تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج البحرينية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/bh

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/11

* للحصول على جميع أوراق الصف الحادي عشر في مادة فيزياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/11physics

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الحادي عشر في مادة فيزياء الخاصة بـ الفصل الأول اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/11physics1

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الحادي عشر اضغط هنا

https://almanahj.com/bh/grade11

* لتحميل جميع ملفات المدرس خالد بن عبدالله السالم اضغط هنا

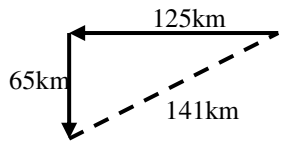
للتحدث إلى بوت على تلغرام: اضغط هنا almanahjbhbot/me.t//:https

الفصل ٥

القوى في بعدين

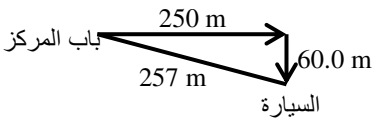
5-1 المتجهات Vectors
مسائل تدريبية (صفحة 10)

١- قطعت سيارة 125 km نحو الغرب، ثم 65 km نحو الجنوب. ما مقدار محصلة إزاحتها؟ حل المسألة بطريقة الرسم وبالطريقة الحسابية.
(R= المحصلة الإزاحة ، A= 65 km ، B= 125 km)



$$R^2 = A^2 + B^2$$
$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$
$$R = \sqrt{(65km)^2 + (125km)^2}$$
$$R = 141km$$

٢- سار متسوقان من بوابة مركز التسوق إلى سيارتهما التي تبعد 250 m. ثم انعطفا بزاوية 90° نحو اليمين، وسارا مسافة إضافية مقدارها 60.0 m. ما مقدار إزاحة المتسوقين؟ حل المسألة بطريقة الرسم وبالطريقة الحسابية.
(R= إزاحة المتسوقين ، A= 250 km ، B= 60 km)



$$R^2 = A^2 + B^2$$
$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$
$$R = \sqrt{(250km)^2 + (60km)^2}$$
$$R = 257km$$

٣- سار شخص 4.5 km في اتجاه ما، ثم انعطف بزاوية 45° نحو اليمين، وسار مسافة 6.4 km. ما مقدار إزاحته؟
(R= الإزاحة ، A= 4.5 km ، B= 6.4 km ، $\theta = 45^\circ$)

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$$
$$R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta}$$
$$R = \sqrt{(4.5km)^2 + (6.4km)^2 - 2(4.5km)(6.4km)(\cos 135^\circ)}$$
$$R = 1.0 \times 10^1 km$$

٤- تحركت نملة على الرصيف فقطعت 5 mm، نحو الجنوب ثم انعطفت نحو الجنوب الغربي فتحركت مسافة 4 mm. ما مقدار إزاحة النملة ؟
(R= الإزاحة ، A= 5 mm ، B= 4 mm ، $\theta = 135^\circ$)

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$$
$$R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta}$$
$$R = \sqrt{(5mm)^2 + (4mm)^2 - 2(5mm)(4mm)(\cos 135^\circ)}$$
$$R = 8.3mm$$

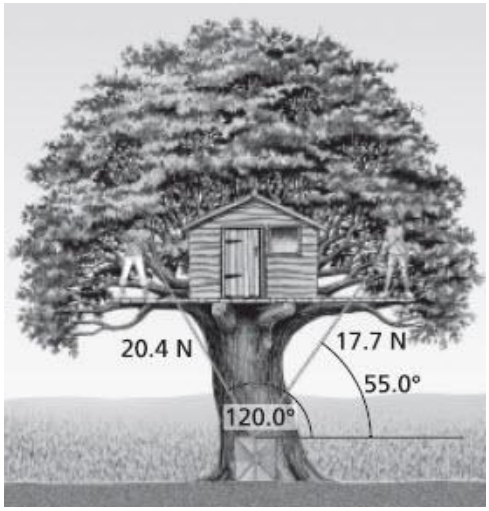
مسائل تدريبية (صفحة 14)
حل المسائل 10-5 جبرياً (يمكن حل بعضها أيضاً بطريقة الرسم للتحقق من الإجابة):

٥- يمشي أحمد مسافة 0.40 km بزاوية 60° غرب الشمال، ثم يمشي 0.50 km غرباً. ما إزاحة أحمد ؟ تحديد الشمال والغرب على الاتجاه الموجب.
(d_1 = المسافة الأولى ، d_{1W} = مركبة المسافة الأولى المقطوعة على محور الغرب، d_{1N} = مركبة المسافة الأولى المقطوعة على محور الشمال، d_2 = المسافة الثانية ، d_{2W} = مركبة المسافة الثانية المقطوعة على محور الغرب، d_{2N} = مركبة المسافة الثانية المقطوعة على محور الشمال، $\theta = 60^\circ$ ، R= إزاحة أحمد ، R_W = مركبة إزاحة أحمد على محور الغرب ، R_N = مركبة إزاحة أحمد على محور الشمال)

$$d_{1W} = d_1 sin\theta = (0.40km)(sin60.0^\circ) = 0.35km$$
$$d_{1N} = d_1 cos\theta = (0.40km)(cos60.0^\circ) = 0.20km$$
$$d_{2W} = 0.50km \qquad d_{2N} = 0.00km$$
$$R_W = d_{1W} + d_{2W} = 0.35km + 0.50km = 0.85km$$
$$R_N = d_{1N} + d_{2N} = 0.20km + 0.00km = 0.20km$$
$$R = \sqrt{R_W{}^2 + R_N{}^2}$$
$$= \sqrt{(0.85km)^2 + (0.20km)^2}$$
$$= 0.87km$$
$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{R_W}{R_N}\right)$$
$$= tan^{-1}\left(\frac{0.85km}{0.20km}\right)$$
$$= 77^\circ$$
$$R = 0.87km \ \ at \ 77^\circ west \ of \ north$$

أي أن مقدار إزاحة أحمد 0.87 km وتميل بزاوية 77° بالاتجاه الشمال الغربي.

