}$.

6-1-1 - ما المقصود بالعبارة: " ... يبدو القمر الاصطناعي ثابتاً في مرجع سطحي أرضي ... " ؟

6-2-2 - احسب المسافة AP .

6-3-3 - حدّد دور القمر الاصطناعي في مداره الأخير .

6-4-4 - حدّد وضع المدار الأخير للقمر الاصطناعي بالنسبة للأرض .

نعتبر الأرض كرة متجانسة نصف قطرها $R_T = 6400 \text{ km}$ وكتلتها $M_T = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ S.I}$ الدور اليومي للأرض $T_T = 24 \text{ h}$