تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/ae

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف التاسع المتقدم اضغط هنا 16/ae/com.almanahj//:https

* للحصول على جميع أوراق الصف التاسع المتقدم في مادة فيزياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/16physics

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف التاسع المتقدم في مادة فيزياء الخاصة بـ الفصل الثاني اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/16physics2

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف التاسع المتقدم اضغط هنا grade16/ae/com.almanahj//:https

للتحدث إلى بوت المناهج على تلغرام: اضغط هنا bot_almanahj/me.t//:https

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

مسائل تدريبية

6–1 حركة المقذوف (صفحات 39–45)

صفحة 42

1. قُذف حجر أفقيًّا بسرعة 5.0 m/s من فوق سطح بناية ارتفاعها 78.4 m.

a. ما الزمن الذي يستغرقه الحجر للوصول إلى أسفل البناية؟

لما كانت:

$$v_{yi} = 0, y - v_{yi}t = -\frac{1}{2}gt^2$$

فإن:

$$y = -\frac{1}{2}gt^2$$

أو

$$t = \sqrt{-2y/g}$$

$$= \sqrt{\frac{-(2)(-78.4\text{ m})}{(9.80\text{ m/s}^2)}}$$

$$= 4.00\text{ s}$$

b. على أي بُعد من قاعدة البناية يرتطم الحجر بالأرض؟

$$x = v_x t$$

$$= (5.0\text{ m/s})(4.00\text{ s})$$

$$= 2.0\times10^1\text{ m}$$

c. ما مقدار المركّبتين الرأسية والأفقية لسرعة الحجر قُبيل اصطدامه بالأرض؟

$v_x = 5.0$ m/s، وهي نفس السرعة الأفقية الابتدائية؛ وذلك لأن تسارع الجاذبية الأرضية يؤثر في الحركة الرأسية فقط. وبالنسبة للمركّبة الرأسية استخدم المعادلة:

$v = v_i + gt$ على أن يكون $v = v_y$، والمركّبة الرأسية للسرعة الابتدائية v_i تساوي صفرًا.

عند $t = 4.00$ s،

$$v_y = gt$$

$$= (9.80\text{ m/s}^2)(4.0\text{ s})$$

$$= 39.2\text{ m/s}$$

2. يشترك عمر وصديقه في إعداد نموذج لمصنع ينتج زرافات خشبية. وعند نهاية خط الإنتاج تنطلق الزرافات أفقيًّا من حافة حزام ناقل وتسقط داخل صندوق في الأسفل. فإذا كان الصندوق يقع على بُعد 0.6 m أسفل الحزام، وعلى بُعد أفقي مقداره 0.4 m، فما مقدار السرعة الأفقية للزرافات عندما تترك الحزام الناقل؟

$$x = v_x t = v_x\sqrt{\frac{-2y}{g}}$$

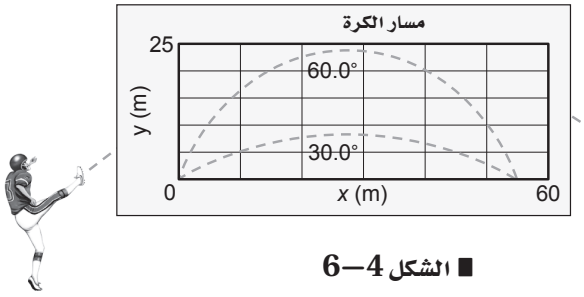
$$v_x = \frac{x}{\sqrt{\frac{-2y}{g}}}$$

$$= \frac{0.4\text{ m}}{\sqrt{\frac{(-2)(-0.6\text{ m})}{9.80\text{ m/s}^2}}}$$

$$= 1\text{ m/s}$$

صفحة 44

3. قذف لاعبٌ كرةً من مستوى الأرض بسرعة متجهة ابتدائية 27.0 m/s في اتجاه يميل على الأفقي بزاوية مقدارها 30.0°، كما في **الشكل 4–6**. أوجد كلاً من الكميات التالية، علمًا أن مقاومة الهواء مهملة:



الشكل 4–6 ■

a. زمن تحليق الكرة.

$$v_y = v_i \sin\theta$$

عندما تصل الأرض، $y = v_y t - \frac{1}{2}gt^2 = 0$

وعليه فإن:

$$t^2 = \frac{2v_y t}{g}$$

$$t = \frac{2v_y}{g}$$

$$= \frac{2v_i \sin\theta}{g}$$

$$= \frac{(2)(27.0\text{ m/s})(\sin 30.0°)}{(9.80\text{ m/s}^2)}$$

$$= 2.76\text{ s}$$

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

b. أقصى ارتفاع تصله الكرة.

تصل الكرة إلى أقصى ارتفاع عند نصف زمن التحليق، أو 1.38 s، وعليه فإن:

$$y = v_y t - \frac{1}{2}gt^2$$
$$= (v_i \sin\theta)\, t - \frac{1}{2}gt^2$$
$$= (27.0\ \text{m/s})(\sin 30.0^\circ)(1.38\ \text{s}) - \frac{1}{2}(+9.80\ \text{m/s}^2)\,(1.38\ \text{s})^2$$
$$= 9.30\ \text{m}$$

c. المدى الأفقي للكرة.

المسافة:

$$v_x = v_i \cos\theta$$
$$x = v_x t = (v_i \cos\theta)(t) = (27.0\ \text{m/s})(\cos 30.0^\circ)(2.76\ \text{s}) = 64.5\ \text{m}$$

4. في السؤال السابق، إذا قذف اللاعب الكرة بالسرعة نفسها ولكن في اتجاه يصنع زاوية 60.0° على الأفقي، فما زمن تحليق الكرة؟ وما المدى الأفقي؟ وما أقصى ارتفاع تصله الكرة؟

استخدم الطريقة التي اتبعتها في حل المسألة التدريبية رقم 3.

زمن التحليق:

$$t = \frac{2\, v_i \sin\theta}{g}$$
$$= \frac{(2)(27.0\ \text{m/s})(\sin 60.0^\circ)}{9.80\ \text{m/s}^2}$$
$$= 4.77\ \text{s}$$

المدى الأفقي:

$$x = (v_i \cos\theta)\, t$$
$$= (27.0\ \text{m/s})(\cos 60.0^\circ)(4.77\ \text{s})$$
$$= 64.4\ \text{m}$$

أقصى ارتفاع:

$$t = \frac{1}{2}(4.77\ \text{s}) = 2.38\ \text{s}$$
$$y = (v_i \sin\theta)\, t - \frac{1}{2}gt^2$$
$$= (27.0\ \text{m/s})(\sin 60.0^\circ)(2.38\ \text{s}) - \frac{1}{2}(+9.80\ \text{m/s}^2)\,(2.38\ \text{s})^2$$
$$= 27.9\ \text{m}$$

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

5. تُقذف كرة من أعلى بناية ارتفاعها 50.0 m بسرعة ابتدائية 7.0 m/s في اتجاه يصنع زاوية 53.0° على الأفقي. أوجد مقدار واتجاه سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض.

$$v_{xi} = v_i \cos\theta = (7.0\,\text{m/s})\cos 53^\circ = 4.2\,\text{m/s}$$

$$v_{yi} = v_i \sin\theta$$

$$v_y^2 = v_{yi}^2 - 2g\Delta d$$

$$= (v_i \sin\theta)^2 - 2(9.80\,\text{m/s}^2)(-50.0\,\text{m})$$

$$= (7.0\,\text{m/s} \times \sin 53^\circ)^2 + 980\,\text{m}^2/\text{s}^2$$

$$= 1011.26\,\text{m}^2/\text{s}^2$$

$$v_y = \pm\sqrt{1011.26}$$

$$= -31.8\,\text{m/s}$$

أخذنا الإشارة السالبة لأن الجسم متحرك إلى أسفل

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$= \sqrt{(4.2\,\text{m/s})^2 + (-31.8\,\text{m/s})^2}$$

$$= 32\,\text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_y}{v_x}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{-31.8\,\text{m/s}}{4.2\,\text{m/s}}\right)$$

$$= -82^\circ$$

أي أن السرعة المتجهة النهائية تساوي 32 m/s وبزاوية 82° أسفل المستوى الأفقي.

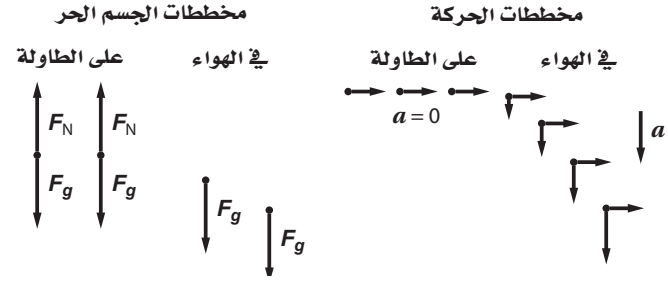
/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

مراجعة القسم

6–1 حركة المقذوف (صفحات 45–39)

صفحة 45

6. رسم تخطيطي للجسم الحر ينزلق مكعب من الجليد على سطح طاولة دون احتكاك وبسرعة متجهة ثابتة، إلى أن يغادر حافة الطاولة ساقطًا في اتجاه الأرض. ارسم مخطط الجسم الحر للمكعب، وكذلك مخطط حركة الجسم عند نقطتين على سطح الطاولة ونقطتين في الهواء.



7. حركة المقذوف تُقذف كرة في الهواء بزاوية 50.0° بالنسبة إلى المحور الرأسي وبسرعة ابتدائية 11.0 m/s. احسب أقصى ارتفاع تصله الكرة.

$$v_{fy}^2 = v_{iy}^2 + 2a(d_f - d_i);\ a = -g,\ d_i = 0$$

عند أقصى ارتفاع تكون $v_f = 0$، وعليه فإن:

$$\begin{aligned} d_f &= \frac{v_{iy}^2}{2g} \\ &= \frac{(v_i \cos\theta)^2}{2g} \\ &= \frac{((11.0\ \text{m/s})(\cos 50.0°))^2}{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)} \\ &= 2.55\ \text{m} \end{aligned}$$

8. حركة المقذوف قذفت كرة تنس من نافذة ترتفع 28 m فوق سطح الأرض بسرعة ابتدائية مقدارها 15.0 m/s، وبزاوية 20.0° تحت الأفقي. ما المسافة التي تتحركها الكرة أفقيًّا قبيل اصطدامها بالأرض؟

$x = v_{0x}t$ ولكن هناك حاجة لإيجاد t

احسب أولًا: v_{yf}

$$\begin{aligned} v_{yf}^2 &= v_{yi}^2 + 2gy \\ v_{yf} &= \sqrt{v_{yi}^2 + 2gy} \\ &= \sqrt{(v_i \sin\theta)^2 + 2gy} \\ &= \sqrt{((15.0\ \text{m/s})(\sin 20.0°))^2 + (2)(9.80\ \text{m/s}^2)(28\ \text{m})} \\ &= 24.0\ \text{m/s} \end{aligned}$$

والآن استخدم المعادلة: $v_{yf} = v_{yi} + gt$ لإيجاد t.

$$t = \frac{v_{yf} - v_{yi}}{g}$$

$$= \frac{v_{yf} - v_i \sin\theta}{g}$$

$$= \frac{2.40\ \text{m/s} - (15.0\ \text{m/s})(\sin 20.0^\circ)}{(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 1.92\ \text{s}$$

$$x = v_{xi}t$$

$$= (v_i \cos\theta)(t)$$

$$= (15.0\ \text{m/s})(\cos 20.0^\circ)(1.92\ \text{s})$$

$$= 27.1\ \text{m}$$

9. التفكير الناقد افترض أن جسمًا قُذف بالسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه على الأرض والقمر. فإذا عرف أن مقدار تسارع الجاذبية على القمر (g) يساوي $\frac{1}{6}$ قيمته على الأرض. وضح كيف تتغير الكميات التالية:

a. v_x

لن تتغيّر.

b. زمن تحليق الجسم

تكون أكبر على القمر؛ $t = \frac{-2v_y}{g}$

c. y_{max}

تكون أكبر على القمر (إذا قُذف الجسم بزاوية على الأفقي).

d. R

تكون أكبر على القمر

مسائل تدريبية

6–2 الحركة الدائرية (صفحات 49–46)

صفحة 49

10. يسير متسابق بسرعة مقدارها 8.8 m/s في منعطف نصف قطره 25 m. ما مقدار التسارع المركزي للمتسابق؟ وما مصدر القوة المؤثرة فيه؟

$$a_C = \frac{v^2}{r} = \frac{(8.8\ \text{m/s})^2}{25\ \text{m}} = 3.1\ \text{m/s}^2$$

قوة الاحتكاك التي تؤثر بها الطريق في حذاء العدّاء تسبب القوة المؤثرة في العدّاء.

