مراجعة الفيزياء
الصف التاسع
الفصل الثاني

الوحدة 5
الإزاحة والقوة في بُعدين
الفكرة الرئيسة يمكن وصف القوى في بُعدين باستخدام جمع المتجهات وتحليلها.
الأقسام
1 المتجهات
2 الاحتكاك
3 القوى في بُعدين

القسم 1 :المتجهات

الفكرة الرئيسة

يُمكن تحليل كل المتجهات إلى المركّبين x وy.

الأسئلة الرئيسة

- كيف تجمع المتجهات بيانيًا؟
- ما مركبات المتجهات؟
- كيف تُجمع المتجهات جبريًا؟

مراجعة المفردات

المتجه vector كمية لها مقدار واتجاه

المفردات الجديدة

المركبات components

تحليل المتجهات vector resolution

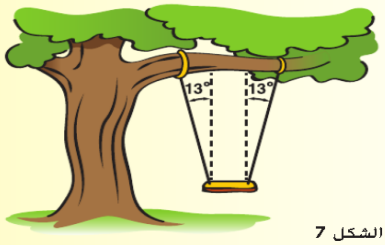
تطبيق

1. تسير سيارة 125.0 km غربًا ثم 65.0 km جنوبًا. ما مقدار إزاحتها؟ أوجد حل هذه المسألة بالرسم ورياضيًا وقارن إجاباتك ببعضها.
2. يمشي متسوّقان من باب المركز التجاري إلى سيارتهما. قطعا مسافة 250.0 m على طول ممر السيارات ثم اتجها يمينًا بزاوية 90° وقطعا مسافة أخرى 60.0 m. كم تبعد سيارة المتسوقَين عن باب المركز التجاري؟ أوجد حل هذه المسألة بالرسم ورياضيًا وقارن إجاباتك ببعضها.
3. يمشي مسافر 4.5 km في اتجاه واحد ثم يتجه يمينًا بزاوية 45° ويمشي 6.4 km أخرى. ما مقدار إزاحة المسافر؟
4. **التحدي** تمشي نملة على الرصيف. أولاً مسافة 5.0 cm جنوبًا. ثم تتجه إلى الجنوب الغربي وتمشي 4.0 cm. ما مقدار إزاحة النملة؟

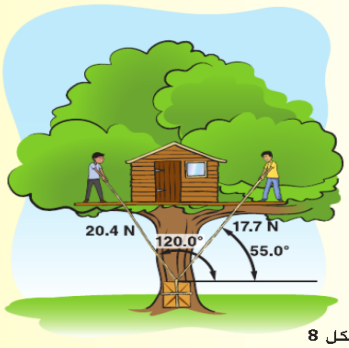
تطبيق

أوجد حل المسائل 5–10 جبريًا. يمكنك أيضًا حل بعضها بالرسم للتحقق من إجاباتك.

5. يقطع فهد مسافة 0.40 km في اتجاه بزاوية 60.0° باتجاه غرب الشمال ثم يقطع مسافة 0.50 km غربًا. كم تبلغ إزاحته؟
6. تقطع أولاً مسافة 8.0 km شمالاً من البيت ثم تمشي شرقًا حتى تكون إزاحتك من البيت 10.0 km. ما مقدار المسافة التي قطعتها شرقًا؟
7. في نظام إحداثي يوجد فيه المحور x الموجب باتجاه الشرق، كم مجموعة من الزوايا على مركب x الموجب؟ كم مجموعة على المركب السالب؟
8. هل يمكن أن يكون المتجه أقصر من مركب من مركباته؟ هل يمكن أن يساوي المتجه مركبًا من مركباته في الطول؟ اشرح.
9. يوجد حبلان مربوطان في فرع شجرة لتعليق أرجوحة طفل كما هو موضح في **الشكل 7**. تبلغ قوة الشد في كل حبل 2.28 N. ما القوة المحصلة (بالمقدار والاتجاه) التي يؤثر بها الحبلان في الأرجوحة؟
10. **التحدي** يذهب فارس وهيثم إلى النوم في منزلهما المبني على شجرة ويستخدمان بعض الحبال لسحب صندوق كتلته 3.20 kg يحتوي على الوسائد والأغطية الخاصة بهم. يقف الولدان على فروع مختلفة كما هو موضح في **الشكل 8** ويسحبان الصندوق بالزوايا ذات القوى المحددة. أوجد مركبات x وy لمحصلة القوة التي تؤثر في الصندوق. تلميح: ارسم مخطط لجسم حر لكي لا تهمل قوة.



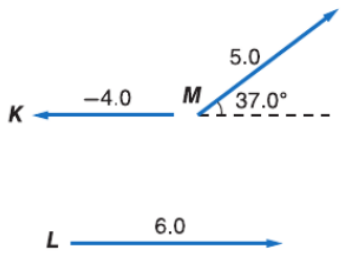
الشكل 7



الشكل 8

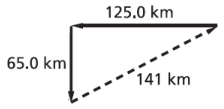
القسم 1 مراجعة

11. **الفكرة الرئيسة** أوجد مركبات المتجه M الموضح في **الشكل 9**.



الشكل 9

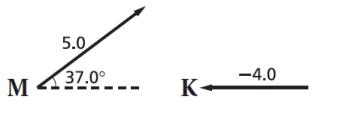
12. **مركبات المتجهات** أوجد مركبات المتجهين K وL في **الشكل 9**.
13. **مجموع المتجهات** أوجد مجموع المتجهات الثلاثة الموضحة في **الشكل 9**.
14. **طرح المتجهات** اطرح المتجه K من المتجه L الموضح في **الشكل 9**.
15. **العمليات الإبدالية** يقول علماء الرياضيات إن جمع المتجهات عملية إبدالية لأن ترتيب المتجهات المضافة غير مهم.
    a. استخدم متجهات من **الشكل 9** لتثبت بيانيًا أن $M + L = L + M$.
    b. ما العملية الحسابية العادية (الجمع والطرح والضرب والقسمة) التي تُعد إبدالية؟ ما العملية غير الإبدالية؟ أعطِ مثالاً لكل عملية لدعم استنتاجك.
16. **المسافة والإزاحة** هل المسافة التي تمشيها تساوي مقدار إزاحتك؟ أعطِ مثالاً يدعم استنتاجك.
17. **التفكير الناقد** تنقل صندوقًا من خلال إزاحة واحدة ثم من خلال إزاحة ثانية. مقدارا الإزاحتين غير متساوي. هل يمكن أن يكون للإزاحات اتجاهات تجعل الإزاحة المحصلة تساوي صفرًا؟ لنفترض أنك نقلت الصندوق من خلال ثلاث إزاحات غير متساوية المقدار. هل يمكن أن تساوي الإزاحة المحصلة صفرًا؟ ادعم استنتاجك برسم.

1	قطعت سيارة 125.0 km في اتجاه الغرب، ثم 65.0 km في اتجاه الجنوب. فما مقدار إزاحتها؟ حل المسألة بطريقة الرسم وبالطريقة الحسابية. $R^2 = A^2 + B^2$ $R = \sqrt{(A^2 + B^2)}$ $= \sqrt{(65.0\ \text{km})^2 + (125.0\ \text{km})^2}$ $= 141\ \text{km}$ 
2	
3	سار شخص 4.5 km في اتجاه ما، ثم انعطف بزاوية 45° في اتجاه اليمين، وسار مسافة 6.4 km. ما مقدار إزاحته؟ $R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$ $R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta}$ $= \sqrt{(4.5\ \text{km})^2 + (6.4\ \text{km})^2 - 2(4.5\ \text{km})(6.4\ \text{km})(\cos 135^\circ)}$ $= 1.0 \times 10^1\ \text{km}$
4	
5	يمشي أحمد مسافة 0.40 km بزاوية 60° غرب الشمال، ثم يمشي 0.50 km غربًا. ما إزاحة أحمد؟ **حدّد الاتجاهين (الشمال والغرب) على أنهما اتجاهان موجبان** $d_{1W} = d_1 \sin\theta = (0.40\ \text{km})(\sin 60.0^\circ) = 0.35\ \text{km}$ $d_{1N} = d_1 \cos\theta = (0.40\ \text{km})(\cos 60.0^\circ) = 0.20\ \text{km}$ $d_{2W} = 0.50\ \text{km} \qquad d_{2N} = 0.00\ \text{km}$ $R_W = d_{1W} + d_{2W} = 0.35\ \text{km} + 0.50\ \text{km} = 0.85\ \text{km}$ $R_N = d_{1N} + d_{2N} = 0.20\ \text{km} + 0.00\ \text{km} = 0.20\ \text{km}$ $R = \sqrt{(R_W^2 + R_N^2)}$ $= \sqrt{(0.85\ \text{km})^2 + (0.20\ \text{km})^2}$ $= 0.87\ \text{km}$ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_W}{R_N}\right)$ $= \tan^{-1}\left(\frac{0.85\ \text{km}}{0.20\ \text{km}}\right)$ $= 77^\circ$ $R = 0.87\ \text{km}$ في اتجاه يصنع زاوية 77° غرب الشمال.

6	**5.** إذا بدأت الحركة من منزلك فقطعت 8.0 km شمالاً، ثم انعطفت شرقًا حتى أصبحت إزاحتك من المنزل 10.0 km، فما مقدار إزاحتك شرقًا؟ **المحصلة تساوي 10.0 km. وباستخدام نظرية فيثاغورس، فإن المسافة التي قطعتها نحو الشرق تحسب على النحو الآتي:** $R^2 = A^2 + B^2$ **و عليه فإن:** $B = \sqrt{(R^2 - A^2)}$ $= \sqrt{(10.0\ \text{km})^2 - (8.0\ \text{km})^2}$ $= 6.0\ \text{km}$
7	• في النظام الإحداثي الذي يشير فيه المحور x إلى الشرق، ما مدى الزوايا الذي تكون فيه المركّبة x موجبة؟ وما مدى الزوايا الذي تكون فيه سالبة؟ **تكون المركّبة x موجبة عند الزوايا الأقلّ من 90° والأكبر من 270°، وتكون سالبة عند الزوايا الأكبر من 90° والأقلّ من 270°.**
8	هل يمكن لمتجه أن يكون أقصر من إحدى مركّبتيه أو مساويًا لطولها؟ وضح ذلك. **لا يمكن أن يكون المتّجه أقصر من إحدى مركّبتيه، ولكن إذا انطبق المتّجه على المحور x أو المحور y فإنّ إحدى مركّبتيه تساوي طوله.**
9	أرجوحة طفل معلّقة بحبلين يميلان عن الرأسي بزاوية 13.0°، وهما مربوطان إلى فرع شجرة. فإذا كان الشد في كل حبل 2.28 N فما مقدار واتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الحبلان في الأرجوحة؟ **ستكون القوة إلى أعلى مباشرة. ولما كانت الزاويتان متساويتين فإن القوتين الأفقيتين تكونان متساويتين مقدارًا ومتعاكستين اتجاهًا؛ لذا تلغي كل منهما الأخرى. أما مقدار القوة الرأسية فتحسب على النحو الآتي:** $F_{\text{المحصلة}} = F_{\text{الحبل 1 في الأرجوحة}} \cos\theta + F_{\text{الحبل 2 في الأرجوحة}} \cos\theta$ $= 2F_{\text{الحبل 2 في الأرجوحة}} \cos\theta$ $= (2)(2.28\ \text{N})(\cos 13.0^\circ)$ $= 4.44\ \text{N}$ **في اتجاه الأعلى**
10	$F_{x,\text{أحمد في الصندوق}} = F_{\text{أحمد في الصندوق}} \cos\theta_A$ $= (20.4\ \text{N})(\cos 120^\circ)$ $= -10.2\ \text{N}$ $F_{y,\text{أحمد على الصندوق}} = F_{\text{أحمد في الصندوق}} \sin\theta_A$ $= (20.4\ \text{N})(\sin 120^\circ)$ $= 17.7\ \text{N}$ $F_{x,\text{عبدالله في الصندوق}} = F_{\text{عبدالله في الصندوق}} \cos\theta_A$ $= (17.7\ \text{N})(\cos 55^\circ)$ $= 10.2\ \text{N}$ $F_{y,\text{عبدالله في الصندوق}} = F_{\text{عبدالله في الصندوق}} \sin\theta_A$ $= (17.7\ \text{N})(\sin 55^\circ)$ $= 14.5\ \text{N}$ $F_{g,x} = 0.0\ \text{N}$ $F_{g,y} = -mg$ $= -(3.20\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$ $= -31.4\ \text{N}$ $F_{x,\text{المحصلة في الصندوق}} = F_{x,\text{أحمد في الصندوق}} + F_{x,\text{عبدالله في الصندوق}} + F_{g,x}$ $= -10.2\ \text{N} + 10.2\ \text{N} + 0.0\ \text{N}$ $= 0.0\ \text{N}$ $F_{y,\text{المحصلة في الصندوق}} = F_{y,\text{أحمد في الصندوق}} + F_{y,\text{عبدالله في الصندوق}} + F_{g,y}$ $= 17.7\ \text{N} + 14.5\ \text{N} - 31.4\ \text{N}$ $= 0.8\ \text{N}$ **القوة المحصلة تساوي 0.8 N في اتجاه الأعلى.**

11

10. طرح مُتّجه في الشكل 7–5 اطرح المُتّجه **K** من المتجه **L**.



■ الشكل 7–5

إلى جهة اليمين $6.0 - (-4.0) = 10.0$

12

13

جمع **المُتّجهات** أوجد محصلة المُتّجهات الثلاثة المبينة في الشكل 7–5.

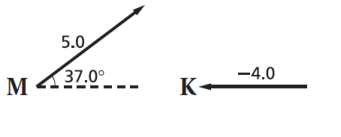
$$R_x = K_x + L_x + M_x$$
$$= -4.0 + 6.0 + 4.0$$
$$= 6.0$$
$$R_y = K_y + L_y + M_y$$
$$= 0.0 + 0.0 + 3.0$$
$$= 3.0$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$
$$= \sqrt{6.0^2 + 3.0^2}$$
$$= 6.7$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{3}{6}\right)$$
$$= 27^\circ$$

$R = 6.7$ **في اتجاه يصنع زاوية** 27° **على الأفقي.**

14

طرح مُتّجه في الشكل 7–5 اطرح المُتّجه **K** من المتجه **L**.



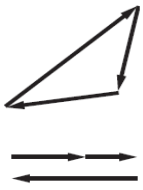
■ الشكل 7–5

إلى جهة اليمين $6.0 - (-4.0) = 10.0$

15

عمليات إبدالية إن الترتيب في جمع المتجهات غير مهم. ويقول علماء الرياضيات إن عملية جمع المتجه عملية إبدالية. فأيُّ العمليات الحسابية المألوفة عملية إبدالية؟ وأيها غير إبدالية؟

عمليتا الجمع والضرب عمليتان إبداليتان، أمّا عمليتا الطّرح والقسمة فليستا كذلك.