11. تسير سيارة سباق بسرعة مقدارها 22 m /s في منعطف نصف قطره 56 m. أوجد مقدار التسارع المركزي للسيارة. وما أقل قيمة لمعامل الاحتكاك السكوني بين العجلات والأرض لمنع السيارة من الانزلاق؟

$$a_C = \frac{v^2}{r} = \frac{(22\ \text{m/s})^2}{56\ \text{m}} = 8.6\ \text{m/s}^2$$

تذكّر أن:

$$f_s = \mu_s F_N$$

تُزوِّد قوة الاحتكاك العجلات بالقوة المركزية، لذا فإن

$$f_s = m\,a_C$$

والقوة العمودية تساوي:

$$F_N = -mg$$

يجب أن يكون معامل الاحتكاك على الأقل:

$$\mu_s = \frac{f_s}{F_N} = \frac{ma_C}{mg} = \frac{a_C}{g} = \frac{8.6\ \text{m/s}^2}{9.80\ \text{m/s}^2} = 0.88$$

12. تتحرك طائرة بسرعة مقدارها 201 m /s عند دورانها في مسار دائري. ما أقل نصف قطر لهذا المسار بوحدة km يستطيع أن يشكّله قائد الطائرة، على أن يُبقي مقدار التسارع المركزي أقل من $5.0\ \text{m/s}^2$؟

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

وعليه فإن:

$$r = \frac{v^2}{a_C} = \frac{(201\ \text{m/s})^2}{5.0\ \text{m/s}^2} = 8.1\ \text{km}$$

مراجعة القسم

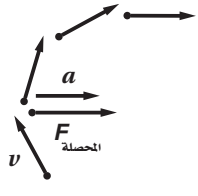
6–2 الحركة الدائرية (صفحات 49–46)

صفحة 49

13. **الحركة الدائرية المنتظمة** ما اتجاه القوة المؤثرة في الملابس في أثناء دوران الغسالة؟ وما الذي يولد هذه القوة؟

القوة في اتجاه مركز أسطوانة الغسالة. تولد الجدران القوة المؤثرة في الملابس، وتخرج بعض المياه الموجودة في الملابس من خلال ثقوب أسطوانة الغسالة بدلاً من التحرك نحو المركز.

14. **مخطط الجسم الحر** إذا كنت تجلس في المقعد الخلفي لسيارة تنعطف إلى اليمين، فارسم مخطط الحركة، ومخطط الجسم الحر للإجابة عن الأسئلة التالية:



a. ما اتجاه تسارعك؟

يتسارع جسمك في اتجاه اليمين.

b. ما اتجاه القوة المحصلة المؤثرة فيك؟ وما مصدرها؟

اتجاه القوة المحصلة إلى اليمين. مصدر هذه القوة هو مقعد السيارة.

15. القوة المركزية إذا حُرِّك حجر كتلته 40.0 g مثبت في نهاية خيط طوله 0.60 m في مسار دائري أفقي بسرعة مقدارها 2.2 m/s، فما مقدار قوة الشد في الخيط؟

$$F_{\text{الشد}} = ma_c$$
$$= \frac{mv^2}{r}$$
$$= \frac{(0.0400\ \text{kg})\ (2.2\ \text{m/s})^2}{0.60\ \text{m}}$$
$$= 0.32\ \text{N}$$

16. التسارع المركزي ذكر مقال في جريدة أنه عندما تتحرك سيارة في منعطف فإن على السائق أن يُوازن بين القوة المركزية وقوة الطرد المركزي. اكتب رسالة إلى الجريدة تنقُد فيها هذا المقال.

يوجد تسارع في اتجاه المركز لأنّ اتجاه السرعة المتجهة متغيّر، لذا لا بدّ من وجود قوة محصلة في اتجاه مركز الدائرة التي يُشكّلها المنعطف. تُنتج الطريق تلك القوة، وبسبب الاحتكاك بين الطريق والعجلات تؤثر هذه القوة في العجلات. ويؤثر المقعد بقوة في السائق في اتجاه مركز الدائرة. كما يجب أن توضح الرسالة أنّ قوة الطرد المركزي قوة غير حقيقيّة.

17. القوة المركزية إذا أردتَ تحريك كرة كتلتها 7.3 kg في مسار دائري نصف قطره 0.75 m بسرعة مقدارها 2.5 m/s، فما مقدار القوة التي عليك أن تؤثر بها لعمل ذلك؟

$$F_{\text{المحصلة}} = ma_c$$
$$= \frac{mv^2}{r}$$
$$= \frac{(7.3\ \text{kg})\ (2.5\ \text{m/s})^2}{0.75\ \text{m}}$$
$$= 61\ \text{N}$$

18. التفكير الناقد إنك تتحرك حركة دائرية منتظمة بسبب دوران الأرض اليومي. ما المصدر الذي يولد هذه القوة التي تؤدي إلى تسارعك؟ وكيف تؤثر هذه الحركة في وزنك الظاهري؟

تُسبب الجاذبية الأرضية القوة التي تعمل على تسارعك، وتُؤدي حركتك الدائريّة المنتظمة إلى تقليل وزنك الظاهري.

مسائل تدريبية

3–6 السرعة المتجهة النسبية (صفحات 53–50)

صفحة 52

19. إذا كنت تركب قطارًا يتحرك بسرعة مقدارها 15.0 m/s بالنسبة إلى الأرض، وركضت مسرعًا في اتجاه مقدمة القطار بسرعة 2.0 m/s بالنسبة إلى القطار، فما سرعتك بالنسبة إلى الأرض؟

$$v_{\text{أنت بالنسبة إلى الأرض}} = v_{\text{أنت بالنسبة إلى القطار}} + v_{\text{القطار بالنسبة إلى الأرض}}$$
$$= 15.0\ \text{m/s} + 2.0\ \text{m/s}$$
$$= 17.0\ \text{m/s بالنسبة إلى الأرض}$$

20. يتحرك قارب في نهر بسرعة 2.5 m/s بالنسبة إلى الماء. بينما يسجل سرعة ذلك القارب راصدٌ يقف على ضفة النهر فيجدها 0.5 m/s بالنسبة إليه. ما سرعة ماء النهر؟ وهل يتحرك ماء النهر في اتجاه حركة القارب أم في اتجاه معاكس؟

$$v_{\text{الماء بالنسبة إلى الراصد}} + v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} = v_{\text{القارب بالنسبة إلى الراصد}}$$

$$v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} - v_{\text{القارب بالنسبة إلى الراصد}} = v_{\text{الماء بالنسبة إلى الراصد}}$$
$$= 0.5\ \text{m/s} - 2.5\ \text{m/s}$$
$$= 2.0\ \text{m/s; في عكس اتجاه حركة القارب}$$

21. تطير طائرة في اتجاه الشمال بسرعة 150 km/h بالنسبة إلى الهواء، وتهب عليها رياح في اتجاه الشرق بسرعة 75 km/h بالنسبة إلى الأرض. ما سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض؟

$$v = \sqrt{v^2_{\text{طائرة}} + v^2_{\text{رياح}}}$$
$$= \sqrt{(150\ \text{km/h})^2 + (75\ \text{km/h})^2}$$
$$= 1.7 \times 10^2\ \text{km/h}$$

مراجعة القسم

6–3 السرعة المتجهة النسبية (صفحات 53–50)

صفحة 53

22. السرعة النسبية قارب صـيد سرعته القصـوى 3 m/s بالنسبة إلى ماء نهر يجري بسرعة 2 m/s. ما أقصى سرعة يصل إليها القارب بالنسبة إلى ضفة النهر؟ وما أدنى سرعة يصل إليها؟ اذكر اتجاه القارب بالنسبة إلى الماء في الحالتين السابقتين.

أقصى سرعة يصل إليها بالنسبة إلى الشاطئ عندما يتحرّك القارب بأقصى سرعة له في اتجاه تيار النهر نفسه، وتساوي:

$$v_{\text{القارب بالنسبة إلى الضفة}} = v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} + v_{\text{الماء بالنسبة إلى الضفة}}$$

$$= 3\ \text{m/s} + 2\ \text{m/s}$$

$$= 5\ \text{m/s}$$

وأدنى سرعة له عندما يتحرّك القارب في عكس اتجاه التيار، وتساوي:

$$v_{\text{القارب بالنسبة إلى الضفة}} = v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} + v_{\text{الماء بالنسبة إلى الضفة}}$$

$$= 3\ \text{m/s} + (-2\ \text{m/s})$$

$$= 1\ \text{m/s}$$

23. السرعة النسبية لقارب يسير قارب سريع في اتجاه الشمال الغربي بسرعة 13 m/s بالنسبة إلى ماء نهر يتجه في اتجاه الشمال بسرعة 5.0 m/s بالنسبة إلى ضفته. ما مقدار سرعة القارب بالنسبة إلى ضفة النهر؟ وما اتجاهها؟

دلالات الرموز: r للنهر، N للشمال، W للغرب، R للمحصلة، b للقارب، و s للشاطئ.

الحل الأول:

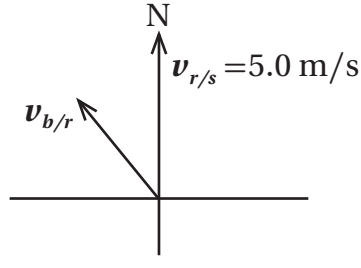
$$v_R = \sqrt{v_{RN}^2 + v_{RW}^2}$$

$$= \sqrt{(v_{bN} + v_{rN})^2 + (v_{bW} + v_{rW})^2}$$

$$= \sqrt{(v_b \sin\theta + v_r)^2 + (v_b \cos\theta)^2}$$

$$= \sqrt{((13\ \text{m/s})(\sin 45^\circ) + 5.0\ \text{m/s})^2 + ((13\ \text{m/s})(\cos 45^\circ))^2}$$

$$= 17\ \text{m/s}$$

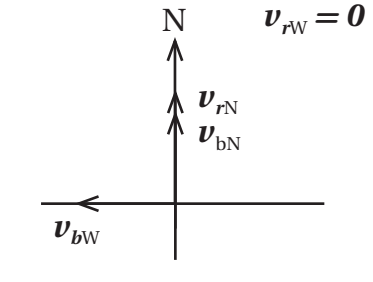


$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{RW}}{V_{RN}}\right)$$

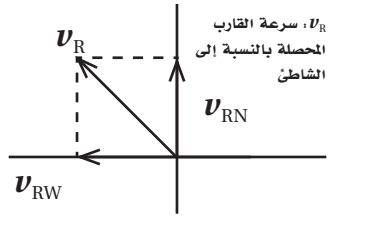
$$= \tan^{-1}\left(\frac{v_b \cos\theta}{v_b \sin\theta + v_r}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{(13\ \text{m/s})(\cos 45^\circ)}{(13\ \text{m/s})(\sin 45^\circ) + 5.0\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 33^\circ$$



$v_R = 17\ \text{m/s}, 33^\circ$ غرب الشمال

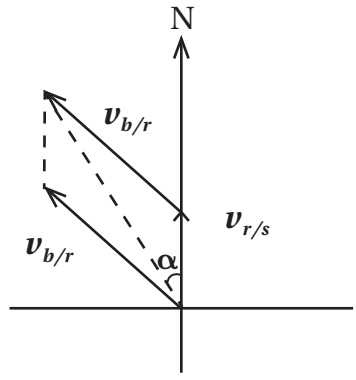


/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

حل آخر للسؤال 23

$$v_{b/s} = \sqrt{v_{b/r}^2 + v_{r/s}^2 - 2\,v_{b/r}\,v_{r/s}\cos 135^\circ}$$
$$= \sqrt{(13\text{ m/s})^2 + (5.0\text{ m/s})^2 - 2\times 13\text{ m/s}\times 5.0\text{ m/s}\cos 135^\circ}$$
$$= 17\text{ m/s}$$

الاتجاه



$$\frac{v_R}{\sin 135^\circ} = \frac{v_{b/r}}{\sin\alpha}$$
$$\sin\alpha = \frac{v_{b/r}\sin 135^\circ}{v_R}$$
$$\alpha = 33^\circ$$

24. السرعة النسبية تطير طائرة في اتجاه الجنوب بسرعة 175 km /h بالنسبة إلى الهواء، وهناك رياح تهب في اتجاه الشرق بسرعة 85 km /h بالنسبة إلى الأرض. ما مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

$$v_R = \sqrt{(175\text{ km/h})^2 + (85\text{ km/h})^2} = 190\text{ km/h}$$

دلالات الرموز: p للطائرة، W للرياح.