16	. **المسافة مقابل الإزاحة** هل تساوي المسافة التي تمشيها مقدار إزاحتك؟ أعط مثالاً يدعم استنتاجك. **ليس ضروريًا؛ فعلى سبيل المثال، يمكنني المشي حول منطقة سكنية على شكل مربع طول ضلعه 1 km، والعودة إلى النقطة نفسها التي بدأت منها، فتكون الإزاحة في هذه الحالة صفرًا ولكن المسافة تساوي 4 km.**
17	. **التفكير الناقد** أَزيح صندوق، ثم أزيح إزاحة أخرى يختلف مقدارها عن مقدار الإزاحة الأولى. هل يمكن أن يكون للإزاحتين اتجاهان بحيث يجعلان الإزاحة المحصلة تساوي صفرًا؟ افترض أن الصندوق حُرّك خلال ثلاث إزاحات مقاديرها غير متساوية، فهل يمكن أن تساوي الإزاحة المحصلة صفرًا؟ ادعم استنتاجك برسم تخطيطي. **لا، ولكن إذا كان هناك ثلاث إزاحات، وشكّلت المتّجهات الممثلة لهذه الإزاحات مثلثًا مغلقًا عند رسمها بطريقة الرأس إلى الذيل، أو إذا كان مجموع متّجهي إزاحتين يساوي متجه الإزاحة الثالث في المقدار ويعاكسه في الاتجاه، فإنّ محصلتها تساوي صفرًا.** 

القسم 2 :الاحتكاك

الفكرة الرئيسة

الاحتكاك عبارة عن قوة بين سطحَين متلامسين.

الأسئلة الرئيسة

- ماذا يقصد بقوة الاحتكاك؟
- ما أوجه الاختلاف بين الاحتكاك السكوني والحركي؟

مراجعة المفردات

القوة force الدفع أو السحب الذي يمارس على جسما ما

المفردات الجديدة

الاحتكاك الحركي
kinetic friction
الاحتكاك السكوني static friction
معامل الاحتكاك الحركي
coefficient of kinetic friction
معامل الاحتكاك السكوني
coefficient of static friction

تطبيق

18. تؤثر مروة بقوة أفقية ثبلغ 36 N وهي تسحب مزلجة وزنها 52 N على رصيف من الأسمنت بسرعة ثابتة. ما معامل الاحتكاك الحركي بين الرصيف الجانبي والمزلجة المعدنية؟ تجاهل مقاومة الهواء.

19. يسحب حسن صندوقًا ممتلئًا بالكتب من مكتبه إلى سيارته. يبلغ إجمالي وزن كل من الصندوق والكتب معًا 134 N. إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الرصيف والصندوق يبلغ 0.55، فما مقدار القوة التي يجب أن يدفع حسن بها الصندوق في اتجاه أفقي لكي يبدأ في التحرك؟

20. يجلس مروان على سجادة صغيرة موضوعة على أرضية خشبية مصقولة. يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين السجادة والأرضية الخشبية الزلقة 0.12 فقط. إذا كان مروان يزن 650 N، فما مقدار القوة الأفقية اللازمة لسحب السجادة ومروان على الأرضية بسرعة ثابتة؟

21. **التحدي** تحتاج إلى أن تحرّك أريكة كتلتها 105 kg إلى مكان مختلف في الغرفة. تحتاج إلى قوة تبلغ 403 N لكي تبدأ الأريكة في التحرك. ما معامل الاحتكاك السكوني بين الأريكة والسجادة؟

تطبيق

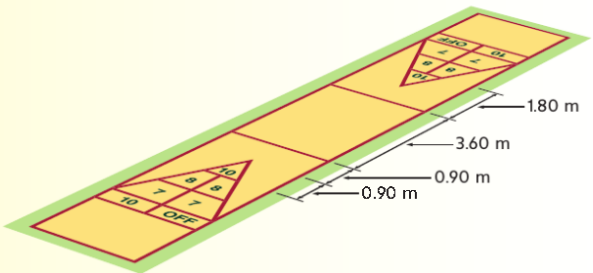
22. ينزلق قالب كتلته 1.4 kg على سطح خشن بحيث تقل سرعة القالب بمعدل $1.25\ m/s^2$. كم يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين القالب والسطح؟

23. تريد أن تحرّك خزانة كتب كتلتها 41 kg إلى مكان مختلف في غرفة المعيشة. إذا كنت تدفع بقوة ثبلغ 65 N وتتسارع خزانة الكتب بمعدل $0.12\ m/s^2$، فكم يبلغ معامل الاحتكاك الحركي بين خزانة الكتب والسجادة؟

24. افترض أن القوة التي تدفع بها الصندوق هي الواردة في مثال المسألة 4. ما المدة المستغرقة لكي تتضاعف سرعة الصندوق لتصبح 2.0 m/s ؟

25. يقود عمر بسرعة 23 m/s. يرى فرع شجرة مرميًا على الطريق. يبدأ بالضغط على الفرامل عندما كان فرع الشجرة على بعد 60.0 m أمامه. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الإطارات المثبتة في السيارة والطريق 0.41، فهل ستتوقف السيارة قبل الاصطدام بالفرع؟ علمًا بأن كتلة السيارة 1200 kg.

26. **التحدي** يدفع فهد قرص في لعبة الأقراص، بسرعة 6.5 m/s كما هو موضح في **الشكل 13**. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين القرص والملعب الصلب يبلغ 0.31، فما المسافة التي يقطعها القرص قبل أن يتوقف؟ هل ستتوقف رمية فهد في الجزء المقسم إلى 10 نقاط في الملعب؟



الشكل 13

https://elib.moe.

القسم 2 مراجعة

27. **الفكرة الرئيسة** قارن بين الاحتكاك السكوني والاحتكاك الحركي. ما أوجه الشبه بين قوى الاحتكاك، وما أوجه الاختلاف بينها؟

28. **الاحتكاك** ولد يركض على المسرح ثم ينزلق على ركبتيه حتى تقترب كتلته تقريبا 25 kg. إذا كان معامل لاحتكاك الحركي بين سروال الولد والأرضية 0.15، فما مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة فيه أثناء الانزلاق؟

29. **السرعة** تلعب دينا بالبطاقات مع صديقاتها، وحان دورها في التوزيع. تبلغ كتلة البطاقة 2.3 g، وتُدفع مسافة 0.35 m على الطاولة قبل أن تتوقف. إذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين البطاقة والطاولة 0.24، فكم كانت تبلغ السرعة الابتدائية للبطاقة عندما خرجت من يد دينا؟

30. **القوة** يبلغ معامل الاحتكاك السكوني بين طاولة الحديقة التي كتلتها 40.0 kg والأرض أسفل الطاولة 0.43. ما مقدار أكبر قوة أفقية التي يمكن التأثير بها على الطاولة من دون تحريك الطاولة؟

31. **التسارع** تدفع طاولة كتلتها 13 kg في المقصف بقوة أفقية تبلغ 20 N، لكن الطاولة لا تتحرك. تدفع بعد ذلك الطاولة بقوة أفقية تبلغ 25 N، وتتسارع بمعدل $0.26\ m/s^2$. ما الذي يمكنك استنتاجه، بشأن معاملات الاحتكاك السكوني والحركي؟ اذكر أي استنتاج.

32. **التفكير الناقد** تنتقل رزان إلى شقة جديدة وتضع خزانة الملابس في الجزء الخلفي من شاحنتها الصغيرة. عندما تبدأ الشاحنة في التحرك بسرعة للأمام، كم تبلغ القوة التي تسبب تسارع الخزانة؟ اذكر الحالات التي يمكن أن تنزلق فيها الخزانة؟ وفي أي اتجاه؟

18	٠ يؤثر فتى بقوة أفقية مقدارها 36 N في زلاجة وزنها 52 N عندما يسحبها على رصيف أسمنتي بسرعة منتظمة. ما معامل الاحتكاك الحركي بين الرصيف والزلاجة الفلزية؟ أهمل مقاومة الهواء. $F_N = mg = 52\ N$ **لما كانت السرعة ثابتة، فإن قوة الاحتكاك تساوي القوة التي يؤثر بها الفتى في الزلاجة، وتساوي 36 N.** $f_k = \mu_k F_N$ **وعليه فإن:** $\mu_k = \frac{f_k}{F_N}$ $= \frac{36\ N}{52\ N}$ $= 0.69$
19	يدفع عامر صندوقًا ممتلئًا بالكتب من مكتبه إلى سيارته. فإذا كان وزن الصندوق والكتب معًا 134 N ومعامل الاحتكاك السكوني بين البلاط والصندوق 0.55، فما مقدار القوة التي يجب أن يدفع بها عامر حتى يبدأ الصندوق في الحركة؟ $F_{\text{عامر في الصندوق}} = f_s$ $= \mu_s F_N$ $= \mu_s mg$ $= (0.55)(134\ N)$ $= 74\ N$
20	
21	
22	٠ تنزلق قطعة خشبية كتلتها 1.4 kg على سطح خشن، فتتباطأ بتسارع مقداره $1.25\ m/s^2$. ما معامل الاحتكاك الحركي بين القطعة الخشبية والسطح؟ $F_{\text{المحصلة}} = \mu_k F_N$ $ma = \mu_k mg$ $\mu_K = \frac{a}{g}$ $= \frac{1.25\ m/s^2}{9.80\ m/s^2}$ $= 0.128$

23	ساعدت والدك لتحرِّكا خزانة كتب كتلتها 41 kg في غرفة المعيشة. فإذا دُفعت الخزانة بقوة 65 N وتسارعت بمقدار $0.12\ m/s^2$، فما معامل الاحتكاك الحركي بين الخزانة والسجادة؟	$F_{\text{المحصلة}} = F - \mu_k F_N = F - \mu_k mg = ma$ $\mu_k = \frac{F - ma}{mg}$ $= \frac{65\ N - (41\ kg)(0.12\ m/s^2)}{(41\ kg)(9.80\ m/s^2)}$ $= 0.15$
24		
25	عندما كان عبد الله يقود سيارته في ليلة ممطرة بسرعة 23 m/s، شاهد فرع شجرة ملقى على الطريق فضغط على المكابح. إذا كانت المسافة بين السيارة والفرع لحظة الضغط على المكابح 60.0 m، وكان معامل الاحتكاك الحركي بين إطارات السيارة والطريق 0.41، فهل تتوقف السيارة قبل أن تصطدم بالفرع، علمًا بأن كتلة السيارة 2400 kg؟	حدّد الاتجاه الموجب على أنه اتجاه حركة السيارة. $F_{\text{المحصلة}} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$ $a = -\mu_k g$ ثم أوجد المسافة باستعمال المعادلة الآتية: $v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$ وعوّض $d_i = 0$، ومن ثم حل المعادلة بالنسبة لـ d_f. $d_f = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$ $= \frac{v_f^2 - v_i^2}{(2)(-\mu_k g)}$ $= \frac{(0.0\ m/s)^2 - (23\ m/s)^2}{(2)(-0.41)(9.80\ m/s^2)}$ $= 66\ m$
26		
27	التشابه: يؤثر كل منهما في اتجاه يعاكس حركة الجسم (عندما يكون متحركًا أو على وشك الحركة) وينتجان من احتكاك سطحين معًا.	الاختلاف: ينشأ الاحتكاك السكوني عندما لا يكون هناك حركة نسبية بين سطحين، أمّا الاحتكاك الحركي فينتج عندما يكون هناك حركة نسبية بينهما. ومعامل الاحتكاك السكوني بين سطحين أكبر من معامل الاحتكاك الحركي بين السطحين نفسيهما.

28

• **قوة الاحتكاك** انزلق صندوق كتلته 25 kg على أرضية صالة رياضية ثم توقف. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق وأرضية الصالة 0.15، فما مقدار قوة الاحتكاك التي أثرت فيه؟

$$f_k = \mu_k F_N$$
$$= \mu_k mg$$
$$= (0.15)(25\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 37\ \text{N}$$

29

سرعة ألقى أحمد بطاقة فانزلقت على سطح الطاولة مسافة 0.35 m قبل أن تتوقف. إذا كانت كتلة البطاقة 2.3 g، ومعامل الاحتكاك الحركي بينها وبين سطح الطاولة0.24، فما السرعة الابتدائية للبطاقة؟

حدّد اتجاه حركة البطاقة على أنه الاتجاه الموجب.

$$F_{\text{المحصلة}} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$$
$$a = -\mu_k g$$
$$v_f = d_i = 0$$
$$v_i = \sqrt{-2ad_f}$$
$$= \sqrt{-2(-\mu_k g)\, d_f}$$
$$= \sqrt{-2(-0.24)(9.80\ \text{m/s}^2)(0.35\ \text{m})}$$
$$= 1.3\ \text{m/s}$$

30

قوة إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين طاولة كتلتها 40.0 kg وسطح الأرض يساوي 0.43، فما أكبر قوة أفقية يمكن أن تؤثر في الطاولة دون أن تحركها؟

$$f_s = \mu_s F_N$$
$$= \mu_s mg$$
$$= (0.43)(40.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)$$
$$= 1.7\times10^2\ \text{N}$$
$$= 170\ \text{N}$$

31

تُدفع طاولة كتلتها 13 kg بقوة أفقية مقدارها 20 N، دون أن تحركها، وعندما دفعتها بقوة أفقية 25 N اكتسبت تسارعًا مقداره 0.26 m /s². ما الذي يمكن أن تستنتجه عن معاملي الاحتكاك السكوني والحركي؟

يمكنك أن تحدد بناءً على جزء الانزلاق في تجربتك أنّ معامل الاحتكاك الحركي بين الطاولة والأرض يساوي:

$$f_k = F_{\text{في الطاولة}} - F_{\text{محصلة}}$$
$$\mu_k F_N = F_{\text{في الطاولة}} - ma$$
$$\mu_k = \frac{F_{\text{في الطاولة}} - ma}{mg}$$
$$= \frac{25\ \text{N} - (13\ \text{kg})(0.26\ \text{m/s})}{(13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 0.17$$

كل ما يمكنك أن تستنتجه حول معامل الاحتكاك السكوني أن مقداره بين:

$$\mu_s = \frac{F_{\text{في الطاولة}}}{mg}$$
$$= \frac{20\ \text{N}}{(13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 0.16$$

و

$$\mu_s = \frac{F_{\text{في الطاولة}}}{mg}$$
$$= \frac{25\ \text{N}}{(13\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)}$$
$$= 0.20$$

$$0.16 \le \mu_s < 0.20$$

32

القسم 3: القوى في بعدين

الفكرة الرئيسة

يتزن الجسم عندما تكون محصلة القوة في الاتجاه x والاتجاه y صفرًا.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكن إيجاد القوة اللازمة لتحقيق الاتزان؟
- كيف تُحلّل مركّبتي متجهات القوة للحركة على سطح مائل؟

مراجعة المفردات

الاتزان equilibrium الحالة التي تساوي فيها محصلة القوة المؤثرة في جسم ما صفرًا

المفردات الجديدة

قوة التوازن	**equilibrant**

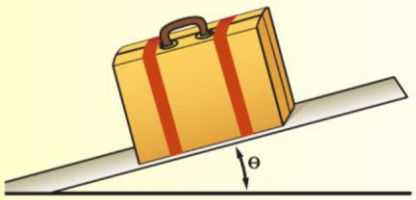
تطبيق

33. تصعد نملة بسرعة ثابتة كثيبَ نمل يميل عن المستوى الرأسي بزاوية $30.0°$. ارسم مخطط الجسم الحر لهذه النملة.