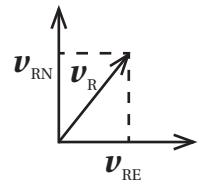
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{175\text{ km/h}}{85\text{ km/h}}\right) = 64^\circ$$

$v_R = 190\text{ km/h}, 64^\circ$ جنوب الشرق

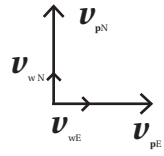
25. السرعة النسبية لطائرة تطير طائرة شمالاً بسرعة 235 km /h بالنسبة إلى الهواء، وتهب رياح في اتجاه الشمال الشرقي بسرعة 65 km /h بالنسبة إلى الأرض. احسب مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

$$v_R = \sqrt{v_{RE}^2 + v_{RN}^2}$$
$$= \sqrt{(v_{pE} + v_{wE})^2 + (v_{pN} + v_{wN})^2}$$
$$= \sqrt{(v_w\cos\theta)^2 + (v_p + v_w\sin\theta)^2}$$
$$= \sqrt{((65\text{ km/h})(\cos 45^\circ))^2 + (235\text{ km/h} + (65\text{ km/h})(\sin 45^\circ))^2} = 280\text{ km/h}$$

دلالات الرموز: p للطائرة، w للرياح.



$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{RN}}{v_{RE}}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{v_p + v_w\sin\theta}{v_w\cos\theta}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{235\text{ km/h} + (65\text{ km/h})(\sin 45^\circ)}{(65\text{ km/h})(\cos 45^\circ)}\right)$$
$$= 72^\circ \text{ شمال الشرق}$$



280 km/h، في اتجاه يصنع زاوية 72° شمال الشرق.

26. التفكير الناقد إذا كنت تقود قاربًا عبْر نهر يتحرك ماؤه بسرعة كبيرة، وتريد أن تصل إلى الرصيف في الجهة المقابلة تمامًا لنقطة انطلاقك، فصف كيف توجّه القارب بدلالة مركّبتي سرعتك بالنسبة إلى الماء؟

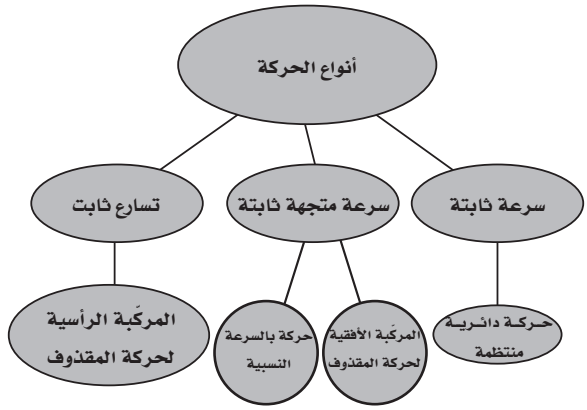
اجعل مركّبة سرعتك الموازية لاتجاه النهر مساويةً لسرعة النهر في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 58

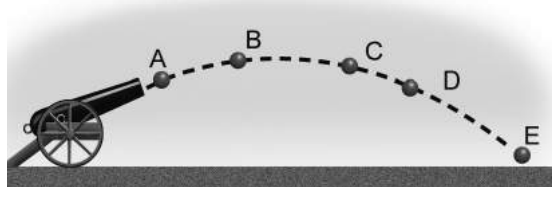
27. أكمل خريطة المفاهيم أدناه باستخدام المصطلحات التالية: سرعة ثابتة، المركّبة الأفقية لحركة المقذوف، تسارع ثابت، حركة بالسرعة النسبية، حركة دائرية منتظمة.



إتقان المفاهيم

صفحة 58

28. ادرس **الشكل 11–6** الذي يمثل مسار قذيفة مدفع، ثم أجب عن الأسئلة التالية: (1–6)



■ **الشكل 11– 6**

a. أين يكون مقدار المركّبة الرأسية للسرعة المتجهة أكبر ما يمكن؟

أكبر مركبة رأسية للسرعة عند النقطة E.

b. أين يكون مقدار المركّبة الأفقية للسرعة المتجهة أكبر ما يمكن؟

عند إهمال مقاومة الهواء، فإنّ السرعة الأفقيّة هي نفسها عند النقاط جميعها. والسرعة الأفقيّة ثابتة ومستقلة عن السرعة الرأسيّة.

c. أين تكون السرعة المتجهة الرأسية أقل ما يمكن؟

أقل سرعة رأسية تكون عند النقطة B.

d. أين يكون مقدار التسارع أقل ما يمكن؟

التسارع هو نفسه عند النقاط جميعها.

29. ألقى قائد طائرة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة وعلى ارتفاع ثابت رزمة ثقيلة. إذا أُهملت مقاومة الهواء فأين تكون الطائرة بالنسبة للرزمة عندما ترتطم الرزمة بالأرض؟ ارسم مسار الرزمة كما يراه مراقب على الأرض. (1–6)

ستكون الطائرة فوق الرزمة مباشرة عندما تصطدم بالأرض. كلتاهما لها السرعة الأفقيّة نفسها، وستبدو الرزمة كأنّها تتحرّك أفقيًّا في أثناء سقوطها رأسيًّا بالنسبة لمراقب على الأرض.

30. هل يمكنك الدوران في منعطف بالتسارعين الآتيين؟ فسّر إجابتك. (2–6)

a. تسارع يساوي صفرًا.

لا، في أثناء الحركة في منعطف يتغيّر اتجاه السرعة المتجهة، وبالتالي لا يمكن للتسارع أن يساوي صفرًا.

b. تسارع ثابت.

لا، قد يكون مقدار التسارع ثابتًا، ولكن اتجاهه متغيّر.

31. ما العلاقة بين القوة المحصلة وسرعة الجسم المتحرك للحصول على حركة دائرية منتظمة؟ (2–6)

تنتج الحركة الدائريّة عندما تكون القوة عموديّة دائمًا على السرعة اللحظيّة للجسم.

32. لماذا تبدو سرعة السيارة المتحركة على الخط السريع وفي اتجاه معاكس للسيارة التي تركبها أكبر من السرعة المحددة؟ (3–6)

يمكن الحصول على مقدار السرعة النسبيّة لتلك السيارة بالنسبة إلى سيارتك عن طريق جمع مقدار سرعتي السيارتين معًا. ولما كان من المحتمل أن تتحرّك كلٌّ من السيارتين وفق السرعة المحدّدة، فإنّ السرعة النسبيّة تكون أكبر من السرعة المحدّدة.

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

تطبيق المفاهيم
(صفحتا 59–58)

33. **كرة البيسبول** قذفت كرة رأسيًّا إلى أعلى بسرعة متجهة 20 m /s. ما سرعة الكرة المتجهة عند عودتها إلى نقطة الإطلاق نفسها؟ أهمل مقاومة الهواء.

−20 m/s؛ تشير الإشارة السالبة إلى أنّ الاتجاه إلى أسفل.

34. **كرة القدم** يرمي لاعبٌ كرةً بسرعة 24 m /s في اتجاه يصنع زاوية 45° مع الأفقي. فإذا استغرقت الكرة 3.0 s للوصول إلى أقصى ارتفاع لها، ثم التُقطت عند الارتفاع نفسه الذي رُميت منه، فما زمن تحليقها في الهواء؟ مع إهمال مقاومة الهواء.

6.0 s

35. إذا كنت تعتقد أن ما تعلمته في هذا الفصل يؤدي إلى تحسين أدائك في الوثب الطويل، فهل يؤثر الارتفاع الذي تصل إليه في وثبتك؟ وما الذي يؤثر في طولها؟

يؤثر كل من مقدار سرعة القفز واتجاهها في طول وثبتك، لذلك فإنّ الارتفاع يُؤثر فيها أيضًا. ويتحقّق أكبر مدى أفقي عندما تتساوى المركّبتان الأفقيّة والرأسيّة لسرعة القفز؛ أيْ عندما تكون زاوية القفز 45° بالنسبة للأفقي. إذًا يؤثر كل من الارتفاع ومقدار السرعة في المدى.

36. تخيل أنك تجلس في سيارة وتقذف كرة رأسيًّا إلى أعلى.

a. إذا كانت السيارة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة فهل تسقط الكرة أمامك أم خلفك، أم في يدك؟

ستسقط الكرة في يدك؛ لأنك والكرة والسيّارة تتحركون بالسرعة نفسها.

b. إذا كانت السيارة تتحرك في منعطف بسرعة ثابتة المقدار فأين تسقط الكرة؟

ستسقط الكرة بجانبك في اتجاه خارج المنعطف. وسيُبيّن منظر علويّ أنّ الكرة تتحرّك في خطّ مستقيم في حين تتحرك أنت والسيارة في اتجاه الخارج من تحت الكرة.

37. **الطريق السريع** إذا أردت أن تتجاوز سيارةً بسيارتك على الطريق السريع، وكانت السيارتان تسيران في الاتجاه نفسه فسوف تستغرق زمنًا أطول مما لو كانت السيارتان تسيران في اتجاهين متعاكسين. فسر ذلك.

السرعة النسبيّة لسيارتين تتحركان في الاتجاه نفسه أقلّ من السرعة النسبيّة لهما عندما تتحركان في اتجاهين متعاكسين، وبالتالي فإنّ تجاوز إحدى السيارتين للأخرى بسرعة نسبيّة أقلّ يستغرق زمنًا أطول.

إتقان حل المسائل
6–1 حركة المقذوف
صفحة 59

38. إذا ألقيت مفاتيح سيارتك أفقيًّا من فوق سطح بناية ارتفاعها 64 m، وكانت سرعة المفاتيح 8.0 m/s، فعلى أي بُعد من قاعدة البناية ستبحث عنها؟

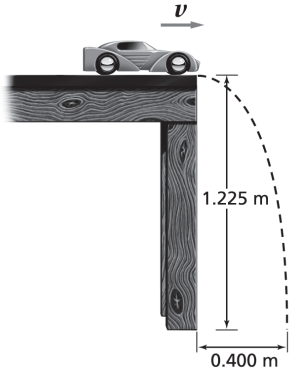
$$y = v_y t - \frac{1}{2}gt^2$$

لما كانت السرعة المتجهة الرأسية الابتدائية تساوي صفرًا فإن:

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}} = \sqrt{\frac{(-2)(-64\ \text{m})}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$
$$= 3.6\ \text{s}$$

$$x = v_x t = (8.0\ \text{m/s})(3.6\ \text{s}) = 28.8\ \text{m}$$
$$= 29\ \text{m}$$

39. يبين **الشكل 6–12** نموذجًا لسيارة لعبة تسقط من حافة طاولة ارتفاعها 1.225 m لتصطدم بالأرض على بُعد 0.400 m من قاعدة الطاولة.