34. حرّك عمر وأحمد طاولةً بعيدًا عن أشعة الشمس. كان على الطاولة كأسٌ من عصير الليمون، وكانت كتلة الكأس $0.44\ kg$. رفع أحمد طرف الطاولة من ناحيته قبل أن يرفع عمر الطرف المقابل، فمالت الطاولة على المستوى الأفقي بزاوية $15.0°$. أوجِد مركّبتي وزن الكأس الموازية لسطح الطاولة والعمودية عليه.

35. ينزلق طفلٌ، الذي كتلته $43.0\ kg$، على عمود درابزين في منزل جدّيه. إذا كان عمود الدرابزين يصنع زاوية $35.0°$ مع المستوى الأفقي، فما مقدار القوة العمودية بين علي وعمود الدرابزين؟

36. التحدي وُضعت حقيبة على سطح مائل كما هو موضح في **الشكل 18**. ما مقدار الزاوية θ المطلوبة لتكون مركّبة وزن الحقيبة الموازية للسطح مساويةً لنصف مقدار مركّبة وزنها العمودية عليه؟



الشكل 18

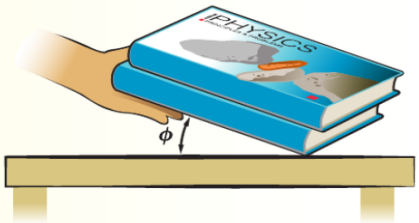
تطبيق

37. ارجع إلى الصندوق الموجود على السطح المائل في مثال 5. احسب مقدار التسارع. ما مقدار سرعة الصندوق بعد مرور $4.00\ s$؟

38. قرّر جمال أن يجرب الانزلاق إلى أسفل المنحدر المستخدم في مثال المسألة 6. لكن اختلف انزلاق جمال عن انزلاق عمر. فبعد أن دفع مُراد نفسه ليبدأ الانزلاق، انزلق بسرعة ثابتة. ما معامل الاحتِكاك الحرَكيّ بين جمال وسطح المنحدر؟

39. انزلقت دالية، التي كتلتها $45\ kg$، إلى أسفل منزلق مائل على المستوى الأفقي بزاوية $45°$. إذا كان معامل الاحتِكاك الحرَكيّ بين دالية وسطح المنزلق 0.25، فما مقدار تسارعها؟

40. التحدي وضعتَ كتابَي فيزياء أحدهما فوق الآخر كما هو موضح في **الشكل 19**. وقمتَ بإمالة الكتاب السفلي بالقدر الذي يبدأ معه الكتاب العلوي في الانزلاق. أجريتَ خمسَ محاولات وقستَ الزوايا الموضحة في **الجدول 3**.



الشكل 19

الجدول 3 المحاولات وزاوية الميل

المحاولة	ϕ
1	21°
2	17°
3	21°
4	18°
5	19°

a. ما متوسط الزاوية ϕ المقيسة خلال المحاولات الخمس؟

b. ما مقدار معامل الاحتكاك السكوني بين غلافَي الكتابَين؟ استخدام متوسط الزاوية ϕ الذي أوجدتَه في السؤال **(a)**.

c. إذا افترضنا أنك قستَ تسارع الكتاب العلوي إلى أسفل فوجدتَه $1.3\ m/s^2$. فما مقدار معامل الاحتِكاك الحرَكيّ؟ افترض أن الزاوية ϕ تساوي قيمة المتوسط الذي أوجدتَه في السؤال **(a)**.

القسم 3 مراجعة

41. الفكرة الرئيسة يُسحب متزلجٌ على الماء كتلتُه $63\ kg$ بحبل على سطح مائل يصنع زاوية $14.0°$ مع المستوى الأفقي بقوة شد في الحبل تعادل $512\ N$. إذا كان معامل الاحتِكاك الحرَكيّ بين الشخص المتزلّج والسطح المائل 0.27. فما مقدار تسارع الشخص المتزلّج؟ وما اتجاهه؟

42. القوى من طرائق تخليص سيارتك من الغَرز أن تربط طرف حبل متين بالسيارة وطرفه الآخر بشجرة، ثم تسحب الحبل من نقطة المنتصف بزاوية قائمة على الحبل. ارسم مخطط الجسم الحر ثم وضّح كيف يُمكن أن تكون القوة المؤثرة في السيارة كبيرةً حتى لو بذلتَ قوةً صغيرة عند سحب الحبل.

43. الكتلة تُعلّق لوحة النتائج الإلكترونية في سقف صالة ألعاب رياضية باستخدام عشرة أسلاك متينة. تصنع ستة من هذه الأسلاك زاوية $8.0°$ مع المستوى الرأسي، بينما تصنع الأسلاك الأربعة الأخرى زاوية $10.0°$ مع المستوى الرأسي. إذا كان الشد في كل سلك $1300\ N$، فما مقدار كتلة لوحة النتائج الإلكترونية؟

44. جمع المتجهات ما مجموع المتجهات الثلاثة التي تُشكّل مثلثًا عند وضع رأس متجه على ذيل آخر؟ إذا كانت هذه المتجهات تمثل القوى المؤثرة في جسم ما، فما الذي يعنيه ذلك بالنسبة إلى حالة الجسم؟ صِف الحركة الناتجة عن هذه القوى الثلاث المؤثرة في الجسم.

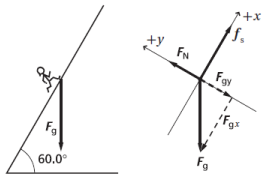
45. الاتزان تُعلّق لوحة فنية بسلكَين طويلَين. سينقطع السلكان إذا كانت القوة المؤثرة فيهما كبيرة جدًا. هل يجب أن تُعلّق اللوحة كما في الشكل العلوي أم كما في الشكل السفلي في **الشكل 20**؟ اشرح.

الشكل 20

46. التفكير الناقد هل يمكن أن يكون لمعامل الاحتكاك قيمةٌ، بحيث يتمكن طفل من الوصول إلى قمة منحدر بسرعة متجهة ثابتة؟ اشرح لم أو لم لا. افترض عدم وجود قوة دفع أو سحب أخرى تؤثر في الطفل.

33

29. يصعد شخص بسرعة ثابتة تلاً يميل على الرأسي بزاوية °60. ارسم مخطط الجسم الحر لهذا الشخص.



34

حرّك أحمد وسمير طاولة عليها كأس كتلتها 0.44 kg بعيدًا عن أشعة الشمس. فرفع أحمد طرف الطاولة من جهته قبل أن يرفع سمير الطرف المقابل، فمالت الطاولة على الأفقي بزاوية °15. أوجد مركّبتي وزن الكأس الموازية لسطح الطاولة والعمودية عليه.

$$F_{g,\text{موازية}} = F_g \sin\theta$$
$$= (0.44\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\sin 15.0^\circ)$$
$$= 1.1\ \text{N}$$
$$F_{g,\text{عمودية}} = F_g \cos\theta$$
$$= (0.44\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\cos 15.0^\circ)$$
$$= 4.2\ \text{N}$$

35

:. ينزلق سامي في حديقة الألعاب على سطح مائل يصنع زاوية °35 مع الأفقي. إذا كانت كتلته 43 kg، فما مقدار القوة العمودية بينه وبين السطح المائل؟

$$F_N = mg\cos\theta$$
$$= (43.0\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\cos 35.0^\circ)$$
$$= 345\ \text{N}$$

36

إذا وضعت حقيبة سفر على سطح مائل، فما مقدار الزاوية التي يجب أن يميل بها هذا السطح بالنسبة إلى المحور الرأسي حتى تكون مركّبة وزن الحقيبة الموازية للسطح مساوية لنصف مقدار مركّبتها العمودية عليه؟

$F_{g,\text{موازية}} = F_g \sin\theta$ عندما تكون الزاوية بالنسبة للمحور الأفقي.

$F_{g,\text{عمودية}} = F_g \cos\theta$ عندما تكون الزاوية بالنسبة للمحور الأفقي.

$$F_{g,\text{عمودية}} = 2F_{g,\text{موازية}}$$
$$2 = \frac{F_{g,\text{عمودية}}}{F_{g,\text{موازية}}}$$
$$= \frac{F_g \cos\theta}{F_g \sin\theta}$$
$$= \frac{1}{\tan\theta}$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$$
$$= 26.6^\circ$$ بالنسبة للمحور الأفقي

أو

$= 63.4^\circ$ بالنسبة للمحور الرأسي

37

38

39

ينزلق شخص كتلته 45 kg إلى أسفل سطح مائل على الأفقي بزاوية 45°. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الشخص والسطح 0.25، فما مقدار تسارعه؟

$$F_{\text{وزن الشخص الموازي للسطح المائل}} - f_k = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{وزن الشخص الموازي للسطح المائل}} - f_k}{m}$$

$$= \frac{mg\sin\theta - \mu_k F_N}{m}$$

$$= \frac{mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta}{m}$$

$$= g(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$$

$$= (9.80\ \text{m/s}^2)\left[\sin 45° - (0.25)(\cos 45°)\right]$$

$$= 5.2\ \text{m/s}^2$$

40

الكتلة تُعلَّق لوحة النتائج الإلكترونية في سقف صالة ألعاب رياضية ب 10 أسلاك غليظة؛ ستة منها تصنع زاوية 8.0° مع الرأسي، في حين تصنع الأسلاك الأربعة الأخرى زاوية 10.0° مع الرأسي. إذا كان الشد في كل سلك 1300 N، فما مقدار كتلة لوحة النتائج؟

$$F_{y,\text{المحصلة}} = ma_y = 0$$

$$F_{y,\text{المحصلة}} = F_{\text{الأسلاك في لوحة النتائج}} - F_g$$

$$= 6F_{\text{السلك}}\cos\theta_6 + 4F_{\text{السلك}}\cos\theta_4 - mg = 0$$

$$m = \frac{6F_{\text{السلك}}\cos\theta_6 + 4F_{\text{السلك}}\cos\theta_4}{g}$$

$$= \frac{6(1300.0\ \text{N})(\cos 8.0°) + 4(1300.0\ \text{N})(\cos 10.0°)}{(9.80\ \text{m/s}^2)}$$

$$= 1.31\times10^3\ \text{kg}$$

41

التسارع يُسحب صندوقٌ كتلته 63 kg بحبل على سطح مائل يصنع زاوية 14.0° مع الأفقي. إذا كان الحبل يوازي السطح، والشد فيه 512 N، ومعامل الاحتكاك الحركي 0.27، فما مقدار تسارع الصندوق؟ وما اتجاهه؟

$$F_N = mg\cos\theta$$

$$F_{\text{الحبل في الصندوق}} - F_g - f_k = ma$$

$$F_{\text{الحبل في الصندوق}} - mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma$$

$$a = \frac{F_{\text{الحبل في الصندوق}} - mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta}{m}$$

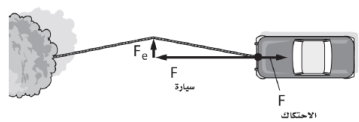
$$= \frac{512\ \text{N} - (63\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\sin 14.0°) - (0.27)(63\ \text{kg})(9.80\ \text{m/s}^2)(\cos 14.0°)}{63\ \text{kg}}$$

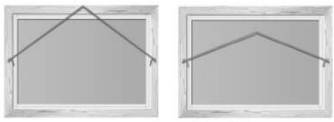
$$= 3.2\ \text{m/s}^2,\ \text{الاتجاه إلى أعلى السطح المائل}$$

42

القوى من طرائق تخليص سيارتك من الوحل أن تربط طرف حبل غليظ بالسيارة وطرفه الآخر بشجرة، ثم تسحب الحبل من نقطة المنتصف بزاوية 90° بالنسبة للحبل. ارسم مخطط الجسم الحر، ثم وضح لماذا تكون القوة المؤثرة في السيارة كبيرة حتى عندما تكون القوة التي تسحب بها الحبل صغيرة؟

توضّح المتّجهات المبينة في مخطّط الجسم الحرّ أن تأثير قوة عموديّة، مهما كانت صغيرة، في الحبل تؤدي إلى زيادة قوة الشدّ فيه إلى الحدّ الذي يمكن بواسطته التغلب على قوة الاحتكاك. ولما كانت $F_T = \frac{F}{2\sin\theta}$، فإنّ قيمًا صغيرة لـ θ تؤدي إلى زيادة كبيرة في قوة الشدّ (حيث تمثّل θ الزاوية بين الموضع الابتدائي للحبل والموضع الذي أزيح إليه).



43	**الكتلة** تُعلَّق لوحة النتائج الإلكترونية في سقف صالة ألعاب رياضية ب 10 أسلاك غليظة؛ ستة منها تصنع زاوية $8.0°$ مع الرأسي، في حين تصنع الأسلاك الأربعة الأخرى زاوية $10.0°$ مع الرأسي. إذا كان الشد في كل سلك 1300 N، فما مقدار كتلة لوحة النتائج؟ $F_{y,\text{المحصلة}} = ma_y = 0$ $F_{y,\text{المحصلة}} = F_{\text{الأسلاك في لوحة النتائج}} - F_g$ $= 6F_{\text{السلك}} \cos\theta_6 + 4F_{\text{السلك}} \cos\theta_4 - mg = 0$ $m = \frac{6F_{\text{السلك}} \cos\theta_6 + 4F_{\text{السلك}} \cos\theta_4}{g}$ $= \frac{6(1300.0\ \text{N})(\cos 8.0°) + 4(1300.0\ \text{N})(\cos 10.0°)}{(9.80\ \text{m/s}^2)}$ $= 1.31 \times 10^3\ \text{kg}$
44	
45	**الاتزان** تُعلّق لوحة فنية بسلكين طويلين. وإذا كانت القوة المؤثرة في السلكين كبيرة فإنّهما سينقطعان. فهل يجب أن تُعلَّق اللوحة كما في **الشكل 5–15a** أم كما في **الشكل 5–15b** ؟ فسّر ذلك.  ■ **الشكل 5–15a** ■ **الشكل 5–15b** $F_T = \frac{F_g}{2\sin\theta}$، لذا فإنّ F_T تقل كلّما زادت قيمة θ. وفي **الشكل 5–15b**، تكون الزاوية θ هي الأكبر.
46	**التفكير الناقد** هل يمكن أن يكون لمعامل الاحتكاك قيمة، بحيث يتمكن متزلج من الوصول إلى قمة تل بسرعة ثابتة؟ ولماذا؟ افترض عدم وجود قوى أخرى تؤثر في المتزلج إلا وزنه. **لا؛ لأنّ اتجاه قوة الاحتكاك عكس اتجاه حركة المتزلج، بالإضافة إلى أن مركّبة قوة الوزن الموازية للتل تكون في اتجاه أسفل التل وليس إلى أعلاه.**

المركبات	
تحليل المتجهات	

الاحتكاك الحركي	
الاحتكاك السكوني	
معامل الاحتكاك الحركي	
معامل الاحتكاك السكوني	

الاتزان	
قوة التوازن	

الوحدة 6
الحركة في بُعدين
الفكرة الرئيسة يمكنك استخدام المتجهات وقوانين نيوتن لوصف حركة المقذوفات والحركة الدائرية.
الأقسام
1 حركة المقذوف
2 الحركة الدائرية
3 السرعة المتجهة النسبية

القسم 1 :حركة المقذوفات

الفكرة الرئيسة

الحركة الأفقية للمقذوف مستقلة عن حركته الرأسية.