الشكل 6–12

a. ما الزمن الذي تستغرقه السيارة في الهواء؟

$$y = v_{y0} t - \frac{1}{2}gt^2$$

ولما كانت السرعة المتجهة الرأسية الابتدائية تساوي صفرًا فإن:

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}} = \sqrt{\frac{(-2)(-1.225\ \text{m})}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$

$$= 0.500\ \text{s}$$

b. ما مقدار سرعة السيارة لحظة مغادرتها سطح الطاولة؟

$$v_x = \frac{x}{t} = \frac{0.400\ \text{m}}{0.500\ \text{s}} = 0.800\ \text{m/s}$$

40. رمى لاعب سهمًا في اتجاه أفقي بسرعة 12.4 m/s، فأصاب السهم اللوحة عند نقطة أخفض 0.32 m من مستوى نقطة الإطلاق. احسب بُعد اللاعب عن اللوحة.

$$y = v_{y0}\,t - \frac{1}{2}gt^2$$

ولما كانت السرعة المتجهة الابتدائية تساوي صفرًا، فإن

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{(-2)(-0.32\ \text{m})}{9.80\ \text{m/s}^2}}$$

$$= 0.26\ \text{s}$$

$$x = v_x t$$

$$= (12.4\ \text{m/s})(0.26\ \text{s})$$

$$= 3.2\ \text{m}$$

41. الرماية رُمي سهم سرعته 49 m/s في اتجاه يصنع زاوية 30.0° مع الأفقي فأصاب الهدف.

a. ما أقصى ارتفاع يصل إليه السهم؟

$$v_y^{\,2} = v_{yi}^{\,2} - 2gd$$

عند أعلى نقطة تكون $v_y = 0$، لذا فإن:

$$d = \frac{(v_{yi})^2}{2g}$$

$$= \frac{(v_i \sin\theta)^2}{2g}$$

$$= \frac{((49\ \text{m/s})(\sin 30.0°))^2}{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 31\ \text{m}$$

b. إذا كان ارتفاع لوحة الهدف هو الارتفاع نفسه لنقطة إطلاق السهم، فما بُعد اللوحة عن نقطة إطلاق السهم؟

$$y = v_{yi}\,t - \frac{1}{2}gt^2$$

ولما كان السهم موجودًا على الارتفاع نفسه، فإن:

$$y = 0 \qquad \text{و} \qquad 0 = v_{yi} - \frac{1}{2}gt$$

لذا فإن:

$$t = 0 \text{ أو } t = \frac{2v_{yi}}{g}$$

$$t = \frac{2v_i \sin\theta}{g}$$

$$= \frac{(2)(49\ \text{m/s})(\sin 30.0°)}{9.80\ \text{m/s}^2}$$

$$= 5.0\ \text{s}$$

و

$$x = v_x t$$

$$= (v_i \cos\theta)(t)$$

$$= (49\ \text{m/s})(\cos 30.0^\circ)(5.0\ \text{s})$$

$$= 2.1 \times 10^2\ \text{m}$$

6–2 الحركة الدائرية

صفحة 59

42. سباق السيارات تكمل سيارة كتلتها 615 kg دورة سباق في مضمار دائري نصف قطره 50.0 m في 14.3 s. إذا تحركت السيارة بسرعة ثابتة المقدار،

a. فما مقدار تسارع السيارة؟

$$a_C = \frac{v^2}{r}$$

$$= \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$$= \frac{4\pi^2\ (50.0\ \text{m})}{(14.3\ \text{s})^2}$$

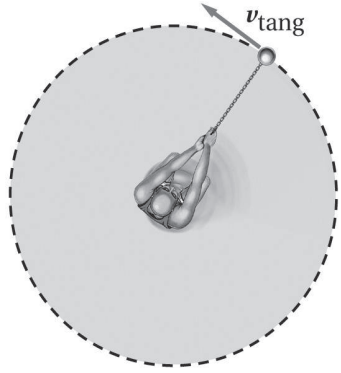
$$= 9.59\ \text{m/s}^2$$

b. وما مقدار القوة التي تؤثر بها الطريق في عجلات السيارة لتنتج هذا التسارع؟

$$F_C = ma_C = (615\ \text{kg})(9.59\ \text{m/s}^2)$$

$$= 5.90 \times 10^3\ \text{N}$$

43. رمي كرة يُدوّر لاعبٌ كرةً كتلتها 7.00 kg مربوطة في سلسلة طولها 1.8 m، وتتحرك في دائرة أفقية كما في **الشكل 13–6**. إذا أتمت المطرقة دورة واحدة في 1.0 s، فاحسب مقدار تسارعها المركزي؟ واحسب كذلك مقدار قوة الشد في السلسلة؟



■ **الشكل 13 – 6**

$$a_C = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$
$$= \frac{(4\pi^2)(1.8\ m)}{(1.0\ s)^2}$$
$$= 71\ m/s^2$$

$$F_T = F_C = ma_C$$
$$= (7.00\ kg)(71\ m/s^2)$$
$$= 5.0\times10^2\ N$$

44. يوفر الاحتكاك للسيارة القوة اللازمة للمحافظة على حركتها في مسار دائري أفقي مستو خلال السباق. ما أقصى سرعة يمكن للسيارة أن تتحرك بها، علمًا بأن نصف قطر المسار 80.0 m، ومعامل الاحتكاك السكوني بين العجلات والشارع 0.40؟

$$F_C = f_s = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

ولكن:

$$F_C = \frac{mv^2}{r}$$

لذا فإن:

$$\frac{mv^2}{r} = \mu_s mg$$

وبقسمة طرفي المعادلة على كتلة السيارة نحصل على:

$$v^2 = \mu_s gr$$
$$v = \sqrt{\mu_s gr}$$
$$= \sqrt{(0.40)(9.80\ m/s^2)(80.0\ m)}$$
$$= 18\ m/s$$

6–3 السرعة المتجهة النسبية

صفحة 60

45. السفر بالطائرة إذا كنت تقود طائرة صغيرة وتريد الوصول إلى مطار يبعد 450 km جنوبًا في 3.0 h، وكانت الرياح تهب من الغرب بسرعة 50.0 km /h، فما مقدار واتجاه سرعة الطائرة التي يجب أن تتحرك بها لتصل في الوقت المناسب؟

سرعة الطائرة في اتجاه الجنوب

$$v_s = \frac{d_s}{t} = \frac{450\ km}{3.0\ h}$$
$$= 150\ km/h$$

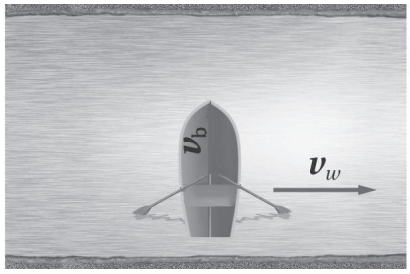
السرعة التي يجب أن تتحرك بها الطائرة

$$v_p = \sqrt{(150\ km/h)^2 + (50.0\ km/h)^2}$$
$$= 1.6\times10^2\ km/h$$

واتجاه هذه السرعة هو

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{الرياح}}{v_s}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{50.0\ km/h}{150\ km/h}\right)$$
$$= 18^\circ \text{ غرب الجنوب}$$

46. عبور نهر إذا كنت تجدف بقارب كما في **الشكل 14–6** في اتجاه عمودي على ضفة نهر يتدفق الماء فيه بسرعة (v_w) تساوي 3.0 m /s، وكانت سرعة قاربك بالنسبة إلى الماء (v_b) تساوي 4.0 m /s:



■ **الشكل 14 – 6**

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

a. فما سرعة قاربك بالنسبة إلى ضفة النهر؟

دلالات الرموز: b للقارب، s للشاطئ، w للنهر.

$$v_{b/s} = \sqrt{(v_{b/w})^2 + (v_{w/s})^2}$$

$$= \sqrt{(4.0\ \text{m/s})^2 + (3.0\ \text{m/s})^2}$$

$$= 5.0\ \text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{b/w}}{v_{w/s}}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{4.0\ \text{m/s}}{3.0\ \text{m/s}}\right)$$

$$= 53^\circ$$

في اتجاه يصنع زاوية 53° بالنسبة لضفة النهر.

b. احسب مُركّبتي السرعة المتجهة لقاربك: الموازية لضفة النهر، والعمودية عليها.

الموازية: 3.0 m/s، العمودية: 4.0 m/s

47. التجديف إذا كنت تجدف في نهر يتدفق في اتجاه الشرق، ولأنَّ معرفتك بالفيزياء –وخصوصًا بالسرعة النسبية– جيدة فإنك توجّه قاربك في اتجاه يصنع زاوية 53° غرب الشمال، فتحصل على سرعة 6.0 m/s في اتجاه الشمال بالنسبة إلى ضفة النهر.

a. احسب سرعة تيار الماء.

$$\tan\theta = \left(\frac{v_{w/s}}{v_{b/s}}\right)$$

لذا فإن

$$v_{w/s} = (\tan\theta)(v_{b/s})$$

$$= (\tan 53^\circ)(6.0\ \text{m/s})$$

$$= 8.0\ \text{m/s}$$ **في اتجاه الشرق**

b. ما سرعة قاربك بالنسبة إلى ماء النهر؟

لذا فإن

$$\cos\theta = \left(\frac{v_{b/s}}{v_{b/w}}\right)$$

$$v_{b/w} = \frac{v_{b/s}}{\cos\theta}$$

$$= \frac{6.0\ \text{m/s}}{\cos 53^\circ}$$

$$= 1.0\times10^{1}\ \text{m/s}$$

مراجعة عامة

صفحة 60

48. إطلاق قذيفة تتحرك طائرة بسرعة 375 m/s بالنسبة إلى الأرض. فإذا أطلقت قذيفة إلى الأمام بسرعة 782 m/s بالنسبة إلى الطائرة، فما سرعة القذيفة بالنسبة إلى الأرض؟

دلالات الرموز: m للقذيفة، p للطائرة، g للأرض.

$$v_{m/g} = v_{p/g} + v_{m/p}$$

$$= 375\ \text{m/s} + 782\ \text{m/s}$$

$$= 1157\ \text{m/s}$$

49. كرة كتلتها 1.13 kg مربوطة في نهاية خيط طوله 0.50 m، وتتحرك حركة دائرية منتظمة في مستوى رأسي بسرعة ثابتة مقدارها 2.4 m/s. احسب مقدار قوة الشد في الخيط عند أخفض نقطة في المسار الدائري.

$$F_T = F_g + F_C$$

$$= mg + \frac{mv^2}{r}$$

$$= (1.13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) + \frac{(1.13\ \text{kg})\ (2.4\ \text{m/s})^2}{0.50\ \text{m}}$$

$$= 24\ \text{N}$$

التفكير الناقد

صفحة 60

50. تطبيق المفاهيم انظر الأفعوانية في **الشكل 15–6**، هل تتحرك السيارات في هذه الأفعوانية حركة دائرية منتظمة؟ فسّر إجابتك..

■ الشكل 18–6

لا. تُغير قوة الجاذبية الرأسيّة سرعة السيارات، لذلك

لا تكون حركة السيارات حركة دائريّة منتظمة.