الأسئلة الرئيسة

- إلى أي مدى ترتبط الحركات الرأسية بالحركات الأفقية للمقذوف؟
- ما العلاقات بين ارتفاع المقذوف والزمن الذي يستغرقه في الهواء وسرعته الابتدائية والمسافة الأفقية التي يقطعها؟

مراجعة المفردات

مخطط الحركة **diagram motion**
عبارة عن مجموعة من الصور الموضحة لمواضع جسم متحرك والملتقطة على مدار فترات زمنية منتظمة.

المفردات الجديدة

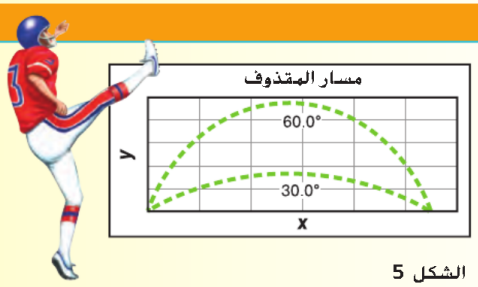
المقذوف projectile
مسار المقذوف trajectory

تطبيق

1. ترمي حجرًا أفقيًا بسرعة تبلغ 5.0 m/s من أعلى تل يرتفع 78.4 m.
   a. ما المدة التي يستغرقها الحجر للوصول إلى أسفل التل؟
   b. كم تبلغ المسافة التي يبعدها موضع سقوط الحجر عن قاعدة التل؟
   c. ما المركبات الأفقية والرأسية لسرعة الحجر قبل اصطدامه بالأرض؟
2. تعمل سامية وصديقتها في مصنع تجميع يُصنّع دمى الزرافات الخشبية. عند نهاية خط الإنتاج، تنتقل دمى الزرافات أفقيًا إلى حافة السير الناقل وتسقط بداخل الصندوق الموجود اسفله. إذا كان الصندوق يقع أسفل مستوى السير الناقل بحوالي 0.60 m وبعيدًا عنه بحوالي 0.40 m، فكم يجب أن تكون السرعة الأفقية للدمى عندما تترك السير الناقل؟
3. **التحدي** تزور صديقًا من المدرسة الابتدائية يعيش الآن في قرية صغيرة. يتمثل أحد أماكن التسلية في صالة الآيس كريم، حيث يدفع مراد، طاهي الوجبات السريعة، مثلجات الآيس كريم على الطاولة بسرعة ثابتة تبلغ 2.0 m/s إلى النادل. (يُحافظ على الطاولة ملمعة جيدًا لهذا الغرض.) إذا التقط النادل المثلجات على مسافة 7.0 cm من حافة الطاولة، ما مقدار مسافة سقوط الآيس كريم من حافة الطاولة إلى الموضع الذي يلتقطها عنده.

تطبيق

4. يركل أحد اللاعبين كرة القدم من أرضية مستوية بسرعة ابتدائية تبلغ 27.0 m/s، وبزاوية 30.0° فوق المستوى الأفقي، كما هو موضح في **الشكل 5**. أوجد كلاً مما يلي. افترض أن قوة تأثير الهواء على الكرة مهملة.
   a. زمن تعلّق الكرة
   b. أقصى ارتفاع للكرة
   c. المسافة الأفقية التي تقطعها الكرة قبل اصطدامها بالأرض
5. يركل اللاعب في المسألة السابقة الكرة بعد ذلك بالسرعة نفسها لكن بزاوية 60.0° فوق المستوى الأفقي. كم يبلغ وقت تعلّق الكرة والمسافة الأفقية التي تقطعها وأقصى ارتفاع لها؟



الشكل 5

6. **التحدي** تُرمى صخرة من منحدر صخري ارتفاعه 50.0 m بسرعة ابتدائية تبلغ 7.0 m/s وبزاوية 53.0° أعلى المستوى الأفقي. أوجد سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض.

القسم 1 مراجعة

7. **الكرة الرئيسة** تُقذف كرتا البيسبول أفقيًا من الارتفاع نفسه لكن بسرعتين مختلفتين. تعبر الكرة الأسرع القاعده الرئيسية التي يقف عندها ضارب الكرة ضمن منطقة الضرب. أما الكرة الأبطأ فتعبر تلك القاعدة أسفل ركبتي ضارب الكرة . لماذا تختلف ارتفاعات الكرات عند مرورها بضارب الكرة؟
8. **رسم الجسم الحر** ينزلق مكعب الثلج من دون احتكاك مع الطاولة بسرعة ثابتة. ينزلق على الطاولة ويهبط على الأرض. ارسم مخططات للحركة والجسم الحر لمكعب الثلج عند نقطتين على الطاولة ونقطتين في الهواء.
9. **حركة المقذوف** تُقذف كرة تنس خارج نافذة ارتفاعها 28 m فوق الأرض بسرعة ابتدائية تبلغ 15.0 m/s وبزاوية 20.0° أسفل المستوى الأفقي. كم تبلغ المسافة التي تتحركها الكرة أفقيًا قبل اصطدامها بالأرض؟
10. **حركة المقذوف** تتحرك كرة مطاطية يقذفها لاعب في الهواء بسرعة ابتدائية تبلغ 11.0m/s، كما هو موضح في **الشكل 7**. كم يبلغ أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة؟
11. **التفكير الناقد** بافتراض أن الجسم يُقذف بالسرعة الابتدائية نفسها والاتجاه نفسه على الأرض وعلى القمر، حيث يساوي التسارع سدس قيمته على الأرض بسبب الجاذبية. كيف ستتغير السرعة الرأسية وزمن التحليق وأقصى ارتفاع والمسافة الأفقية؟

الشكل 7

1

a

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:

أو

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

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

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

$$= 4.00\text{ s}$$

b

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

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؟

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؟

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

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

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

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

3

0.60 cm .3

4

a

a. زمن تحليق الكرة.

$$v_y = v_i \sin\theta$$

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

وعليه فإن:

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

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

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

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

$$= 2.76\text{ s}$$

b

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

$$v_x = v_i \cos\theta$$

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

5

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:

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

6

$$v_{xi} = v_i \cos\theta = (7.0\ \text{m/s})\cos 53^\circ = 4.2\ \text{m/s}$$
$$v_{yi} = v_i \sin\theta$$
$$v_y^2 = v_{yi}^{\,2} - 2g\Delta d$$
$$= (v_i \sin\theta)^2 - 2(9.80\ \text{m/s}^2)(-50.0\ \text{m})$$
$$= (7.0\ \text{m/s} \times \sin 53^\circ)^2 + 980\ \text{m}^2/\text{s}^2$$
$$= 1011.26\ \text{m}^2/\text{s}^2$$
$$v_y = \pm\sqrt{1011.26}$$
$$= -31.8\ \text{m/s}$$

أخذنا الإشارة السالبة لأن الجسم متحرك إلى أسفل

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$
$$= \sqrt{(4.2\ \text{m/s})^2 + (-31.8\ \text{m/s})^2}$$
$$= 32\ \text{m/s}$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_y}{v_x}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{-31.8\ \text{m/s}}{4.2\ \text{m/s}}\right)$$
$$= -82^\circ$$

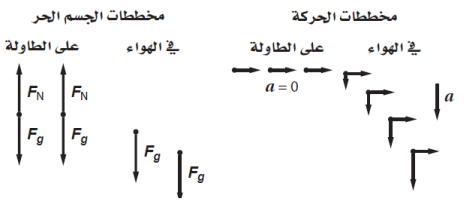
أي أن السرعة المتجهة النهائية تساوي $32\ \text{m/s}$ وبزاوية 82° أسفل المستوى الأفقي.

7

7. تظل الكرة الأسرع في الهواء لفترة زمنية أقل، ومن ثم تكتسب سرعة متجهة رأسية أقل.

8

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



9	**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 لايجاد t** **احسب أولًا: v_{yf}** $v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2gy$ $v_{yf} = \sqrt{v_{yi}^2 + 2gy}$ $= \sqrt{(v_i \sin\theta)^2 + 2gy}$ $= \sqrt{((15.0\ \text{m/s})(\sin 20.0°))^2 + (2)(9.80\ \text{m/s}^2)(28\ \text{m})}$ $= 24.0\ \text{m/s}$ **والآن استخدم المعادلة: $v_{yf} = v_{yi} + gt$ لايجاد t.** $t = \frac{v_{yf} - v_{yi}}{g}$ $= \frac{v_{yf} - v_i \sin\theta}{g}$ $= \frac{2.40\ \text{m/s} - (15.0\ \text{m/s})(\sin 20.0°)}{(9.80\ \text{m/s}^2)}$ $= 1.92\ \text{s}$ $x = v_{xi}t$ $= (v_i \cos\theta)(t)$ $= (15.0\ \text{m/s})(\cos 20.0°)(1.92\ \text{s})$ $= 27.1\ \text{m}$
10	**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:** $d_f = \frac{v_{iy}^2}{2g}$ $= \frac{(v_i \cos\theta)^2}{2g}$ $= \frac{((11.0\ \text{m/s})(\cos 50.0°))^2}{(2)(9.80\ \text{m/s}^2)}$ $= 2.55\ \text{m}$
11	**11.** لا تتغير السرعة المتجهة الأفقية، يكون زمن الارتفاع أكبر على سطح القمر، يكون أقصى ارتفاع أكبر على سطح القمر، تكون المسافة الأفقية أطول على سطح القمر

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية، كتاب الطالب ص *153*

$-9.8\ m/s$

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *153*

تُعد السرعات المتجهة الأفقية والرأسية للجسم المُسقَط حرة، لذا لا تعتمد السرعة المتجهة الرأسية على السرعة المتجهة الأفقية الابتدائية.

مراجعة التعليقات التوضيحية، كتاب الطالب ص *154*

$-9.8\ m/s^2$

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *154*

إذا أهملنا مقاومة الهواء، فلن تعود هناك قوى تؤثر في الاتجاه الأفقي. ومن ثم لن يعود هناك تسارع في الاتجاه الأفقي وبالتالي تكون السرعة المتجهة الأفقية ثابتة.

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص *156*

1. **a.** 4.0 s
   b. 2.0×10^{1} m
   c. $v_x = 5.0\ m/s,\ v_y = 39\ m/s$
2. 1.1 m/s
3. 0.60 cm

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

التأكد من فهم النص، كتاب الطالب ص *156*

في الجزء العلوي

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص *157*

4. **a.** 2.8 s
   b. 9.3 m
   c. 65 m
5. الزمن المستغرق = 4.8 s، المسافة = 65 m، أقصى ارتفاع = 28 m
6. 32 m/s عند 82° فوق أفقي

القسم 1 مراجعة

كتاب الطالب ص *158*

7. تظل الكرة الأسرع في الهواء لفترة زمنية أقل، ومن ثم تكتسب سرعة متجهة رأسية أقل.
8.

9. 27 m
10. 3.6 m
11. لا تتغير السرعة المتجهة الأفقية. يكون زمن الارتفاع أكبر على سطح القمر، يكون أقصى ارتفاع أكبر على سطح القمر، تكون المسافة الأفقية أطول على سطح القمر

القسم 2 :الحركة الدائرية

الفكرة الرئيسة

يتسارع جسم في حركة دائرية في اتجاه مركز الدائرة بسبب وجود قوة غير متوازنة مبذولة في اتجاه مركز الدائرة.

الأسئلة الرئيسة

- لماذا يتسارع الجسم الذي يتحرك بسرعة ثابتة في مسار دائري؟
- كيف يعتمد التسارع المركزي على سرعة الجسم ونصف قطر المسار الدائري؟
- ما الذي يسبب التسارع المركزي؟

مراجعة المفردات

متوسط السرعة المتجهة average velocity معدل التغير في الموضع مقسومًا على الزمن الذي يحدث خلاله هذا التغير؛ الرسم البياني للعلاقة بين الموضع والزمن بالنسبة إلى جسم ما

المفردات الجديدة

حركة دائرية منتظمة uniform circular motion

تسارع مركزي centripetal acceleration

قوة الجذب المركزي centripetal force

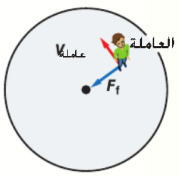
تطبيق

12. يركض عدّاء بسرعة 8.8 m/s في منعطف نصف قطره 25 m. فكم يبلغ التسارع المركزي للعدّاء، وما مصدر قوة الجذب المركزي المؤثرة في العدّاء؟

13. تتحرك طائرة بسرعة 201 m/s عند دورانها في مسار دائري. كم يبلغ أقصر نصف قطر لهذا المسار الدائري (بوحدة الكيلومتر) الذي يمكن أن يشكّله قائد الطائرة مع الحفاظ على التسارع المركزي أقل من $5.0\ m/s^2$؟

14. عاملة مسؤولة عن لعبة خيل خشبية كتلتها 45 kg تقف على منصة اللعبة وتبعد 6.3 m عن مركزها، كما هو موضح في **الشكل 11**. فإذا كانت سرعتها ($v_{العاملة}$) أثناء الدوران هي 4.1 m/s، فكم تبلغ قوة الاحتكاك (F_f) اللازمة حتى لا تسقط من المنصة؟

15. أُديرت كرة كتلتها 16 g مثبتة في طرف خيط طوله 1.4 m في مسار دائري أفقي. إذا كانت هذه الكرة تُتم دورة كاملة كل 1.09 s، فكم يبلغ مقدار الشد في الخيط؟



الشكل 11

16. التحدي تسير سيارة سباق في مضمار مستوٍ وتنعطف بسرعة 22 m/s في منعطف نصف قطره 56 m. أوجد التسارع المركزي للسيارة. وما أقل قيمة لمعامل الاحتكاك السكوني بين الإطارات والأرض لتنعطف السيارة دون أن تنزلق؟

القسم 2 مراجعة

17. الفكرة الرئيسة إذا ربطتَ كرة في طرف حبل وقمتَ بتدويرها بسرعة ثابتة في مسار دائري فوق رأسك، فستتحرك الكرة حركة دائرية منتظمة. ما اتجاه تسارع الكرة؟ وما القوة المؤدية للتسارع؟

18. الحركة الدائرية المنتظمة ما اتجاه القوة المؤثرة في الملابس في دورة العصر لغسالة ذات تحميل علوي؟ وما مسبب هذه القوة؟

19. التسارع المركزي أشارت مقالة في جريدة أنه يجب على السائقين، عند انعطاف السيارات، توخي الحذر لتحقيق الموازنة بين قوة الجذب المركزي وقوة الطرد المركزي لتجنب انزلاق السيارات. اكتب رسالة إلى المحرر تنقُد فيها الأخطاء الواردة في هذه المقالة من الناحية الفيزيائية.

20. مخطط الجسم الحر تجلس في المقعد الخلفي في سيارة تنعطف إلى اليمين. ارسم مخطط الحركة ومخطط الجسم الحر للإجابة عن هذه الأسئلة:

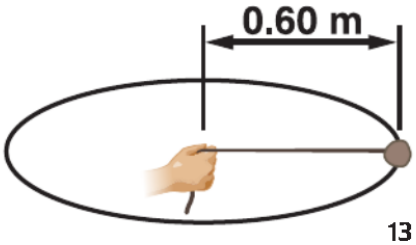
a. ما اتجاه تسارعك؟

b. ما اتجاه القوة المحصّلة المؤثرة فيك؟

c. ما مسبب هذه القوة؟

21. التسارع المركزي يدور جسم في مسار دائري أفقي، وهو مثبّت في طرف خيط طوله 1.8 m. ويُتم دورة كاملة خلال 2.2 s. فكم يبلغ التسارع المركزي للجسم؟

22. القوة المركزية الجاذبة حجر بكتلة مقدارها 4.4 g يتمّ تحريكه أفقيًا على شكل دائرة بسرعة 2.2 m/s. ما مقدار قوة الشدّ المؤثّرة في السلك؟



الشكل 13

23. لعبة في مدينة الملاهي في إحدى ألعاب مدينة الملاهي يقف الأشخاص في دائرة نصف قطرها 4 m مستندين بظهورهم إلى حائط. يستغرق الزمن الدوري 1.7 s . ما مقدار التسارع المركزي الجاذبيّ ومقدار السرعة المتجهة لهؤلاء الأشخاص؟

24. القوة المركزية الجاذبة تبلغ كتلة كرة بولينج 7.3 kg. ما مقدار القوة الذي يتسبّب في تحريكها على شكل دائرة، نصف قطرها 0.75 m، بسرعة تبلغ 2.5 m/s؟

25. التفكير الناقد أنت تدور دائمًا في حركة دائرية منتظمة بسبب دوران الأرض اليومي حول نفسها. ما مصدر القوة التي تتسبّب في تسارعك المركزي الجاذبي؟ ما تأثير هذه الحركة الدائرية في قراءة وزنك على الميزان؟

القسم 2 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية، ص *159*

متجهات السرعة المتجهة لها نفس الطول.

مراجعة التعليقات التوضيحية، ص *161*

التسارع الأفقي سيساوي صفرًا والسرعة المتجهة الأفقية ستظل ثابتة.

مسائل تدريبية

كتاب الطالب ص *162*

12. $3.1\ m/s^2$، الاحتكاك

13. $8.1\ km$

14. $1.2\times10^2\ N$

15. $0.24\ N$

16. $8.6\ m/s^2$، 0.88

القسم 2 مراجعة

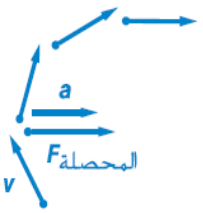
كتاب الطالب ص *163*

17. تسرع الكرة تجاه مركز الدائرة بسبب قوة الجذب المركزي.

18. تتجه القوة نحو مركز الحوض. تمارس الحوائط القوة على الملابس.

19. يوجد تسارع لأن اتجاه السرعة المتجهة متغير. يجب أن يكون هناك قوة محصلة تجاه مركز الدائرة. يعزز الطريق تلك القوة ويسمح الاحتكاك بين الطريق والإطارات ببذل القوة على الإطارات. يمارس المقعد القوة على السائق تجاه مركز الدائرة. ينبغي أن توضح الملاحظة أيضًا أن قوة الطرد المركزي ليست قوة حقيقية.

20.



a. يمين

b. يمين

c. مقعد السيارة

21. $4.7\ m/s^2$

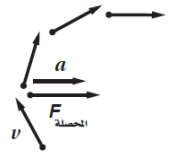
22. $0.32\ N$

23. $55\ m/s^2$، $15\ m/s$

24. $61\ N$

25. تعزز جاذبية الأرض القوة التي تسرعك. وسيسجل المقياس وزنًا أقل إذا كنت في حالة حركة دائرية منتظمة.

12	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.**
13	• 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 m/s²؟ $a_C = \frac{v^2}{r}$ **وعليه فإن:** $r = \frac{v^2}{a_C} = \frac{(201\ \text{m/s})^2}{5.0\ \text{m/s}^2} = 8.1\ \text{km}$
14	$1.2 \times 10^2\ \text{N}$ .14
15	0.24 N .15
16	• 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:** $\mu_s = \frac{f_s}{F_N} = \frac{ma_C}{mg} = \frac{a_C}{g} = \frac{8.6\ \text{m/s}^2}{9.80\ \text{m/s}^2} = 0.88$

17	**17.** تسرع الكرة تجاه مركز الدائرة بسبب قوة الجذب المركزي.
18	**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.**
19	ا. **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.**
20	**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.**

21	21. $4.7\ m/s^2$
22	22. $0.32\ N$
23	23. $55\ m/s^2$، $15\ m/s$
24	**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؟ $F_{\text{المحصلة}} = ma_c$ $= \frac{mv^2}{r}$ $= \frac{(7.3\ kg)\ (2.5\ m/s)^2}{0.75\ m}$ $= 61\ N$
25	**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.**

القسم 3 :السرعة المتجهة النسبية

الفكرة الرئيسة

تعتمد السرعة المتجهة للجسم على مناط الإسناد الذي يتم اختياره.

الأسئلة الرئيسة.

- ما السرعة المتجهة النسبية؟
- كيف تحسب السرعات المتجهة للجسم في مناط إسناد مختلفة؟

مراجعة المفردات

محصَّلة resultant المتجه الذي يُمثّل مجموع متجهين آخرين.

المفردات الجديدة

مناط إسناد reference frame

تطبيق

26. إذا كنت تركب حافلة تتحرك بسرعة بطيئة قدرها 2.0 m/s في ازدحام مروري. وركضت إلى مقدمة الحافلة بسرعة 4.0 m/s بالنسبة إلى الحافلة. فكم تبلغ سرعتك بالنسبة إلى الأرض؟

27. يسحب أحمد عربة أطفال في الجوار بسرعة 0.75 m/s. وفي العربة حشرة تزحف نحو مؤخرة العربة بسرعة 2.0 cm/s. فكم تبلغ السرعة المتجهة للحشرة بالنسبة إلى الأرض؟

28. يتحرك قارب في نهر بسرعة 2.5 m/s بالنسبة إلى الماء. سجّل راصدون واقفون على ضفة النهر أن القارب يتحرك بسرعة لا تزيد عن 0.5 m/s بالنسبة إلى موقعهم على ضفة النهر. فكم تبلغ سرعة ماء النهر؟ وهل يتحرك ماء النهر في اتجاه حركة القارب أم في اتجاه معاكس؟

29. يتحرك قارب بسرعة 3.8 m/s باتجاه الشرق. ثمة شخص يسير في عرض القارب بسرعة متجهة قدرها 1.3 m/s باتجاه الجنوب.

a. كم تبلغ سرعة الشخص بالنسبة إلى الماء؟

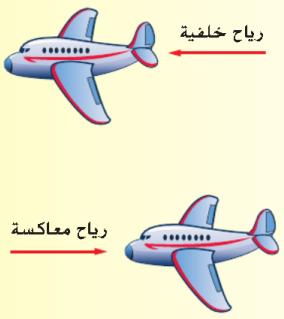
b. في أي اتجاه يسير الشخص، بالنسبة إلى الأرض؟

30. تطير طائرة باتجاه الشمال بسرعة 150 km/h بالنسبة إلى الهواء. هبت رياح في اتجاه الشرق بسرعة 75 km/h بالنسبة إلى الأرض. فكم تبلغ سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض؟

31. التحدي تطير الطائرة الموضحة في **الشكل 17** بسرعة 200.0 km/h بالنسبة إلى الهواء. كم تبلغ السرعة المتجهة للطائرة بالنسبة إلى الأرض إذا كانت تطير في ظروف الرياح التالية؟

a. رياح خلفية بسرعة 50.0 km/h

b. رياح معاكسة بسرعة 50.0 km/h



الشكل 17

القسم 3 مراجعة

32. الفكرة الرئيسة تطير طائرة بسرعة 285 km/h في اتجاه الغرب بالنسبة إلى الهواء. هبت رياح في اتجاه الشرق بسرعة 25 km/h بالنسبة إلى الأرض. فكم تبلغ سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

33. السرعة النسبية قارب صيد سرعته القصوى 3 m/s بالنسبة إلى ماء نهر يجري بسرعة 2 m/s. فكم تبلغ أقصى سرعة يصل إليها القارب بالنسبة إلى ضفة النهر؟ وكم يبلغ أدنى سرعة يصل إليها؟ حدد اتجاه القارب بالنسبة إلى تيار النهر وأقصى سرعة وأدنى سرعة بالنسبة إلى ضفة النهر.

34. السرعة النسبية لقارب يسير قارب بخاري في اتجاه الغرب بسرعة 13 m/s بالنسبة إلى ماء نهر يسير في اتجاه الشمال بسرعة 5.0 m/s. فكم تبلغ السرعة المتجهة (المقدار والاتجاه) للقارب البخاري بالنسبة إلى ضفة النهر؟

35. التجديف تُجدِّف في نهر يتدفق في اتجاه الشرق. ولمعرفتك بالفيزياء، توجّه قاربك في اتجاه يصنع زاوية 53° غرب الشمال، وبسرعة متجهة 6.0 m/s في اتجاه الشمال بالنسبة إلى ضفة النهر.

a. كم تبلغ السرعة المتجهة لتيار الماء؟

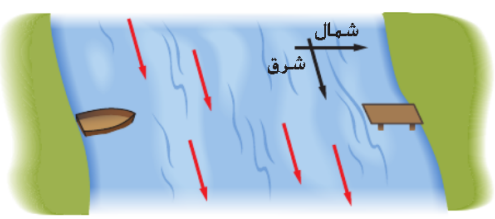
b. كم تبلغ سرعة قاربك بالنسبة إلى ماء النهر؟

36. عبور النهر يركب حازم في قارب يسير بسرعة 3.8 m/s في اتجاه الشرق. سار في اتجاه الشمال في عرض القارب بسرعة 0.62 m/s. فكم تبلغ السرعة المتجهة لحازم بالنسبة إلى الماء؟

37. السرعة المتجهة 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. فكم تبلغ سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

38. السرعة المتجهة النسبية لطائرة تطير طائرة في اتجاه الشمال بسرعة 235 km/h بالنسبة إلى الهواء. وتهب رياح في اتجاه الشمال الشرقي بسرعة 65 km/h بالنسبة إلى الأرض. فكم تبلغ سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

39. التفكير الناقد تقودُ القارب الموضح في **الشكل 18** عبر نهر يتحرك ماؤه بسرعة كبيرة. وتريد أن تصل إلى الرصيف في الجهة المقابلة تمامًا لنقطة انطلاقك. صِف كيف ستوجّه قاربك بدلالة مركّبتي سرعتك المتجهة بالنسبة إلى الماء.



26	**26.** 6.0 m/s
27	**27.** 0.73 m/s
28	**28.** 2.0 m/s، في الاتجاه المقابل للقارب
29	**29. a.** 4.0 m/s **b.** 19° جنوب غرب
30	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؟ $v = \sqrt{v^2_{\text{طائرة}} + v^2_{\text{رياح}}}$ $= \sqrt{(150\ \text{km/h})^2 + (75\ \text{km/h})^2}$ $= 1.7 \times 10^2\ \text{km/h}$

31

31. a. 250.0 km/h

b. 150.0 km/h

32

32. 260 km/h غربًا

33

. **السرعة النسبية** قارب صيد سرعته القصوى 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:

$$v_{\text{القارب بالنسبة إلى الضفة}} = v_{\text{القارب بالنسبة إلى الماء}} + v_{\text{الماء بالنسبة إلى الضفة}}$$
$$= 3\ \text{m/s} + (-2\ \text{m/s})$$
$$= 1\ \text{m/s}$$

34

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؟

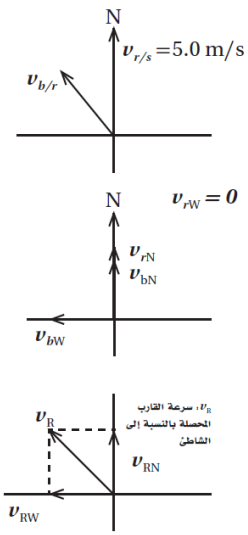
الحل الأول:

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

$$v_R = \sqrt{v_{RN}^2 + v_{RW}^2}$$
$$= \sqrt{(v_{bN} + v_{rN})^2 + (v_{bW} + v_{rW})^2}$$
$$= \sqrt{(v_b \sin\theta + v_r)^2 + (v_b \cos\theta)^2}$$
$$= \sqrt{((13\ \text{m/s})(\sin 45^\circ) + 5.0\ \text{m/s})^2 + ((13\ \text{m/s})(\cos 45^\circ))^2}$$
$$= 17\ \text{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{RW}}{V_{RN}}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{v_b \cos\theta}{v_b \sin\theta + v_r}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{(13\ \text{m/s})(\cos 45^\circ)}{(13\ \text{m/s})(\sin 45^\circ) + 5.0\ \text{m/s}}\right)$$
$$= 33^\circ$$

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



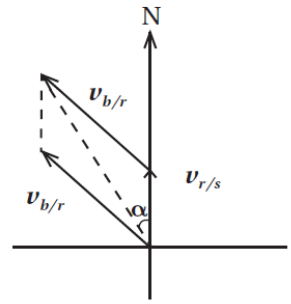
حل آخر 34

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

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



35

35. a. 8.0 m/s شرقًا

b. 1.0×10^1 m/s

36

36. 3.8 m/s، 9.3° شمال شرق

37

37. 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؟

دلالات الرموز: p للطائرة، W للرياح.

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

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

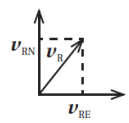
$v_R = 190\ \text{km/h}, 64^\circ$ جنوب الشرق

38

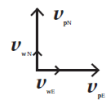
38. السرعة النسبية لطائرة تطير طائرة شمالاً بسرعة 235 km/h بالنسبة إلى الهواء، وتهب رياح في اتجاه الشمال الشرقي بسرعة 65 km/h بالنسبة إلى الأرض. احسب مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة إلى الأرض؟

دلالات الرموز: p للطائرة، W للرياح.

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



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



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

39

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.

39. اختر مركبة سرعتك المتجهة على طول اتجاه النهر لتصبح مساوية للسرعة المتجهة للنهر وعكسها.

القسم 3 الإجابات

التأكد من فهم النص ومراجعة التعليقات التوضيحية

مراجعة التعليقات التوضيحية

السرعة

التحدي في الفيزياء

$$x = \sqrt{\frac{2Trh}{ma_{grav}}}$$

نعم، تتغير المعادلة إذا كان أمير يسير بسرعة 0.50 m/s بالنسبة إلى الأرض. إذا تحرك الحجر في الاتجاه نفسه الذي يسير فيه أمير، فستكون السرعة المتجهة للحجر بالنسبة إلى الأرض أكبر، الأمر الذي يؤدي إلى قيمة أكبر لـ x.

مراجعة التعليقات التوضيحية

سيكون متجه الهواء في الاتجاه المعاكس وسيتغير وضع المتجه الناتج في كل من الطول والاتجاه.

التأكد من فهم النص

نعم

التأكد من فهم النص

حل متجهات السرعة المتجهة في مركباتها $-x$ و$-y$. توضح كل مركبة السرعة في الاتجاه المقابل بالنسبة إلى الإطار المرجعي المحدد.