51. التحليل والاستنتاج كرة مربوطة في نهاية خيط خفيف، وتتحرك في مسار دائري في المستوى الرأسي، حلّل حركة هذا النظام وصفه، مع أخذ قوة الجاذبية الأرضية وقوة الشد في الاعتبار. هل يتحرك هذا النظام حركة دائرية منتظمة؟ فسّر إجابتك.

لا يتحرك النظام حركة دائريّة منتظمة؛ فقوة الجاذبية الأرضية تزيد مقدار سرعة الكرة عندما تتحرّك نزولا في اتجاه الأسفل، وتقلّل من مقدار سرعتها عندما تتحرّك الكرة صعودًا في اتجاه الأعلى. لذا فالتسارع المركزي الذي يحافظ على حركتها في مسار دائري يكون أكبر في الأسفل وأقلّ عند قمة مسارها. فعند القمة تكون قوة الجاذبية وقوة الشدّ في الاتجاه نفسه، لذلك تكون قوة الشدّ المطلوبة أقلّ. أمّا في الأسفل فتكون قوة الجاذبية وقوة الشدّ في اتجاهين متعاكسين (قوة الجاذبية في اتجاه الأسفل وقوة الشدّ في اتجاه الأعلى)، لذلك تكون قوة الشدّ في الخيط أكبر.

مراجعة تراكمية

صفحة 60

52. اضرب أو اقسم كما هو مبين أدناه، مستعملاً الأرقام المعنوية بصورة صحيحة.

a. $(5\times10^{8}\ \text{m})\ (4.2\times10^{7}\ \text{m})$

$2\times10^{16}\ \text{m}^2$

b. $(1.67\times10^{-2}\ \text{km})\ (8.5\times10^{-6}\ \text{km})$

$1.4\times10^{-7}\ \text{km}^2$

c. $(2.6\times10^{4}\ \text{kg})\ /(9.4\times10^{3}\ \text{m}^3)$

$2.8\ \text{kg/m}^3$

d. $(6.3\times10^{-1}\ \text{m})/\ (3.8\times10^{2}\ \text{s})$

$1.7\times10^{-3}\ \text{m/s}$

مسألة تحفيز

صفحة 52

يُـدوّر طارق حجرًا كتلته m مربوطًا بحبل في مسـار دائري أفقي فوق رأسه، فكان ارتفاع الحجر فوق سطح الأرض h. ويمثل r نصف قطر الدائرة، و F_T مقدار قوة الشد في الحبل. وفجأة انقطع الحبل وسقط الحجر على الأرض، فقطع مسافة أفقيـة s من لحظة انقطـاع الحبل إلى ارتطامه بالأرض. أوجد تعبيرًا رياضيًّا للمسافة بدلالة كل من F_T و r و m و h. هل يتغـير التعبيرالريـاضي إذا تحرك طارق بسرعـة 0.50 m/s بالنسبة إلى الأرض؟

$$s = vt, T = ma_C = \frac{mv^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{Tr}{m}}: h = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

أي أنّ: $$s = vt = \sqrt{\frac{Tr}{m}}\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2Trh}{mg}}$$

نعم، يتغير التعبير إذا تحرّك طارق بسرعة 0.50 m/s بالنسبة إلى الأرض. وإذا تحرّك الحجر في اتجاه حركة طارق نفسها، فإنّ سرعة الحجر بالنسبة إلى الأرض ستكون أكبر، وعليه فإن s يكون لها قيمة أكبر.

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

مسائل تدريبية

7–1 حركة الكواكب والجاذبية (صفحات 63–71)

صفحة 66

1. الزمن الدوري لأحد أقمار المشتري G هو 7.15 أيام. فكم وحدة يبلغ نصف قطر مداره؟ استعمل المعلومات المُعطاة في مثال1 .

$$\left(\frac{T_G}{T_l}\right)^2=\left(\frac{r_G}{r_l}\right)^3$$

$$r_G=\sqrt[3]{r_l^3\left(\frac{T_G}{T_l}\right)^2}$$

$$=\sqrt[3]{(4.2\ \text{units})^3\left(\frac{7.15\ \text{days}}{1.8\ \text{days}}\right)^2}$$

$$=\sqrt[3]{(74.088\ \text{units}^3)(3.9722)^2}$$

$$=\sqrt[3]{1169.0011\ \text{units}^3}$$

$$=11\ \text{units}$$

2. يدور كويكب(*a*) حول الشمس في مدار متوسط نصف قطره يساوي ضعف متوسط نصف قطر مدار الأرض(E). احسب زمنه الدوري بالسنوات الأرضية.

$$\left(\frac{T_a}{T_E}\right)^2=\left(\frac{r_a}{r_E}\right)^3$$

ولما كانت $r_a=2r_E$، فإن:

$$T_a=\sqrt{\left(\frac{r_a}{r_E}\right)^3(T_E)^2}$$

$$=2.8\ \text{y}$$

3. يمكنك أن تجد من **الجدول 7–1** أن بُعد المريخ (M) عن الشمس أكبر 1.52 مرة من بُعد الأرض عن الشمس. احسب الزمن اللازم لدوران المريخ حول الشمس بالأيام الأرضية.

$$\left(\frac{T_M}{T_E}\right)^2=\left(\frac{r_M}{r_E}\right)^3$$

$$r_M=1.52\,r_E$$

وعليه فإن:

$$T_M=\sqrt{(r_M/r_E)^3\,T_E^2}=\sqrt{\left(\frac{1.52r_E}{r_E}\right)^3(365\ \text{day})^2}$$

$$=\sqrt{4.68\times10^5\ \text{day}^2}$$

$$=684\ \text{day}$$

4. الزمن الدوري لدوران القمر حول الأرض 27.3 يومًا، ومتوسط بُعد القمر عن مركز الأرض $3.90\times10^5\ \text{km}$.

a. استعمل قوانين كبلر لحساب الزمن الدوري لقمر اصطناعي(s) يبعد مداره $6.70\times10^3\ \text{km}$ عن مركز الأرض.

$$\left(\frac{T_s}{T_M}\right)^2=\left(\frac{r_s}{r_M}\right)^3$$

$$T_s=\sqrt{(r_s/r_M)^3\,T_M^2}$$

$$=\sqrt{\left(\frac{6.70\times10^3\ \text{km}}{3.90\times10^5\ \text{km}}\right)^3(27.3\ \text{days})^2}$$

$$=\sqrt{3.78\times10^{-3}\ \text{days}^2}$$

$$=6.15\times10^{-2}\ \text{days}=88.6\ \text{min}$$

b. كم يبعد القمر الاصطناعي عن سطح الأرض؟

$$h=r_s-r_E$$

$$=6.70\times10^6\ \text{m}-6.38\times10^6\ \text{m}$$

$$=3.2\times10^5\ \text{m}$$

$$=3.2\times10^2\ \text{km}$$

5. استعمل البيانات المتعلقة بالزمن الدوري للقمر ونصف قطر مداره التي يتضمنها السؤال السابق، لحساب متوسط بُعد قمر اصطناعي عن مركز الأرض والذي زمنه الدوري يساوي يومًا واحدًا.

$$\left(\frac{T_s}{T_M}\right)^2=\left(\frac{r_s}{r_M}\right)^3$$

$$r_s=\sqrt[3]{r_M^3\left(\frac{T_s}{T_M}\right)^2}=\sqrt[3]{(3.90\times10^5\ \text{km})^3\left(\frac{1.00\ \text{days}}{27.3\ \text{days}}\right)^2}$$

$$=\sqrt[3]{7.96\times10^{13}\ \text{km}^3}$$

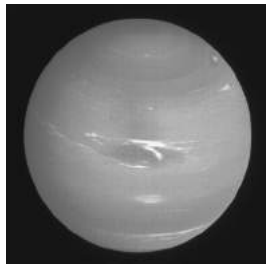
$$=4.30\times10^4\ \text{km}$$

مراجعة القسم

7–1 حركة الكواكب والجاذبية (صفحات 71–63)

صفحة 71

6. الزمن الدوري لنبتون يدور نبتون حول الشمس في مدار نصف قطره 4.495×10^{12} m، مما يسمح للغازات– ومنها الميثان– بالتكثف وتكوين جوٍّ كما يوضحه **الشكل 8–7**. إذا كانت كتلة الشمس 1.99×10^{30} kg، فاحسب الزمن الدوري لنبتون.



■ الشكل 8–7

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_s}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(4.495\times10^{12}\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(1.99\times10^{30}\ \text{kg})}}$$

$$= 5.20\times10^{9}\ \text{s} = 6.02\times10^{5}\ \text{days}$$

7. الجاذبية إذا بدأت الأرض في الانكماش، وبقيت كتلتها ثابتة، فماذا يمكن أن يحدث لقيمة تسارع الجاذبية g على سطحها؟

ستزداد قيمة g.

8. قوة الجاذبية ما قوة الجاذبية بين جسمين كتلة كل منهما 15 kg والمسافة بين مركزيهما 35 cm ؟ وما نسبة هذه القوة إلى وزن أي منهما؟

$$F_g = G\frac{m\,m}{r^2}$$

$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ (15\ \text{kg})^2}{(0.35\ \text{m})^2}$$

$$= 1.2\times10^{-7}\ \text{N}$$

لأن الوزن يساوي $mg = 147$ N، فإن قوة الجاذبية تساوي 8.2×10^{-10} أو 0.82 جزء من بليون من الوزن.

9. ثابت الجذب الكوني أجرى كافندش تجربته باستعمال كرات مصنوعة من الرصاص. افترض أنه استبدل بكرات الرصاص كرات من النحاس ذات كتل متساوية، فهل تكون قيمة G هي نفسها أم تختلف؟ وضح ذلك.

تكون قيمة G نفسها؛ لأنّه باستعمال قيمة G نفسها تمّ بنجاح وصف التجاذب بين أجسام ذات تراكيب كيميائية مختلفة مثل: الشمس (النجوم)، والكواكب، والأقمار الاصطناعية.

10. التفكير الناقد يحتاج رفع صخرة على سطح القمر إلى قوة أقل من التي تحتاج إليها على الأرض.

a. كيف تؤثر قوة الجاذبية الضعيفة على سطح القمر في مسار الحجر عند قذفه أفقيًّا؟

يتطلب القذف الأفقي الجهد نفسه، وذلك بسبب خاصية القصور الذاتي للحجر $F = ma$. وتعتمد كتلة الحجر على مقدار المادة الموجودة في الحجر فقط، وليس على موقعه في الكون. ويبقى المسار قطعًا مكافئًا، ولكنه سيكون أعرض بكثير (المدى الأفقي كبير)؛ لأن الحجر سيقطع مسافة أكبر قبل أن يرتطم بسطح القمر، مما يعطيه تسارعًا أقل وزمن تحليق أطول.

b. إذا سقط الحجر على إصبع شخص، فأيهما يؤذيه أكثر: سقوطه – من الارتفاع نفسه – على سطح القمر، أم على سطح الأرض؟ فسّر ذلك.

افترض أن السقوط تم من الارتفاع نفسه على الأرض وعلى القمر، فسيكون الأذى أكبر على سطح الأرض؛ لأنّ قيمة g على الأرض أكبر من قيمتها على القمر، مما يعني أن الحجر يضرب الإصبع بسرعة أقل على القمر مقارنة بسرعته على الأرض.

مسائل تدريبية

7–2 استخدام قانون الجذب الكوني (صفحات 81–72)

صفحة 74

افترض أن مدار الأقمار دائري عند حل المسائل التالية:

11. افترض أن القمر في المثال السابق تحرك إلى مدار نصف قطره أكبر 24 km من نصف القطر السابق، فكم يصبح مقدار سرعته؟ وهل هذه السرعة أكبر أم أقل ممّا في المثال السابق؟

$$r = (h + 2.40\times10^4\ \text{m}) + r_E$$

$$= (2.25\times10^5\ \text{m} + 2.40\times10^4\ \text{m}) + 6.38\times10^6\ \text{m} = 6.63\times10^6\ \text{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}{6.63\times10^6\ \text{m}}}$$

$$= 7.75\times10^3\ \text{m/s}$$, أقل

12. استعمل تجربة نيوتن الذهنية في حركة الأقمار الاصطناعية لحل ما يلي:

a. حساب مقدار سرعة إطلاق قمر اصطناعي من منصة إطلاق بحيث يصبح في مدار يبعد 150 km عن سطح الأرض.

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}{(6.38\times10^6\text{m} + 1.5\times10^5\ \text{m})}}$$

$$= 7.8\times10^3\ \text{m/s}$$

b. احسب الزمن الذي يستغرقه القمر الاصطناعي (بالثواني والدقائق) ليكمل دورة حول الأرض ويعود إلى المنصة.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}} = 2\pi\sqrt{\frac{(6.38\times10^6\ \text{m} + 1.5\times10^5\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}}$$

$$= 5.3\times10^3\ \text{s} \approx 88\ \text{min}$$

13. استعمل البيانات المتعلقة بعطارد المعطاة في **الجدول 1–7** لإيجاد ما يلي:

a. مقدار سرعة قمر اصطناعي في مدار على بُعد 260 km من سطح عطارد.

ترمز M لعطارد

$$v = \sqrt{\frac{Gm_M}{r}}$$

$$r = r_M + 260\ \text{km}$$

$$= 2.44\times10^6\ \text{m} + 0.26\times10^6\ \text{m}$$

$$= 2.70\times10^6\ \text{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(3.30\times10^{23}\ \text{kg})}{(2.70\times10^6\ \text{m})}}$$

$$= 2.86\times10^3\ \text{m/s}$$

b. الزمن الدوري لهذا القمر.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_M}} = 2\pi\sqrt{\frac{(2.70\times10^6\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(3.30\times10^{23}\ \text{kg})}}$$

$$= 5.94\times10^3\ \text{s} = 1.65\ \text{h}$$

مراجعة القسم

7–2 استخدام قانون الجذب الكوني (صفحات 81–72)

صفحة 81

14. مجالات الجاذبية يبعد القمر مسافة 3.9×10^5 km عن مركز الأرض، في حين يبعد 1.5×10^8 km عن مركز الشمس. وكتلتا الأرض والشمس 6.0×10^{24} kg، و2.0×10^{30} kg على الترتيب.

a. أوجد النسبة بين مجال جاذبية الأرض ومجال جاذبية الشمس عند مركز القمر.

مجال جاذبية الشمس:

$$g_S = \frac{Gm_S}{r_S^2}$$

مجال جاذبية الأرض:

$$g_E = \frac{Gm_E}{r_E^2}$$

$$\frac{g_s}{g_E} = \left(\frac{m_S}{m_E}\right)\left(\frac{r_E^{\ 2}}{r_S^{\ 2}}\right)$$

$$= \frac{(2.0\times10^{30}\ \text{kg})\ (3.9\times10^5\ \text{km})^2}{(6.0\times10^{24}\ \text{kg})\ (1.5\times10^8\ \text{km})^2} \quad = 2.3$$

b. عندما يكون القمر في طور ربعه الثالث (ليلة 21 في الشهر)، **الشكل 18–7**، يكون اتجاهه بالنسبة إلى الأرض عموديًّا على اتجاه الأرض بالنسبة إلى الشمس. ما محصلة المجال الجاذبي للأرض والشمس عند مركز القمر؟

■ **الشكل 18–7**

بما أن الاتجاهات تُشكِّل مثلثًا قائم الزاوية، فإن المجال المحصل يساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعي المجالين.

$$g_s = \frac{Gm_s}{r^2}$$
$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2})(2.0\times10^{30}\ \mathrm{kg})}{(1.5\times10^{11}\ \mathrm{m})^2}$$
$$= 5.9\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg}$$

وبالمثل،

$$g_E = 2.6\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg}$$

$$g_{\text{المحصلة}} = \sqrt{(5.9\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg})^2 + (2.6\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg})^2}$$
$$= 6.4\times10^{-3}\ \mathrm{N/kg}$$

15. مجال الجاذبية كتلة القمر 7.3×10^{22} kg ونصف قطره 1785 km، ما شدة مجال الجاذبية على سطحه؟

$$g = \frac{GM}{r^2} = (6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N.m^2/kg^2})(7.3\times10^{22}\ \mathrm{kg})/(1.785\times10^{3}\ \mathrm{m})^2$$
$$= 1.5\ \mathrm{N/kg}$$

سُدس شدة مجال الجاذبية الأرضية تقريبًا، أو 1.5 N/kg.

16. الزمن الدوري والسرعة قمران اصطناعيان في مدارين دائريين حول الأرض؛ يبعد الأول 150 km عن سطح الأرض، والثاني 160 km .

a. أي القمرين له زمن دوري أكبر؟

عندما يكون نصف قطر المدار كبيرًا يكون زمنه الدوري كبيرًا أيضًا، فالقمر الذي على بعد 160 km من سطح الأرض له زمن دوري أكبر.

b. أي القمرين سرعته أكبر؟

القمر الذي على بعد 150 km من سطح الأرض؛ وذلك لأنه كلما قل نصف قطر المدار زادت السرعة.

17. حالة انعدام الوزن تكون المقاعد داخل محطة الفضاء عديمة الوزن. إذا كنت على متن إحدى هذه المحطات وكنت حافي القدمين فهل تشعر بالألم إذا ركلت كرسيًّا؟ فسّر ذلك.

نعم؛ لأنّ الكرسي عديم الوزن وليس عديم الكتلة، فلا يزال له قصور ويمكنه توليد قوى تماس مع القدم.

18. التفكير الناقد لماذا يُعد إطلاق قمر اصطناعي من الأرض إلى مدار ليدور في اتجاه الشرق أسهل من إطلاقه ليدور في اتجاه الغرب؟ وضّح.

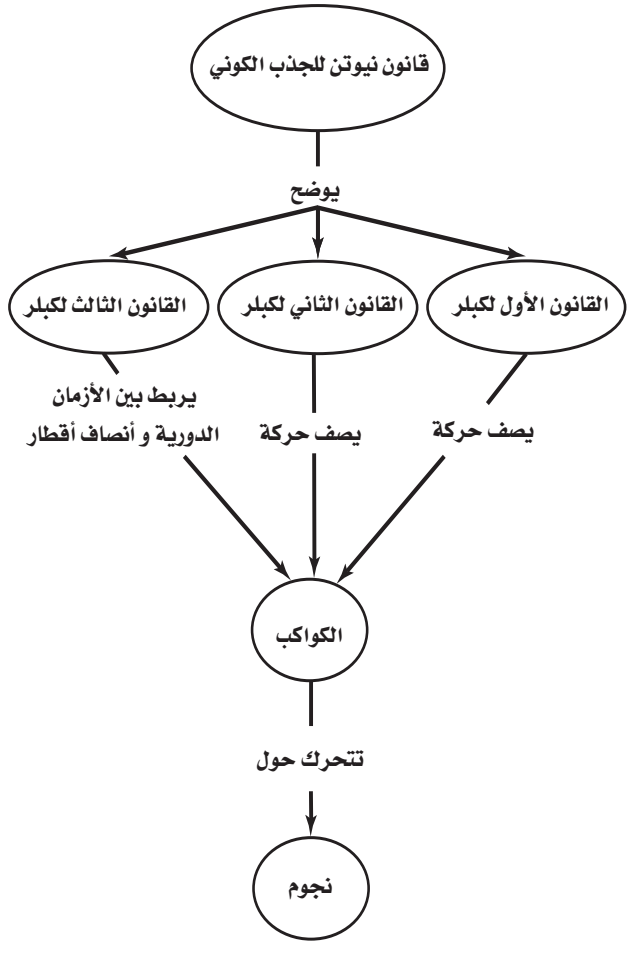
تدور الأرض في اتجاه الشرق وتضاف سرعتها إلى سرعة القمر الاصطناعي الناتجة عن الصاروخ، وبذلك تقلّل السرعة التي يتعين على الصاروخ تزويدها للقمر.

تقويم الفصل

خريطة المفاهيم

صفحة 86

19. كوّن خريطة مفاهيمية مستعملاً هذه المصطلحات: كواكب، نجوم، قانون نيوتن للجذب الكوني، القانون الأول لكبلر، القانون الثاني لكبلر، القانون الثالث لكبلر.



إتقان المفاهيم

صفحة 86

20. تتحرك الأرض في مدارها خلال الصيف ببطء في نصفها الشمالي أكبر ممّا هي عليه في الشتاء، فهل هي أقرب إلى الشمس في الصيف أم في الشتاء؟ (1–7)

تتحرك الأرض في مدارها ببطء أكبر خلال الصيف، ومن القانون الثاني لكبلر، يجب أن تكون أبعد عن الشمس، لذلك تكون الأرض أقرب إلى الشمس في أشهر الشتاء.

21. هل المساحة التي تمسحها في وحدة الزمن (m^2/s) عند دورانها حول الشمس تساوي المساحة التي يمسحها المريخ في وحدة الزمن (m^2/s) عند دورانه حول الشمس؟ (1–7)

لا، إنّ تَساوي المساحات المقطوعة في وحدة الزمن يُطبّق على كل كوكب على حدة.

22. لماذا اعتقد نيوتن أن هناك قوة تؤثر في القمر؟ (1–7)

عرف نيوتن أنّ القمر يتحرك في مدارٍ منحنٍ، لذلك؛ فهو متسارع، والتسارع يتطلّب وجود قوة مؤثرة فيه.

23. كيف أثبت كافندش وجود قوة جاذبية بين جسمين صغيرين؟ (1–7)

قاس الكتل بدقة وقاس المسافة وقوة التجاذب بينها، ثمّ حسب قيمة G باستعمال قانون نيوتن في الجذب الكوني.

24. ماذا يحدث لقوة الجذب بين كتلتين عند مضاعفة المسافة بينهما؟ (1–7)

وفقًا لقانون نيوتن، فإن $F\alpha 1/r^2$. فإذا ضاعفنا المسافة قلّت القوة إلى الربع.

25. ما الذي يحافظ على القمر الاصطناعي فوقنا؟ وضح ذلك. (2–7)

سرعته، إذ إنّه يسقط طوال الوقت في اتجاه الأرض.

26. يدور قمر اصطناعي حول الأرض. أي العوامل التالية تعتمد عليها سرعته؟ (2–7)

a. كتلة القمر

b. البعد عن الأرض

c. كتلة الأرض

تعتمد السرعة فقط على كل من: b (البعد عن الأرض)، c (كتلة الأرض).

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

27. مـا مصـدر القوة التي تسـبب التسـارع المركزي لقمر اصطناعي في مداره؟ (2–7)

قوة الجاذبية بينه وبين الأرض في اتجاه مركز الأرض.

28. بيّن أن وحدات g في المعادلة $g = F/m$ هي m/s^2. (2–7)

$$\frac{N}{kg} = \frac{kg.m/s^2}{kg} = m/s^2$$

29. لو كانت كتلة الأرض ضعف ما هي عليه مع ثبات حجمها، فماذا يحدث لقيمة g؟ (2–7)

تتضاعف قيمة g.