مسائل تدريبية

26. 6.0 m/s

27. 0.73 m/s

28. 2.0 m/s، في الاتجاه المقابل للقارب

29. a. 4.0 m/s

b. 19° جنوب غرب

30. 1.7×10^2 km/h

31. a. 250.0 km/h

b. 150.0 km/h

القسم 3 مراجعة

32. 260 km/h غربًا

33. 5 m/s مع التيار، 0 m/s عكس التيار

34. 14 m/s، 69° شمال غرب

35. a. 8.0 m/s شرقًا

b. 1.0×10^1 m/s

36. 3.8 m/s، 9.3° شمال شرق

37. 1.9×10^2 km/h، 64° جنوب شرق

38. 2.9×10^2 km/h، 81° شمال شرق

39. اختر مركبة سرعتك المتجهة على طول اتجاه النهر لتصبح مساوية للسرعة المتجهة للنهر وعكسها.

القسم 1

إتقان المفاهيم

40. ليس صحيحًا. حيث تمثل الرمية أو الركلة أو القوة الأخرى قوة تلامس، وبمجرد عدم وجود تلامس، لن توجد قوة.

41. a. E

b. تكون السرعة المتجهة الأفقية هي نفسها في كل النقاط.

c. B و C

d. يكون التسارع هو نفسه في كل مكان.

42. بعد إطلاق كلا الجسمين، تصبح القوة الوحيدة التي تؤثر فيهما هي الجاذبية. يبدأ كلا الجسمين على الفور في التسارع لأسفل، ويمتلك الجسم الذي تم إطلاقه لأعلى عند زاوية ما سرعة متجهة ابتدائية لأعلى، مما يتسبب في تحركه لأعلى ثم انحنائه لأسفل. وعلى الفور، ينحني الجسم الذي تم إطلاقه أفقيًا لأسفل.

43. ستتنوع الإجابات، ولكن الصيغة الصحيحة للإجابة هي، "تُقذف كرة البيسبول أفقيًا عند سرعة ابتدائية قدرها 1.5 m/s. كم تبلغ المسافة التي تتحركها الكرة أفقيًا قبل أن تصطدم بالأرض بمسافة 8 m لأسفل؟"

44. ستكون الطائرة فوق الصندوق مباشرة عندما يصطدم الصندوق بالأرض. وتكون سرعتهما المتجهة الأفقية هي نفسها. ووصولاً إلى مراقب ما على الأرض، سيبدو الصندوق أنه يتحرك أفقيًا بينما يسقط رأسيًا.

إتقان المسائل

45. 29 m

46. 3.2 m

47. a. 0.50 s

b. 0.80 m/s

48. 33 m, 7.3 m

49. a. 31 m

b. 2.1×10^{2} m

50. 31 m/s عند 45°

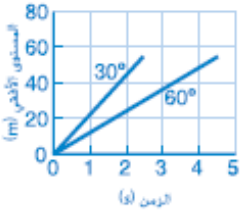
51. a. 14 s

b. 5.0×10^{2} m

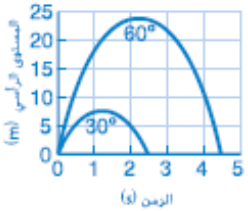
52. 6.5 m/s

53. 12 m/s

54. المستوى الأفقي مقابل الزمن



المستوى الرأسي مقابل الزمن



القسم 2

إتقان المفاهيم

55. a. لا، حيث إن الدوران حول المنحنى يغير اتجاه السرعة المتجهة، ومن ثم لا يمكن أن يساوي التسارع صفرًا.

b. لا، قد يكون مقدار التسارع ثابتًا ولكن اتجاهه سيتغير.

56. تتناسب محصلة القوة طرديًا مع مربع سرعة الجسم المتحرك.

57. a. تسير القوة على طول الخيط تجاه مركز الدائرة التي يتبعها اليويو.

b. يبذل الخيط القوة.

c. إذا حرر الخيط، فلن تتغير السرعة المتجهة لليويو. وفقًا لقانون نيوتن الأول للحركة، سيتحرك الخيط بحيث يكون مماسًا للدائرة في الاتجاه الذي تحرك فيه.
وستوجد قوة جاذبية عليه، ووفقًا لقانون نيوتن الثاني للحركة، سيكون له تسارع لأسفل أيضًا. وسيعمل كالمقذوف الذي أُطلق أفقيًا.

إتقان المسائل

58. a. $9.65\ m/s^2$

b. 5.94×10^{3} N

59. $A < C < B = D < E$

60. $71\ m/s^2$; 5.0×10^{2} N

61. a. $2.64\times10^{7}\ m/s^2$

b. 2.6×10^{4} N

62. 13 m/s

63. 1.5×10^{3} m

القسم 3

إتقان المفاهيم

64. يمكن إيجاد مقدار السرعة المتجهة النسبية لتلك السيارة بالنسبة إلى سيارتك عن طريق جمع مقادير السرعات المتجهة للسيارتين معًا. ولأنه من المحتمل أن تتحرك كل سيارة بسرعة قريبة من السرعة المحددة، فستكون السرعة المتجهة النسبية الناتجة أكبر من السرعة المحددة.

إتقان المسائل

65. فاز علي.

66. a. 5.0 m/s، 53° من الشاطئ

b. 3.0 m/s, 4.0 m/s

67. 1.6×10^{2} km/h، 18° غرب الجنوب

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

68. ستتنوع الإجابات. ولكن الصيغة المحتملة للإجابة الصحيحة هي، "يرغب في الوصول إلى معسكر معين على الضفة الشرقية التي تبعد 75 m في اتجاه مجرى النهر. وإذا جدف بسرعة 5 m/s، فما الزاوية التي ينبغي أن يوجه القارب نحوها لتتجه إلى المعسكر مباشرة؟"

تطبيق المفاهيم

69. تُعد الحركة الأفقية منتظمة لأنه لا توجد قوى تؤثر في ذلك الاتجاه (تجاهل معامل الاحتكاك). وفي الناحية الرأسية، سيكون هناك تسارع نتيجة لقوة الجاذبية. لم تطبق معادلات حركة المقذوف الواردة في هذا الكتاب عندما يؤخذ معامل الاحتكاك في الاعتبار. ستتأثر حركة المقذوف في كلا الاتجاهين عندما تؤخذ مقاومة الهواء في الاعتبار حيث تُعد مقاومة الهواء هي قوة الاحتكاك.

70. 20 m/s لأسفل

71. بسبب التسارع الناجم عن الجاذبية، تسقط كرة البيسبول على مسافة أكبر خلال $\frac{1}{4}$ s الثانية مقارنة بالمسافة خلال $\frac{1}{4}$ s الأولى.

72. **a.** لا يتغير الوقت.

b. تنتج السرعة الأفقية الأعلى مسافة أفقية أطول.

73. نعم

74. 6.0 s

75. كل من سرعة المادة المطلقة وزاويتها، لذا يُحدث الارتفاع فرقًا. يتحقق أقصى مدى عندما تمتلك السرعة المتجهة الناتجة مركبات رأسية وأفقية متساوية، بمعنى آخر، تمتلك زاوية إطلاق بمقدار 45°. ولهذا السبب، يؤثر الارتفاع والسرعة في المدى.

76. تكون السرعة النسبية للسيارتين اللتين تسيران في الاتجاه نفسه أقل من السرعة النسبية للسيارتين اللتين تسيران في الاتجاه المقابل. كما أن المرور بالسرعة النسبية الأقل سيستغرق وقتًا أطول.

77. **a.** في يدك

b. ستسقط الكرة بجانبك، تجاه الجزء الخارجي من المنحنى.

78. تتضاعف قوة الشد المطبقة على الحبل، حيث إن $F_T = ma_c$.

79. انظر دليل الحلول عبر الإنترنت للاطلاع على رسم الجسم الحر. يتجه التسارع نحو مركز المضمار.

a. تعمل مركبة القوة العمودية نحو مركز المنحنى وتعتمد على سرعة السيارة، وتعمل مركبة قوة الاحتكاك نحو المركز وتسهم كلتا المركبتين في محصلة القوة في اتجاه التسارع.

b. نعم

مراجعة جامعة

80. **a.** 464 m/s

b. 3.3 N

c. 9.5×10^{2} N

d. 9.5×10^{2} N

81. 1157 m/s

82. −1.50 km/s

83. 24 N

84. 3.0×10^{2}m

85. 35°, 49°

86. **a.** 15 N

b. 0.69 m/s

87. 53 m أو 4.0×10^{1} m

88. 8.5 m/s

التفكير الناقد

89. تغير قوة الجاذبية الرأسية سرعة السيارات، ولذلك لا تصبح الحركة حركة دائرية منتظمة.

90. **a.** نعم، تبعد الكرة عن الحائط مسافة 2.1 m.

b. 41 m/s

c. من 25° إلى 73°

91. 3.0×10^{8} m/s, $\frac{4}{5}$c

92. ليست حركة دائرية منتظمة. تزيد الجاذبية سرعة الكرة عندما تتحرك لأسفل وتقلل السرعة عندما تتحرك لأعلى. وبالتالي، سيكون التسارع المركزي اللازم لاستمرار حركة الكرة في دائرة أكبر في الجزء السفلي من الدائرة وأصغر في الجزء العلوي منها. في الجزء العلوي من الكرة، تكون قوة الشد والجاذبية في الاتجاه نفسه، ولهذا ستكون قوة الشد اللازمة أصغر أيضًا. وفي الجزء السفلي من الكرة، ستكون الجاذبية نحو الخارج وستكون قوة الشد نحو الداخل. ومن ثم يجب أن تكون قوة الشد التي يبذلها الحبل أكبر أيضًا.

اكتب في موضوع في الفيزياء

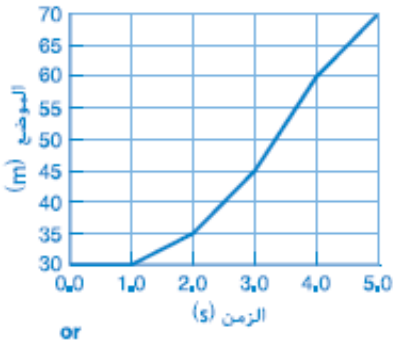
93. ستتنوع الإجابات. ينبغي أن يشرح الطلاب أن الشكل الشراعي يقلل التسارع المركزي الذي يمر به راكبو الدراجات، الأمر الذي يجعل الركوب أمنًا.

94. ستتنوع الإجابات. قد يشرح الطلاب أن ركوب البندول يؤرجح الراكبين في حركة قوسية الشكل، حيث يعمل التسارع المركزي عكس تسارع الجاذبية في الجزء العلوي من القوس. ويكون راكبو الحامل الدائري في حركة دائرية بسرعة ثابتة، ونتيجة لتغير اتجاههم، فإنهم يمرون بتسارع مركزي.

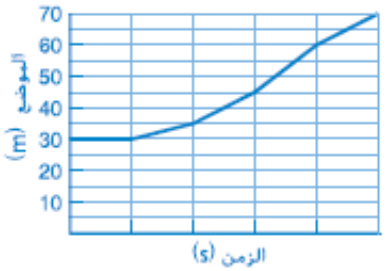
مراجعة تراكمية

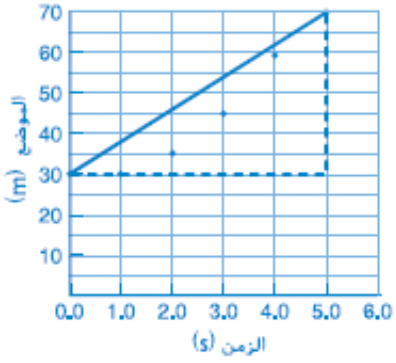
95. a. $2\times10^{16}\ m^2$
b. $1.4\times10^{-7}\ km^2$
c. $2.8\ kg/m^3$
d. $1.7\times10^{-3}\ m/s$

96. 8 m/s



or





97. a. 5.9 N
b. 3.4 N

تدريب على الاختبار المعياري

كتاب الطالب ص *175*

اختيار من متعدد

1. C
2. B
3. B
4. C
5. B
6. B
7. D

الحل الحر

8. 82. m. لذا تسقط الكرة خارج الحلقة. يجب أن يضبطوا المدفع لإطلاق النار إلى أسفل قليلاً.
9. 59 N

سلم التقدير

يُعد سلم التقدير التالي أداة لتسجيل عينات الأسئلة التي تعتمد على الإجابات الحرة.

النقاط	الوصف
4	يُظهر الطالب فهمًا تامًا لدروس الفيزياء المتضمنة. وقد تتضمن إجابته أخطاءً بسيطة لا تقلل من إظهار فهمه التام.
3	يُظهر الطالب فهمًا لدروس الفيزياء المتضمنة. وتكون إجابته صحيحة في الأساس وتوضح أن فهمه غير تام ولكنه استوعب دروس الفيزياء بشكل أساسي.
2	يُظهر الطالب فهمًا جزئيًا فقط لدروس الفيزياء المتضمنة. وعلى الرغم من أنه قد استخدم نهجًا صحيحًا للحل أو قدّم حلاً صحيحًا، إلا أن إجابته تفتقر إلى فهم أساسي للمفاهيم الفيزيائية الأساسية.
1	يُظهر الطالب فهمًا محدودًا جدًا لدروس الفيزياء المتضمنة. وتكون إجابته غير كاملة وبها أخطاء كثيرة.
0	يقدم الطالب إجابة غير صحيحة تمامًا أو لا يجيب على الإطلاق.

القانون الأول لكبلر	
القانون الثاني لكبلر	
القانون الثالث لكبلر	
قوة الجاذبية	
قانون الجذب العام	

التسارع المركزي	
كتلة القصور	
كتلة الجاذبية	

الوحدة 7

الجاذبية

الفكرة **الرئيسة** الجاذبية هي قوة جذب في صورة مجال تعمل بين الأجسام بسبب كتلتها.

الأقسام

1 حركة الكواكب والجاذبية

2 استخدام قانون الجذب العام

الجاذبية

الفكرة الرئيسة

تتناسب قوة الجاذبية بين جسمين طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما مقسومًا على مربع المسافة بينهما.

الأسئلة الرئيسة

- ما العلاقة بين نصف قطر مدار الكوكب والزمن الدوري؟
- ما المقصود بقانون نيوتن في الجذب العام وما علاقته بقوانين كبلر؟
- ما أهمية تحقيق كافندش؟

مراجعة المفردات

القانون الثالث لنيوتن Newton's third law ينص على أن جميع القوى تأتي في أزواج وأن القوتين المؤثرتين في جسمين مختلفين متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه.