تطبيق المفاهيم

(صفحتا 87–86)

30. **كرة التنس** قوة الجاذبية التي تؤثر في جسم ما قرب سطح الأرض تتناسب مع كتلة الجسم. يبين **الشكل 19–7** كرة تنس وكرة تنس طاولة في حالة سقوط حر. لماذا لا تسقط كرة التنس بسرعة أكبر من كرة تنس الطاولة؟

الشكل 19–7

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

m_1 = **كتلة الأرض**

$$a = \frac{F}{m_2}$$

m_2 = **كتلة الجسم**

وعليه فإن:

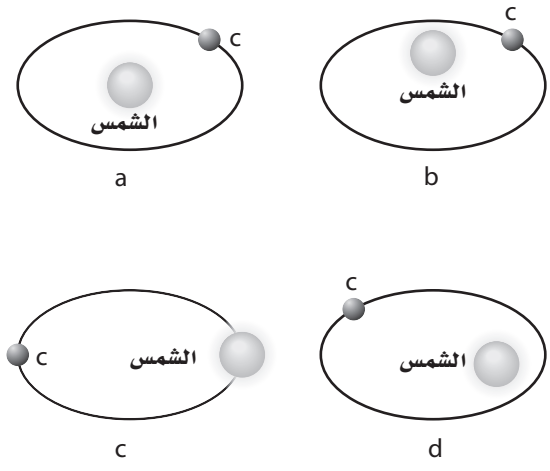
$$a = \frac{G m_1}{r^2}$$

لا يعتمد التسارع على كتلة الجسم، حيث تحتاج الأجسام ذات الكتلة الأكبر إلى قوة أكبر لتتسارع بالمعدّل نفسه.

31. ما المعلومات التي تحتاج إليها لإيجاد كتلة المشتري باستعمال صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر؟

يجب أن تعرف الزمن الدوري ونصف قطر المدار لأحد الأقمار على الأقل.

32. قرّر إذا كان كل مدار من المدارات الموضحة في **الشكل 20–7** مدارًا ممكنًا لكوكبٍ ما أم لا.



الشكل 20–7

d هو المدار الممكن فقط، أمّا في a و b فلا تكون الشمس في البؤرة، وفي c فإنّ الكوكب ليس في مدار حول الشمس.

33. يجذب كلٌّ من القمر والأرض الآخر. فهل تجذب الأرض ذات الكتلة الأكبر القمرَ بقوة أكبر من قوة جذب القمر لها؟ فسّر ذلك.

لا؛ حيث إنّ القوتين تمثّلان كلاً من الفعل ورد الفعل، وتبعًا للقانون الثالث لنيوتن فهما متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

34. ماذا يحدث للثابت G إذا كانت كتلة الأرض ضعف قيمتها، وبقي حجمها ثابتًا؟

لا يتغير؛ لأنّ الثابت G ثابت كوني لا يعتمد على كتلة الأرض. أمّا قوة جذبها فإنها ستتضاعف.

35. إذا ارتفع مكوك فضاء إلى مدار أبعد من مداره، فماذا يحدث لزمنه الدوري؟

وفقًا للمعادلة التالية:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$

فإنه، إذا زاد نصف قطر المدار يزداد الزمن الدوري.

36. كتلة المشتري أكبر 300 مرة من كتلة الأرض، ونصف قطره أكبر عشر مرات من نصف قطر الأرض. احسب بالتقريب قيمة g على سطح المشتري.

$g \propto \frac{m_E}{r_E^2}$. إذا كانت كتلة المشتري أكبر 300 مرة من كتلة الأرض، ونصف قطره أكبر عشر مرات من نصف قطر الأرض فإن:

$g \propto 300/10^2 = 3$ ، وعليه فإن قيمة g على المشتري تساوي ثلاثة أمثال قيمتها على الأرض.

37. إذا ضاعفنا كتلة تخضع لمجال الأرض الجاذبي، فماذا يحدث للقوة التي يولدها المجال على هذه الكتلة؟

ستتضاعف أيضًا.

إتقان حل المسائل

7–1 حركة الكواكب والجاذبية

صفحة 87

38. المشتري أبعد من الأرض عن الشمس بـِ 5.2 مرة. احسب الزمن الدوري له بالسنوات الأرضية.

ترمز J للمشتري

$$\left(\frac{T_J}{T_E}\right)^2 = \left(\frac{r_J}{r_E}\right)^3$$

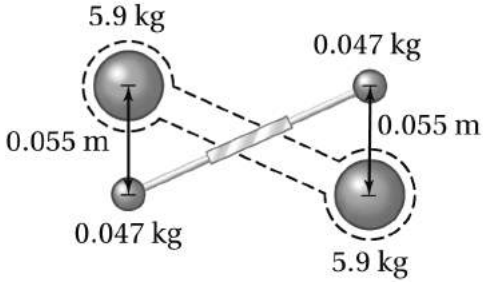
$$T_J = \sqrt{\left(\frac{r_J}{r_E}\right)^3 T_E^2}$$

$$= \sqrt{(5.2/1.0)^3 (1.0\,y)^2}$$

$$= \sqrt{141\,y^2}$$

$$= 12\,y \text{ (سنة أرضية)}$$

39. يبين **الشكل 7–21** جهاز كافندش المستعمل في حساب G. وهناك كتلة رصاص كبيرة 5.9 kg وكتلة صغيرة 0.047 kg، المسافة بين مركزيهما 0.055 m، احسب قوة التجاذب بينهما.



■ **الشكل 7–21**

$$F = G\frac{m_{\text{كتلة كبيرة}}\, m_{\text{كتلة صغيرة}}}{r^2}$$

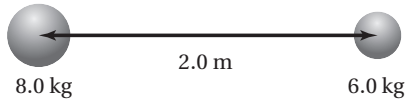
$$= (6.67\times10^{-11}\,N.m^2/kg^2)\,\frac{(5.9\,kg)(4.7\times10^{-2}\,kg)}{(5.5\times10^{-2}\,m)^2}$$

$$= 6.1\times10^{-9}\,N$$

40. باستعمال **الجدول 1–7**، احسب القوة التي تؤثر بها الشمس في المشتري.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ (1.99\times10^{30}\ \text{kg})(1.90\times10^{27}\ \text{kg})}{(7.78\times10^{11}\ \text{m})^2}$$
$$= 4.17\times10^{23}\ \text{N}$$

41. إذا كان البعد بين مركزي كرتين 2.0 m، كما في **الشكل 22–7**، وكانت كتلة إحداهما 8.0 kg وكتلة الأخرى 6.0 kg، فما قوة الجاذبية بينهما؟



■ الشكل 22–7

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$= (6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ \frac{(8.0\ \text{kg})(6.0\ \text{kg})}{(2.0\ \text{m})^2}$$
$$= 8.0\times10^{-10}\ \text{N}$$

42. كرتان متماثلتان كتلة كل منهما 6.8 kg، والبعد بين مركزيهما 21.8 cm. ما قوة الجاذبية التي تؤثر بها كل منهما في الأخرى؟

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$= (6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ \frac{(6.8\ \text{kg})(6.8\ \text{kg})}{(0.218\ \text{m})^2}$$
$$= 6.5\times10^{-8}\ \text{N}$$

43. إذا كانت قوة الجاذبية بين إلكترونين البعد بينهما 1.00 m تساوي 5.54×10^{-71} N، فاحسب كتلة الإلكترون.

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ولما كانت: $m_1 = m_2 = m_e$

فإن:

$$m_e = \sqrt{\frac{Fr^2}{G}}$$
$$= \sqrt{\frac{(5.54\times10^{-71}\ \text{N})(1.00\ \text{m})^2}{6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2}}$$
$$= 9.11\times10^{-31}\ \text{kg}$$

44. **أورانوس** يحتاج أورانوس إلى 84 سنة ليدور حول الشمس. احسب نصف قطر مدار أورانوس بدلالة نصف قطر مدار الأرض.

$\left(\frac{T_U}{T_E}\right)^2 = \left(\frac{r_U}{r_E}\right)^3$ **ترمز U لأورانوس**

$\frac{r_U}{r_E} = \sqrt[3]{\left(\frac{T_U}{T_E}\right)^2}$

$= \sqrt[3]{\left(\frac{84\text{ y}}{1.0\text{ y}}\right)^2}$

$= 19$ **لذلك فإن**

$r_U = 19r_E$

45. كرتان المسافة بين مركزيهما 2.6 m، وقوة الجاذبية بينهما 2.75×10^{-12} N. ما كتلة كل منهما إذا كانت كتلة إحداهما ضعف كتلة الأخرى؟

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

ولما كانت: $m_2 = 2m_1$، **فإن:**

$F = G\frac{(m_1)(2m_1)}{r^2}$

$m_1 = \sqrt{\frac{Fr^2}{2G}}$

$= \sqrt{\frac{(2.75\times10^{-12}\text{ N})\,(2.6\text{ m})^2}{(2)(6.67\times10^{-11}\text{ N.m}^2/\text{kg}^2)}}$

$= 0.3733$ kg **أو** 0.37 kg **إلى أقرب رقمين معنويين**

$m_2 = 2m_1 = (2)(0.3733\text{ kg}) =$ 0.7466 kg **أو** 0.75 kg **إلى أقرب رقمين معنويين**

46. تُقاس المساحة بوحدة m^2، ولذا فإن المعدل الزمني للمساحة التي يمسحها كوكب أو قمر هي m^2/s.

a. ما معدل المساحة (m^2/s) التي تمسحها الأرض في مدارها حول الشمس؟

$r = 1.50\times10^{11}$ m

$T = 3.156\times10^7$ s, 365.25 days = 1.00 y

$\frac{\pi r^2}{T} = \pi(1.50\times10^{11}\text{ m})^2/(3.156\times10^7\text{ s})$

$= 2.24\times10^{15}\text{ m}^2/\text{s}$

b. ما معدل المساحة (m^2/s) التي يمسحها القمر في مداره حول الأرض؟ افترض أن متوسط المسافة بين الأرض والقمر 3.9×10^8 m، والزمن الدوري للقمر حول الأرض 27.33 يومًا.

$\frac{\pi(3.9\times10^8\text{ m})^2}{(2.36\times10^6\text{ s})} = 2.0\times10^{11}\text{ m}^2/\text{s}$

7–2 استخدام قانون الجذب الكوني

صفحتا 88–87

47. كتاب كتلته 1.25 kg ووزنه في الفضاء 8.35 N، ما قيمة المجال الجاذبي في ذلك المكان؟

$$g = \frac{F}{m} = \frac{8.35\ \text{N}}{1.25\ \text{kg}} = 6.68\ \text{N/kg}$$

48. إذا كانت كتلة القمر 7.34×10^{22} kg وبُعد مركزه عن مركز الأرض 3.8×10^{8} m، وكتلة الأرض 5.97×10^{24} kg، فاحسب:

a. مقدار قوة الجذب الكتلي بينهما.

$$F = G\frac{m_E m_M}{r^2}$$
$$= (6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ \frac{(5.97\times10^{24}\ \text{kg})(7.34\times10^{22}\ \text{kg})}{(3.8\times10^{8}\ \text{m})^2}$$
$$= 2.0\times10^{20}\ \text{N}$$

b. مقدار مجال الجاذبية للأرض على القمر.

$$g = \frac{F}{m} = \frac{2.03\times10^{20}\ \text{N}}{7.34\times10^{22}\ \text{kg}} = 0.0028\ \text{N/kg}$$

لاحظ أنه استخدم المقدار 2.03×10^{20} N بدلا من 2.0×10^{20} N لتجنب الخطأ الناتج عن التقريب.

49. إذا كان وزن أخيك الذي كتلته 91 kg على سطح القمر هو 145.6 N، فما قيمة مجال الجاذبية للقمر على سطحه؟

$$F_g = mg$$
$$g = \frac{F_g}{m} = \frac{145.6\ \text{N}}{91.0\ \text{kg}} = 1.60\ \text{N/kg}$$

50. رائد فضاء إذا كانت كتلة رائد فضاء 80 kg، وفقد 25% من وزنه عند نقطة في الفضاء، فما شدة مجال جاذبية الأرض عند هذه النقطة؟

$$F_g = mg = (80.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2) = 784\ \text{N}$$
$$F_{g,\text{المختزل}} = (784\ \text{N})(0.750) = 588\ \text{N}$$
$$g_{\text{المختزل}} = \frac{F_{g,\text{المختزل}}}{m} = \frac{588\ \text{N}}{80.0\ \text{kg}} = 7.35\ \text{m/s}^2$$

مراجعة عامة

صفحة 88

51. استعمل البيانات الخاصة بالأرض في **الجدول 1–7** لحساب كتلة الشمس باستخدام صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر.

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{Gm}\right)r^3$$
$$mT^2 = \frac{4\pi^2}{G}r^3$$
$$m = \left(\frac{4\pi^2}{G}\right)\frac{r^3}{T^2}$$
$$= \left(\frac{4\pi^2}{6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2}\right)\frac{(1.50\times10^{11}\ \text{m})^3}{(3.156\times10^{7}\ \text{s})^2}$$
$$= 2.01\times10^{30}\ \text{kg}$$

52. استعمل البيانات في **الجدول 1–7** لحساب مقدار السرعة والزمن الدوري لقمر اصطناعي يدور حول المريخ على ارتفاع 175 km من سطحه.

$$r = r_M + 175\ \text{km} = 3.40\times10^6\ \text{m} + 0.175\times10^6\ \text{m}$$

$$= 3.58\times10^6\ \text{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM_M}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(6.42\times10^{23}\ \text{kg})}{(3.58\times10^6\ \text{m})}}$$

$$= 3.46\times10^3\ \text{m/s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_M}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(3.58\times10^6\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(6.42\times10^{23}\ \text{kg})}}$$

$$= 6.45\times10^3\ \text{s}\ \text{أو}\ 1.79\ \text{h}$$

53. ما سرعة دوران كوكب بحجم الأرض وكتلتها، بحيث يبدو الجسم الموضوع على خط الاستواء عديم الوزن؟ أوجد الزمن الدوري للكوكب بالدقائق.

يجب أن يكون التسارع المركزي مساويًا لتسارع الجاذبية على ألا يؤثر سطح هذا الكوكب بأي قوة (المعروفة باسم الوزن).

$$\frac{mv^2}{r} = G\frac{m_E m}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{Gm_E}{r}}} \quad \text{لذا فإن} \quad v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(6.38\times10^6\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}}$$

$$= 5.07\times10^3\ \text{s} = 84.5\ \text{min}$$

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

التفكير الناقد

صفحة 88

54. حلّل واستنتج يقول بعض الناس إن المد على سطح الأرض تسببه قوة سحب من القمر. هل هذه العبارة صحيحة؟

a. أوجد القوى التي تؤثر بها الشمس والقمر في كتلة m من الماء على سطح الأرض. اجعل إجابتك بدلالة m.

$$F_{S,m} = 6.67\times10^{-11}\,\text{N.m}^2/\text{kg}^2\left(\frac{(1.99\times10^{30}\,\text{kg})(m)}{(1.50\times10^{11}\,\text{m})^2}\right)$$

$$= (5.90\times10^{-3}\,\text{N})m$$

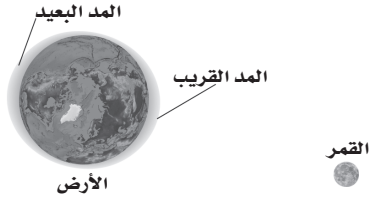
$$F_{M,m} = 6.67\times10^{-11}\,\text{N.m}^2/\text{kg}^2\left(\frac{(7.36\times10^{22}\,\text{kg})(m)}{(3.80\times10^{8}\,\text{m})^2}\right)$$

$$= (3.40\times10^{-5}\,\text{N})m$$

b. أي الجسمين يجذب الماء الموجود على سطح الأرض بقوة أكبر: الشمس أم القمر؟

تجذب الشمس الماء الموجود على سطح الأرض بقوة أكبر مئة مرة من قوة جذب القمر له.

c. أوجد الفرق بين القوتين اللتين يؤثر بهما القمر في الماء الموجود على سطح الأرض القريب منه، والبعيد عنه، كما يبين **الشكل 23–7**، وذلك بدلالة الكتلة m.



■ الشكل 23–7

$$F_{M,\text{الماء القريب}} - F_{M,\text{الماء القريب}} = (6.6710^{-11}\,\text{N.m}^2/\text{kg}^2)(7.36\times10^{22}\,\text{kg})(m)\times$$

$$\left(\frac{1}{(3.80\times10^{8}\,\text{m} - 6.37\times10^{6}\,\text{m})^2} - \frac{1}{(3.80\times10^{8}\,\text{m} + 6.37\times10^{6}\,\text{m})^2}\right)$$

$$= (2.28\times10^{-6}\,\text{N})m$$

d. أوجد الفرق بين القوتين اللتين تؤثر بهما الشمس في الماء الموجود على سطح الأرض، القريب منها، والبعيد عنها.

$$F_{S,\text{الماء القريب}} - F_{S,\text{الماء البعيد}} = (6.67\times10^{-11}\,\text{N.m}^2/\text{kg}^2)(1.99\times10^{30}\,\text{kg})(m)\times$$

$$\left(\frac{1}{(1.50\times10^{11}\,\text{m} - 6.37\times10^{6}\,\text{m})^2} - \frac{1}{(1.50\times10^{11}\,\text{m} + 6.37\times10^{6}\,\text{m})^2}\right)$$

$$= (1.00\times10^{-6}\,\text{N})m$$

e. أيّ الجسمين– الشمس أم القمر– له فرق كبير بين القوتين اللتين يسببهما على الماء الموجود على سطح الأرض القريب منه والسطح البعيد عنه؟

القمر

f. لماذا تُعد العبارة التالية مضلّلة: "ينتج المد عن قوة جذب من القمر" ؟ استبدل بها عبارة صحيحة توضح كيف يسبب القمر ظاهرة المدّ على الأرض؟

ينتج المد بسبب الفرق بين قوة جذب القمر للماء الموجود على سطح الأرض القريب منه، وقوة جذبه للماء الموجود على سطح الأرض البعيد عنه.

الكتابة في الفيزياء

صفحة 88

55. اكتب نبذة عن التطور التاريخي لقياس البعد بين الشمس والأرض.

أحد القياسات البسيطة التقريبيّة تمت على يد العالم جيمس برادلي James Bradley عام 1732م. كما يجب أن تناقش الإجابات القياسات التي تمت لمرور كوكب الزهرة والتي رصدت في تسعينيات القرن السابع عشر.

56. استكشف جهود الفلكيين في اكتشاف كواكب حول نجوم أخرى غير الشمس، وما الطرائق التي استعملها الفلكيون؟ وما القياسات التي أجروها وحصلوا عليها؟ وكيف استعملوا القانون الثالث لكبلر؟

تمكّن علماء الفلك من قياس السرعة الصغيرة للنجوم الناتجة عن قوى جاذبية الكواكب الضخمة المؤثرة فيها، حيث تمّ حساب السرعة من خلال قياس انزياح دوبلر لضوء النجم الناتج عن هذه الحركة. وتتذبذب السرعة بسبب دوران الكواكب حول النجم، مما أتاح لهم حساب الزمن الدوري للكوكب. وبمعرفة السرعة يمكن تقدير أبعاد الكوكب وكتلته. وبمقارنة أبعاد الكواكب في المجموعة الشمسية وأزمانها الدوريّة بكواكب متعدّدة، وباستعمال القانون الثالث لكبلر، يمكن للفلكيين أن يحصلوا على أبعاد النجوم والكواكب وكتلها بصورة أفضل.

مراجعة تراكمية

صفحة 88

57. الطائرات أقلعت طائرة من مدينة الدمام عند الساعة 2:20 بعد الظهر، وهبطت في مطار الرياض عند الساعة 3:15 بعد الظهر من اليوم نفسه. فإذا كان متوسط سرعة الطائرة في الهواء 441.0 km /h، فما مقدار المسافة بين المدينتين؟

$$\Delta t = 55\ \text{min} = 0.971\ \text{h}$$

$$\bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

$$\Delta d = \bar{v}\,\Delta t$$

$$= (441.0\ \text{km/h})(0.917\ \text{h})$$

$$= 404\ \text{km}$$

58. حشرة البطاطس تدور حشرة كتلتها 1.0 g حول الحافة الخارجية لقرص قطره 17.2 cm بسرعة 0.63 cm /s. ما مقدار القوة المركزية المؤثرة في الحشرة؟ وما المصدر الذي يسبب هذه القوة؟

$$F_C = \frac{mv^2}{r} = \frac{(0.0010\ \text{kg})(0.0063\ \text{cm})^2}{(0.086\ \text{m})} = 5.0\times10^{-7}\ \text{N}$$

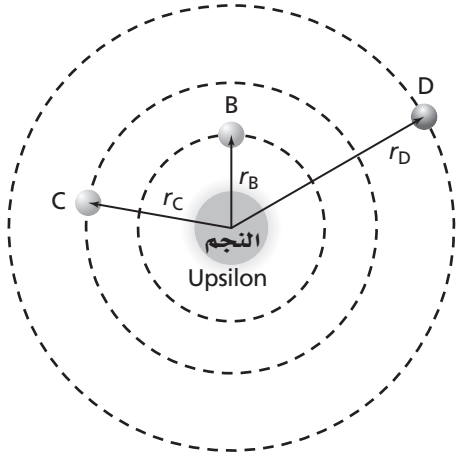
مصدر القوة هو قوة الاحتكاك بين الحشرة والثمرة.

/https://www.facebook.com/Physics-Way-585234978576403

مسألة تحفيز

صفحة 68

اكتشف الفلكيون ثلاثة كواكب تدور حول النجم Upsilon هي: الكوكب B الذي يبلغ نصف قطر مداره 0.059 AU وزمنه الدوري 4.6170 أيام، والكوكب C ويبلغ نصف قطر مداره 0.829 AU وزمنه الدوري 241.5 يومًا، والكوكب D الذي يبلغ نصف قطر مداره 2.53 AU وزمنه الدوري 1284 يومًا. (المسافة بين الأرض والشمس تساوي 1.00 AU)



1. هل تحقق هذه الكواكب القانون الثالث لكبلر؟

تحقق من ذلك عن طريق حساب النسبة التالية: $\frac{r^3}{T^2}$

للكوكب B: $\frac{r_B^{\ 3}}{T_B^{\ 2}} = 9.6\times10^{-6}\ \text{AU}^3/\text{days}^2$

للكوكب C: $\frac{r_C^{\ 3}}{T_C^{\ 2}} = 9.77\times10^{-6}\ \text{AU}^3/\text{days}^2$

للكوكب D: $\frac{r_D^{\ 3}}{T_D^{\ 2}} = 9.82\times10^{-6}\ \text{AU}^3/d\text{ays}^2$

وهذا يتفق مع القانون الثالث لكبلر.

2. أوجد كتلة النجم Upsilon بدلالة كتلة الشمس.

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{Gm_{\text{الجسم المركزي}}}{4\pi^2}$$

لنظام الأرض— الشمس

$$\frac{r^3}{T^3} = (1.000\ \text{AU})^3/(1.000\ \text{yr})^2 = 1.000\ \text{AU}^3/\text{yr}^2$$

لنظام الكوكب C — Upsilon

$$\begin{aligned}\frac{r^3}{T^3} &= 9.77\times10^{-6}\ \text{AU}^3/\text{days}^2\\ &= (9.77\times10^{-6}\ \text{AU}^3/\text{day}^2)(365\ \text{day/yr})^2\\ &= 1.3\ \text{AU}^3/\text{yr}^2\\ &= \frac{Gm_{\text{النجم}}}{4\pi^2}\end{aligned}$$

النسبة بينهما تبين أن كتلة النجم تساوي 1.3 مرة كتلة الشمس.