مفردات جديدة

القانون الأول لكبلر
Kepler's first law

القانون الثاني لكبلر
Kepler's second law

القانون الثالث لكبلر
Kepler's third law

قوة الجاذبية **gravitational force**

قانون الجذب العام
law of universal gravitation

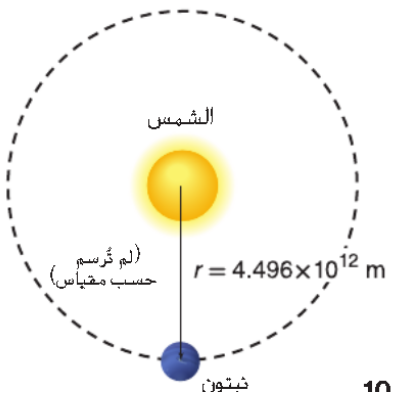
القسم 1: حركة الكواكب والجاذبية

تطبيق

1. إذا كان الزمن الدوري لغانيميد وهو أحد أقمار المشتري يساوي 32 يومًا، فكم يبلغ عدد وحدات نصف قطر مداره؟ استخدم المعلومات الواردة في مثال مسألة 1.
2. يدور كويكب حول الشمس في مدار متوسط نصف قطره يساوي ضعف متوسط نصف قطر مدار الأرض. احسب زمنه الدوري بالسنوات الأرضية.
3. الزمن الدوري لدوران كوكب الزهرة هو 225 يومًا أرضيًا. أوجد متوسط بُعد الزهرة عن الشمس، وكم ضعفًا يزيد عن متوسط بُعد الأرض عن الشمس.
4. يستغرق كوكب أورانوس 84 عامًا ليدور حول الشمس. أوجد متوسط بُعد أورانوس عن الشمس، وكم ضعفًا يزيد عن متوسط بُعد الأرض عن الشمس؟
5. من **الجدول 1** يمكنك أن تجد أن بُعد المريخ عن الشمس أكبر 1.52 مرة من بُعد الأرض عن الشمس. احسب الزمن اللازم لدوران المريخ حول الشمس بالأيام الأرضية.
6. الزمن الدوري للقمر هو 27.3 يومًا ومتوسط بُعد القمر عن مركز الأرض هو 3.9×10^5 km.
   أ. استخدم قوانين كبلر لحساب الزمن الدوري لقمر صناعي يبعد مداره 6.70×10^3 km عن مركز الأرض.
   ب. كم يبعد القمر الصناعي عن سطح الأرض؟
7. **مسألة تحفيزية** استخدم البيانات الواردة في المسألة السابقة والمتعلقة بالزمن الدوري للقمر ونصف قطر مداره، لحساب متوسط بُعد قمر صناعي عن مركز الأرض والذي زمنه الدوري يساوي يومًا واحدًا.

القسم 1 مراجعة

8. **الفكرة الرئيسة** ما قوة الجاذبية بين كرتين كتلة كل منهما 15 kg والمسافة بين مركزيهما 35 m؟ وما نسبة هذه القوة إلى وزن أي منهما؟
9. **الزمن الدوري لنبتون** يدور نبتون حول الشمس، ويوضح **الشكل 10**، متوسط المسافة بينهما والتي تسمح للغازات ومنها الميثان بالتكثف وتكوين غلاف جوي. إذا كانت كتلة الشمس 1.99×10^{30} kg، فاحسب الزمن الدوري لنبتون.



10. **الجاذبية** إذا بدأت الأرض في الانكماش ولكن بقيت كتلتها ثابتة، فماذا يمكن أن يحدث لقيمة g على سطحها؟
11. **ثابت الجذب العام** أجرى كافندش تجربته باستخدام كرات مصنوعة من الرصاص. افترض أنه استبدل بكرات الرصاص كرات من النحاس ذات كتل متساوية. فهل تكون قيمة G هي نفسها أم تختلف؟ اشرح.
12. تُسمى القوانين الثلاثة لكبلر ومعادلة نيوتن لقوة الجذب قوانين. فهل كانت نظريات قبل ذلك؟ هل ستصبح نظريات فيما بعد؟
13. **التفكير الناقد** يحتاج رفع صخرة على القمر إلى قوة أقل من التي يحتاج إليها على الأرض.
    أ. كيف تؤثر قوة الجاذبية على سطح القمر في مسار الصخرة عند قذفها أفقيًا؟
    ب. إذا سقطت الصخرة على إصبع شخص عن طريق الخطأ، فأيهما سيؤذيه أكثر: سقوطها على القمر، أم على الأرض؟ اشرح.

1	. الزمن الدوري لأحد أقمار المشتري G هو 7.15 أيام. فكم وحدة يبلغ نصف قطر مداره؟ استعمل المعلومات المُعطاة في مثال 1 . $\left(\frac{T_G}{T_I}\right)^2=\left(\frac{r_G}{r_I}\right)^3$ $r_G=\sqrt[3]{r_I^3\left(\frac{T_G}{T_I}\right)^2}$ $=\sqrt[3]{(4.2\ \text{units})^3\left(\frac{7.15\ \text{days}}{1.8\ \text{days}}\right)^2}$ $=\sqrt[3]{(74.088\ \text{units}^3)(3.9722)^2}$ $=\sqrt[3]{1169.0011\ \text{units}^3}$ $=11\ \text{units}$
2	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	3. $0.724r_E$
4	4. $19r_E$
5	. يمكنك أن تجد من **الجدول 1–7** 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: $T_M=\sqrt{(r_M/r_E)^3T_E^2}=\sqrt{\left(\frac{1.52r_E}{r_E}\right)^3(365\ \text{day})^2}$ $=\sqrt{4.68\times10^5\ \text{day}^2}$ $=684\ \text{day}$

6

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؟

$$h=r_s-r_E$$
$$=6.70\times10^6\ \text{m}-6.38\times10^6\ \text{m}$$
$$=3.2\times10^5\ \text{m}$$
$$=3.2\times10^2\ \text{km}$$

7

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.

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

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

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

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

8

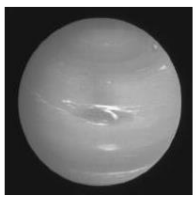
قوة الجاذبية ما قوة الجاذبية بين جسمين كتلة كل منهما 15 kg والمسافة بين مركزيهما 35 cm ؟ وما نسبة هذه القوة إلى وزن أي منهما؟

$$F_g=G\frac{m\,m}{r^2}$$
$$=\frac{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)\ (15\ \text{kg})^2}{(0.35\ \text{m})^2}$$
$$=1.2\times10^{-7}\ \text{N}$$

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

9

الزمن الدوري لنبتون يدور نبتون حول الشمس في مدار نصف قطره $4.495\times10^{12}\ \text{m}$، مما يسمح للغازات– ومنها الميثان– بالتكثف وتكوين جوٍّ كما يوضحه **الشكل 8–7**. إذا كانت كتلة الشمس $1.99\times10^{30}\ \text{kg}$، فاحسب الزمن الدوري لنبتون.



■ **الشكل 8–7**

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

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

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

10	. **الجاذبية** إذا بدأت الأرض في الانكماش، وبقيت كتلتها ثابتة، فماذا يمكن أن يحدث لقيمة تسارع الجاذبية **g** على سطحها؟ **ستزداد قيمة g.**
11	. **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.**
12	**12.** لا. فالقانون العلمي عبارة عن بيان بالأشياء التي لوحظ أنها حدثت مرات عديدة. أما النظرية فتشرح النتائج العلمية. وهذه العبارات لا تفسر سبب حركة الكواكب بهذه الطريقة ولا سبب عمل الجاذبية بهذه الطريقة.
13	. **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.**

القسم 1 الإجابات

التأكد من فهم النصوص والصور

التأكد من فهم النص

المسافة بين النقطتين 1 و 2 أطول من المسافة بين النقطتين 6 و7. الأرض أقرب إلى الشمس وهي تقطع المسافة بين النقطتين 1 و 2 بسرعة أكبر من المسافة بين النقطتين 6 و7.

التأكد من فهم الشكل

يختلف شكل المسافات الزمنية المتساوية لأن الشمس تقع في إحدى بؤرتي الشكل الإهليلجي، والتي تتزحزح من مركز الشكل الإهليلجي.

التأكد من فهم النص

يُستخدم مقدار الدوران المحوري الأفقي للذراع في تحديد قوة الجذب بين الكرتين.

مسائل تدريبية

1. 11 وحدة
2. 2.8 y
3. $0.724r_E$
4. $19r_E$
5. 684 يومًا
6. a. 89 min
   b. 3.2×10^{2} km
7. 4.3×10^{4} km

مسألة تحفيزية في الفيزياء

1. بالنسبة إلى الكوكب (ب)، $\frac{r_ب^3}{T_ب^2} = 9.6\times10^{-6}$ AU³/يوم²

   بالنسبة إلى الكوكب (ج)، $\frac{r_ج^3}{T_ج^2} = 9.77\times10^{-6}$ AU³/يوم²

   بالنسبة إلى الكوكب (د)، $\frac{r_د^3}{T_د^2} = 9.82\times10^{-6}$ AU³/يوم²

   تُحقّق الكواكب القانون الثالث لكبلر.

2. بالنسبة إلى نظام الأرض والشمس،

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

   بالنسبة إلى نظام الكوكب (ج) والنجم أبسيلون،

$$\frac{r^3}{T^2} = 9.77\times10^{-6}\text{ AU}^3/\text{يوم}^2$$

$$= (9.77\times10^{-6}\text{ AU}^3/\text{يوم}^2)(365\text{ يوم/y})^2 =$$

$$1.30\text{ AU}^3/\text{y}^2 =$$

   كتلة النجم تساوي 1.30 ضعف كتلة الشمس.

القسم 1 مراجعة

8. 1.2×10^{-7} N; 8.4×10^{3} جزء في البليون من الوزن.
9. 6.02×10^{4} يوم
10. سوف تزداد قيمة g.
11. تظل قيمة G كما هي، حيث تُستخدم القيمة نفسها في وصف التجاذب بين أجسام ذات تركيبات كيميائية مختلفة وهي: الشمس (نجم) والكواكب والأقمار الصناعية.
12. لا. فالقانون العلمي عبارة عن بيان بالأشياء التي لوحظ أنها حدثت مرات عديدة. أما النظرية فتشرح النتائج العلمية. وهذه العبارات لا تفسر سبب حركة الكواكب بهذه الطريقة ولا سبب عمل الجاذبية بهذه الطريقة.
13. a. يتطلب الرمي الأفقي المجهود نفسه، بسبب استخدام معادلة القصور $F = ma$، للصخرة. تعتمد كتلة الصخرة على مقدار المادة الموجودة في الصخرة وليس على موقعها في الكون. يبقى المسار قطعًا مكافئًا، لكنه سيكون أعرض بكثير لأن الصخرة ستذهب بعيدًا قبل أن تصطدم بالأرض، في ظل معدل التسارع الأصغر ووقت الرحلة الأطول.

    b. افترض أن الصخرة ستسقط من الارتفاع نفسه على الأرض وعلى القمر. سيكون الأذى أقل على القمر، لأن قيمة g أقل وهذا يعني أن السرعة المتجهة للصخرة ستكون أقل عندما ترتطم بالإصبع على القمر منها وهي ترتطم به على الأرض.

القسم 2: استخدام قانون الجذب العام

الفكرة الرئيسة

تُحاط جميع الأجسام بمجال جاذبية يؤثر في حركات الأجسام الأخرى.

الأسئلة الرئيسة

- كيف يمكنك وصف الحركة المدارية؟
- ما أوجه التشابه والاختلاف بين كتلة الجاذبية وكتلة القصور؟
- كيف يمكن شرح قوة الجاذبية وماذا كان اقتراح أينشتاين بشأنها؟

مراجعة المفردات

التسارع المركزي centripetal acceleration تسارع جسم متحرك في دائرة نحو المركز بسرعة ثابتة

مفردات جديدة

كتلة القصور inertial mass

كتلة الجاذبية gravitational mass

تطبيق

عند حل المسائل التالية، افترض أن المدار دائري في جميع العمليات الحسابية.

14. اقترض أن القمر الصناعي في مثال مسألة 2 تحرك إلى مدار نصف قطره أكبر من المدار السابق بمقدار 24 km.
   a. ما مقدار سرعته؟
   b. هل هذه السرعة أكبر أم أقل مما في المثال السابق؟
   c. لماذا برأيك؟

15. يمتلك كوكب أورانوس 27 قمرًا معروفًا. وأحد هذه الأقمار هو القمر ميراندا الذي يدور في مدار نصف قطره يساوي 1.29×10^{8} m. كما أن كتلة أورانوس تساوي 8.68×10^{25} kg. احسب السرعة المدارية للقمر ميراندا. كم عدد الأيام الأرضية التي يستغرقها قمر ميراندا لإكمال دورة واحدة؟

16. استخدم تجربة نيوتن الذهنية عن حركة الأقمار الصناعية لحل المسألتين التاليتين.
   a. حساب مقدار سرعة إطلاق قمر صناعي من مدفع بحيث يصبح في مدار يبعد 150 km عن سطح الأرض.
   b. ما الفترة التي يستغرقها القمر الصناعي بالثواني (seconds) والدقائق (minutes) ليكمل دورة حول الأرض ويعود إلى المدفع؟

17. **تحفيز** استخدم بيانات كوكب عطارد الواردة في **الجدول 1** لإيجاد ما يلي.
   a. مقدار سرعة قمر صناعي في مدار على بُعد 260 km من سطح عطارد
   b. الزمن الدوري للقمر الصناعي

القسم 2 مراجعة

18. **الفكرة الرئيسة** يبعد القمر مسافة 3.9×10^{5} km عن مركز الأرض وتبعد الأرض مسافة 1.496×10^{8} km عن مركز الشمس. وكتلتا الأرض والشمس تبلغان 5.97×10^{24} kg و1.99×10^{30} kg، على الترتيب. وأثناء اكتمال القمر، تكون الشمس والأرض والقمر على خط واحد، كما هو موضَّح في **الشكل 18**.
   a. أوجد النسبة بين مجال جاذبية الأرض وبين مجال جاذبية الشمس عند مركز القمر.
   b. ما محصلة مجال الجاذبية للشمس والأرض عند مركز القمر؟

(لم تُرسم حسب مقياس)
الشكل 18

19. **حالة انعدام الوزن** تكون المقاعد داخل مركبة الفضاء عديمة الوزن أثناء وجودها في المدار. إذا كنت على متن إحدى هذه المركبات وكنت حافي القدمين فهل ستشعر بالألم إذا ركلت مقعدًا؟ اشرح.

20. **مجال الجاذبية** كتلة القمر تساوي 7.3×10^{22} kg ونصف قطره يساوي 1785 km، فما شدة مجال الجاذبية على سطحه؟

21. **السرعة المدارية والزمن الدوري المداري** قمران صناعيان في مدارين دائريين حول الأرض. يبعد الأول 150 km عن سطح الأرض والثاني 160 km.
   a. أي القمرين له زمن دوري مداري أكبر؟
   b. أي القمرين سرعته أكبر؟

22. **النظريات والقوانين** لماذا يُسمى وصف أينشتاين للجاذبية نظرية بينما يُسمى وصف نيوتن لها قانونًا؟

23. **رائد فضاء** ما شدة مجال الجاذبية الأرضية عندما يشهد رائد فضاء كتلته 80.0 kg انخفاضًا في الوزن بنسبة 25.0 في المئة؟

24. **كتلة القمر الصناعي** عندما أُطلق الاتحاد السوفيتي السابق أول قمر صناعي في مدار عام 1957، طلب الرئيس الأمريكي دوايت ديفيد أيزنهاور من العلماء حساب كتلة القمر الصناعي. هل كان بإمكانهم إجراء هذه العملية الحسابية؟ اشرح.

25. **التفكير الناقد** لماذا يُعد إطلاق قمر صناعي من الأرض إلى مدار ليدور في اتجاه الشرق أسهل من إطلاقه ليدور في اتجاه الغرب. اشرح.

14	. 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 14. a. 7.75×10^3 m/s b. أبطأ c. تكون السرعة أبطأ لأن نصف القطر r أكبر. القمر الصناعي أبعد عن مركز الأرض.
15	15. 6. 70 km/s، 1.4 يومًا أرضيًّا
16	. 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. $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}} = 2\pi\sqrt{\frac{(6.38\times10^6\ \text{m} + 1.5\times10^5\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(5.97\times10^{24}\ \text{kg})}}$ $= 5.3\times10^3\ \text{s} \approx 88\ \text{min}$
17	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. $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_M}} = 2\pi\sqrt{\frac{(2.70\times10^6\ \text{m})^3}{(6.67\times10^{-11}\ \text{N.m}^2/\text{kg}^2)(3.30\times10^{23}\ \text{kg})}}$ $= 5.94\times10^3\ \text{s} = 1.65\ \text{h}$

18

. **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:

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

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

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

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 تُشكّل مثلثًا قائم الزاوية، فإن المجال المحصل يساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعي المجالين.

$$g_s = \frac{Gm_s}{r^2}$$

$$= \frac{(6.67\times10^{-11}\,\text{N.m}^2/\text{kg}^2)(2.0\times10^{30}\,\text{kg})}{(1.5\times10^{11}\,\text{m})^2}$$

$$= 5.9\times10^{-3}\,\text{N/kg}$$

وبالمثل،

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

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

$$= 6.4\times10^{-3}\,\text{N/kg}$$

19

. **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.

20

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

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

$$= 1.5\,\text{N/kg}$$

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

21	**21. a.** عندما يكون نصف القطر المداري كبيرًا، سيزداد الزمن الدوري أيضًا؛ ومن ثَمَّ، سيكون للقمر الذي على بعد 160 km الزمن الدوري الأكبر. **b.** القمر الذي على بُعد 150 km، حيث كلما قلَّ نصف القطر المداري، زادت السرعة.
22	**22.** يصف قانون نيوتن كيفية حساب القوة بين جسمين لهما كتلة كبيرة، بينما تشرح نظرية أينشتاين كيفية جذب أحد الأجسام كالأرض للقمر.
23	**23.** 7.35 N/kg
24	**24.** لا، لأن سرعة المدار وزمنه الدوري لا يعتمدان إطلاقًا على كتلة القمر الصناعي، فلم يتمكن المستشارون العلميون من حساب كتلة القمر الصناعي.
25	**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.** **25.** تدور الأرض باتجاه الشرق، وتزيد سرعتها المتجهة من سرعة القمر الصناعي المتجهة التي يكتسبها من الصاروخ، ومن ثم تقل السرعة المتجهة التي يلزم اكتسابها من الصاروخ.

القسم 2 الإجابات

التأكد من فهم النصوص والصور

التأكد من فهم الشكل

لم يلتفت المثال إلى تأثيرات مقاومة الهواء.

التأكد من فهم النص

لا تؤثر كتلة القمر الصناعي في سرعته المدارية ولا زمنه الدوري.

التأكد من فهم الشكل

يُحسب مجال ال جاذبية (g) باستخدام المعادلة $g = \frac{F_g}{m}$. لن تساوي قوة الجاذبية (F_g) الصفر إطلاقًا لأنها تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بين جسمين. فعندما تصل r إلى 0، تبلغ القوة أقصى حد لها. وعندما تقترب r من اللانهاية، تقترب قيمة F_g من الصفر ولكنها أبدًا لن تصل إلى هذه القيمة بسبب العلاقة $\frac{1}{r^2}$.

التأكد من فهم الشكل

إننا على الأرض نشاهد انتقال الضوء في خطوط مستقيمة.

مسائل تدريبية

14. **a.** 7.75×10^3 m/s
    b. أبطأ
    c. تكون السرعة أبطأ لأن نصف القطر r أكبر. القمر الصناعي أبعد عن مركز الأرض.
15. 70 km/s، 1.4 يومًا أرضيًّا
16. **a.** 7.8×10^3 m/s
    b. 5.3×10^3 s أو 88 min
17. **a.** 2.86×10^3 m/s
    b. 1.65 h

القسم 2 مراجعة

18. **a.** $\frac{g_S}{g_E} = 2.2$
    b. 8.5×10^{19} N/kg
19. نعم. الكراسي منعدمة الوزن ولكنها ليست منعدمة الكتلة. إنها لا تزال في حالة قصور ويمكن أن تؤثر بقوة تلامس في إصبعك.
20. 1.5 N/kg
21. **a.** عندما يكون نصف القطر المداري كبيرًا، سيزداد الزمن الدوري أيضًا؛ ومن ثَمَّ، سيكون للقمر الذي على بعد 160 km الزمن الدوري الأكبر.
    b. القمر الذي على بُعد 150 km، حيث كلما قلَّ نصف القطر المداري، زادت السرعة.
22. يصف قانون نيوتن كيفية حساب القوة بين جسمين لهما كتلة كبيرة، بينما تشرح نظرية أينشتاين كيفية جذب أحد الأجسام كالأرض للقمر.
23. 7.35 N/kg
24. لا، لأن سرعة المدار وزمنه الدوري لا يعتمدان إطلاقًا على كتلة القمر الصناعي، فلم يتمكن المستشارون العلميون من حساب كتلة القمر الصناعي.
25. تدور الأرض باتجاه الشرق، وتزيد سرعتها المتجهة من سرعة القمر الصناعي المتجهة التي يكتسبها من الصاروخ، ومن ثم تقل السرعة المتجهة التي يلزم اكتسابها من الصاروخ.

الوحدة 7 الإجابات

القسم 1

إتقان المفاهيم

26. ستختلف الإجابات. يمثل ما يلي نمطًا محتملاً للإجابة الصحيحة: " . . إذا كان متوسط نصف القطر المداري لكوكب ما 9.50×10^{8} km، فما مقدار زمنه الدوري الذي نتوقعه؟"

27. يمثل مسار القمر "لو" إهليلجًا، يشترك مع المشتري في البؤرة ذاتها.

28. حيث إن الأرض تتحرك في مدارها ببطء أكبر خلال الصيف، ووفقًا للقانون الثاني لكبلر، يجب أن تكون أبعد عن الشمس، لذلك تكون الأرض أقرب إلى الشمس في أشهر الشتاء.

29. لا، إن تساوي المساحات الممسوحة في وحدة الزمن يُطبَّق على كل كوكب على حدة.

30. عرف نيوتن أن القمر يتحرك في مسار منحنٍ؛ لذلك فهو يتسارع. كما عرف أن التسارع يتطلب وجود قوة مؤثرة.

31. قاس الكتلتين والمسافة بينهما وقوة التجاذب بينهما بدقة، ثم حسب قيمة G باستخدام قانون نيوتن في الجذب الكوني.

32. وفقًا لقانون نيوتن، فإن $F_g \propto \frac{1}{r^2}$. فإذا ضاعفنا المسافة،

قلّت القوة إلى الربع.

33. نظرًا لأن $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{Gm_S}$، فإذا ضاعفنا كتلة الشمس، m_S،

فستنخفض النسبة إلى النصف.

إتقان حل المسائل

34. 12 y

35. 246 y

36. 4.16×10^{23} N

37. 9.11×10^{-31} kg

38. 6.5×10^{-8} N

39. 6.1×10^{-9} N

40. a. 489 N

b. 4.90×10^{2} N

41. a. 6.0×10^{24} kg

ب. 5.5×10^{3} kg/m^3

42. 5.84×10^{-10} N

43. 8.0×10^{-10} N

44. كتلة النجم تساوي 1.91 أمثال كتلة الشمس.

45. 23 سنة

46. $\frac{F_E}{F_S} = \frac{1.0}{2.3}$

47. b> c> e> a> d

48. 0.37 kg، 0.75 kg

49. 101 N

50. 5.65×10^{26} kg

51. 18 AU

52. a. 2.2×10^{15} m^2/s

b. 2.0×10^{11} m^2/s

53. 79 يومًا

القسم 2

إتقان المفاهيم

54. سرعته؛ حيث إنه يسقط طوال الوقت.

55. تعتمد السرعة فقط على b، البعد عن الأرض، وc، كتلة الأرض.

56. قوة الجاذبية بينه وبين الأرض في اتجاه مركز الأرض

57. تعني قوة $5g$ أن وزن رائد الفضاء يساوي خمسة أمثال وزنه على الأرض، فالقوة التي تؤثر في رائد الفضاء تساوي خمسة أمثال قوة الجاذبية الأرضية.

58. يرى أينشتاين أن الجاذبية تمثل تأثيرًا لانحناء الفضاء تسببه الكتلة، في حين أن نيوتن يرى أن الجاذبية هي القوة التي تؤثر مباشرة في ما بين الأجسام. لذا، فوفقًا لأينشتاين، تكون الجاذبية بين الأرض والقمر تأثيرًا لانحناء الفضاء يسببه مجموع كتلتيهما.

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

60. ستتضاعف قيمة الثابت g.

الإجابات

إتقان حل المسائل

61. **a.** 3.07×10^{3} m/s أو 3.07 km/s

b. 8.66×10^{4} s أو 24.1 h

62. **a.** 0.2 N/m

b. 20 N

63. **a.** 2.03×10^{20} N

b. 2.80×10^{-3} N/kg

64. ستختلف الإجابات، لكن النموذج الصحيح للإجابة هو "قمر صناعي يدور في مدار دائري حول الأرض، فإذا كان يتحرك بسرعة 8.3×10^{3} m/s، فكم سيكون نصف قطره المداري؟"

65. **a.** 1.80×10^{3} N

b. 8.00×10^{2} N

c. 2.92×10^{2} N

66. 2.64×10^{3} km

67. **a.** 1.6×10^{3} kg

b. 1.3×10^{-10} m/s^2

68. 8.3×10^{-9} N

69. 7.3×10^{22} kg

70. 1.60 N/kg

71. 3.0×10^{-47} N

72. **a.** 1.7×10^{-10} N

b. 1.7×10^{-12} N

73. 241 N

74. **a.** 29 N/kg

b. 1.1 N/kg

c. 4.9 N/kg

تطبيق المفاهيم

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

76. يجب أن تعرف الزمن الدوري ونصف القطر المداري لأحد الأقمار على الأقل.

77. لا تعتمد الحركة المدارية لجسم ما على كتلته، ولا يمكن استخدامها لإيجاد الكتلة. تُستخدم صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر لإيجاد كتلة جسم ما عند معرفة قمر صناعي يدور حوله.

78. $\frac{1}{4}g$

79. لا شيء يتغير، حيث إن G ثابت كوني لا يعتمد على كتلة الأرض، ومع ذلك، ستتضاعف قوة جذبها.

80. ستتضاعف أيضًا.

81. سيكون المدار السفلي الأيمن هو المحتمل فقط. فالشمس ليست في بؤرة المدارين العلويين، وأما في المدار السفلي الأيسر، فإن الكوكب ليس في مدار حول الشمس.

82. لا، حيث إن القوتين تمثلان الفعل ورد الفعل، وتبعًا للقانون الثالث لنيوتن، فهما متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه.

83. القمر الصناعي ذو نصف القطر المداري الصغير له سرعة متجهة أكبر.

84. إذا زاد نصف القطر المداري، زاد كذلك الزمن الدوري.

85. قيمة g على المشتري تساوي ثلاثة أمثال قيمتها على الأرض.

86. كلما زادت كتلة الكوكب، قلّ الزمن الدوري للقمر الصناعي. وحيث إن كتلة الأرض أكبر من كتلة المريخ، سيكون الزمن الدوري للقمر الصناعي للأرض أقلّ.

87. **a.** تزداد كتلتك.

b. ستظل النسبة ثابتة لأنها تساوي مجال الجاذبية في الموقع.

88. لكي "تسقط" جسمًا إلى الأرض، يتعين عليك إطلاقه في اتجاه عكسي بالسرعة ذاتها التي تتحرك بها في المدار. وبالنسبة إلى الأرض، فإن سرعة الجسم العمودي على اتجاه الجاذبية الأرضية تساوي صفرًا، ومن ثم يمكن أن "يسقط" لأسفل باتجاه الأرض. ومع ذلك، فمن المرجح أن يحترق الجسم نتيجة الاحتكاك مع الغلاف الجوي للأرض في طريقه لأسفل.

89. يوضع القمر الصناعي في أقرب موقع ممكن لخط الاستواء بحيث لا تكون حركته باتجاه الشمال أو الجنوب كبيرة. فيؤدي وجود القمر الصناعي على هذا البُعد إلى أن يكون زمنه الدوري 24.0 h، أما إذا كان أقرب من ذلك، فسيكون الزمن الدوري له أقل من 24.0 h وسيبدو أنه يتحرك باتجاه الشرق. وإذا كان أبعد من ذلك، فسيكون زمنه الدوري أطول من 24.0 h.

McGraw-Hill Education

مراجعة جامعة

90. 2.01×10^{30} kg

91. **a.** 1.7×10^{3} m/s

b. 6.5×10^{3} s

92. $r \geq 7.8\times10^{1}$ m

93. **a.** 1.2×10^{2} min

b. 1.6×10^{3} m/s

94. **a.** 0.707 شهر

b. 1.26 أمثال نصف القطر المداري الحالي للقمر

c. لن يتأثر طول السنة على الأرض، فهي لا تعتمد على كتلة الأرض.

95. $0.35T_M$

96. 84.5 min

التفكير الناقد

97. عند مستوى سطح البحر: $c = 4.0\times10^{8}$ وحدات، $y = 9.77$ m/s^2

على قمة جبل إفرست: 9.74 m/s^2

في المدار الطبيعي للقمر الصناعي: 9.47 m/s^2

في المدار الأعلى: 9.18 m/s^2

98. حوالي 8 min

99. **a.** $F_{Sm} = (5.90\times10^{-3}\ \text{N})m$; $F_{Mm} = (3.40\times10^{-5}\ \text{N})m$

b. تجذب الشمس الماء الموجود على سطح الأرض بقوة أكبر 100 مرة.

c. $(2.28\times10^{-6}\ \text{N})m$

d. $(1.00\times10^{-6}\ \text{N})m$

e. القمر

f. ينتج المد والجزر بشكل أساسي بسبب الفرق بين قوة جذب القمر لسطح الأرض القريب منه وسطح الأرض البعيد عنه.

الكتابة في الفيزياء

100. أحد أقدم القياسات البسيطة جرت على يد العالم جيمس برادلي عام 1732. كما يجب أن تناقش الإجاباتُ القياسات التي أُخذت أثناء مرور كوكب الزهرة التي رُصدت في تسعينيات القرن السابع عشر.

101. تمكن علماء الفلك من قياس السرعة المتجهة الصغيرة للنجوم الناتجة عن قوى جاذبية الكواكب الضخمة المؤثرة فيها. حيث جرى حساب السرعة المتجهة من خلال قياس انزياح دوبلر لضوء النجم الناتج عن هذه الحركة. وتتذبذب حركة النجم بسبب دوران الكوكب حوله، مما أتاح حساب الزمن الدوري للكوكب. وبمعرفة مقدار السرعة المتجهة، أمكنهم تقدير أبعاد الكوكب وكتلته. وبمقارنة أبعاد الكواكب في المجموعة الشمسية وأزمنتها الدورية بكواكب متعددة، واستخدام القانون الثالث لكبلر، يمكن للفلكيين الحصول على أبعاد النجوم والكواكب وكتلتها بشكل أفضل.

مراجعة تراكمية

102. 4.0×10^{2} km

103. 610 N

الإجابات

تدريب على الاختبار المعياري

اختيار من متعدد

1. C
2. D
3. A
4. C
5. D

الإجابة المفتوحة

6. 8×10^{5} km