٦- يقضي الأخوان أحمد وعبدالله بعض الوقت في بيت بنياه فوق شجرة. وقد استعملا بعض الحبال لرفع صندوق كتلته 3.20 km يحوي أمتعتهم. فإذا وقفا على غصنين مختلفين كما في الشكل 6-5 وسحبا بالزاويتين والقوتين الموضحتين في الشكل، فاحسب كلاً من المركبتين x و y للقوة المحصلة المؤثرة في الصندوق. (تنبيه: ارسم مخطط الجسم الحر حتى لا تنسى أي قوة).
(F_{Aonbox} = القوة الأولى المؤثرة على الصندوق ، $F_{Aonbox,x}$ = مركبة القوة الأولى المؤثرة على الصندوق باتجاه المحور السيني x ، $F_{Aonbox,y}$ = مركبة القوة الأولى المؤثرة على الصندوق باتجاه المحور الصادي y ، θ_A = زاوية تأثير القوة الأولى من مستوى سطح الصندوق، F_{Conbox} = القوة الثانية المؤثرة على الصندوق ، $F_{Conbox,x}$ = مركبة القوة الثانية المؤثرة على الصندوق باتجاه المحور السيني x ، $F_{Conbox,y}$ = مركبة القوة الثانية المؤثرة على الصندوق باتجاه المحور الصادي y ، θ_C = زاوية تأثير القوة الثانية من مستوى سطح الصندوق ، $F_{g,x}$ = مركبة قوى جذب الأرض للصندوق على المحور السيني x ، $F_{g,y}$ = مركبة قوى جذب الأرض للصندوق على المحور الصادي y ، $F_{netonbox,x}$ = محصلة القوى على المحور السيني x ، $F_{netonbox,y}$ = محصلة القوى على المحور الصادي y).
تحديد الاتجاه إلى الأعلى واليمين اتجاهاً موجباً



$$F_{A\,on\,box,x} = F_{A\,on\,box}\cos\theta_A$$
$$= (20.4N)(\cos 120^\circ)$$
$$= -10.2N$$
$$F_{A\,on\,box,y} = F_{A\,on\,box}\sin\theta_A$$
$$= (20.4N)(\sin 120^\circ)$$
$$= 17.7N$$
$$F_{C\,on\,box,x} = F_{C\,on\,box}\cos\ \theta_C$$
$$= (17.7N)(\cos 55^\circ)$$
$$= 10.2N$$
$$F_{C\,on\,box,y} = F_{C\,on\,box}\sin\ \theta_C$$
$$= (17.7N)(\sin 55^\circ)$$
$$= 14.5N$$
$$F_{g,x} = 0.0N$$
$$F_{g,y} = -mg$$
$$= -(3.20kg)(9.80m/s^2)$$
$$= -31.4N$$
$$F_{net\,on\,box,x} = F_{A\,on\,box.x} + F_{C\,on\,box.x} + F_{g.x}$$
$$= -10.2N + 10.2N + 0.0N$$
$$= 0.0N$$
$$F_{net\,on\,box,y} = F_{A\,on\,box.y} + F_{C\,on\,box.y} + F_{g.y}$$
$$= 17.7N + 14.5N - 31.4N$$
$$= 0.8N$$

القوة المحصلة تساوي 0.8 N في اتجاه الأعلى.

٧- إذا بدأت الحركة من منزلك فقطعت 8.0 km شمالاً، ثم انعطفت شرقاً حتى أصبحت إزاحتك من المنزل 10.0 km فما مقدار إزاحتك شرقاً؟

(R= 10.0 km ، A= 8.0 km ، B= الإزاحة شرقاً)

النتيجة هي 10.0km . وباستخدام نظرية فيثاغورس يكون مقدار الإزاحة الشرقية

$$R^2 = A^2 + B^2,\ \ so$$
$$B = \sqrt{R^2 - A^2}$$
$$= \sqrt{(10.0km)^2 - (8.0km)^2}$$
$$= 6.0km$$

٨- أرجوحة طفل معلقة بحبلين رُبطا إلى فرع شجرة يميلان عن الرأسي بزاوية 13.0° . فإذا كان الشد في كل حبل 2.28N فما مقدار واتجاه القوة المحصلة التي يؤثر بها الحبلان في الأرجوحة ؟

($F_{combinet}$ = مركبة القوى إلى أعلى ، $F_{ropel\,on\,swing}$ = قوة شد الحبل الأول للأرجوحة ، $F_{rope2\,on\,swing}$ = قوة شد الحبل الثاني للأرجوحة ، $\theta = 13.0^\circ$)

سوف يكون اتجاه محصلة القوى إلى الأعلى مباشرة. لأن الزوايا متساوية، ومركبات القوى الأفقية متساوية وفي اتجاهين متعاكسين فتلغي إحداهما الأخرى. ويكون مقدار القوة العمودية

$$F_{combined} = F_{rope1\,on\,swing}\cos\theta + F_{rope2\,on\,swing}\cos\theta$$
$$= 2F_{rope2\,on\,swing}\cos\theta$$
$$= (2)(2.28N)(\cos 13.0^{\circ})$$
$$= 4.44N$$

القوة المحصلة تساوي للحبلين في الأرجوحة تساوي 4.44 N باتجاه الأعلى.

٩- هل يمكن لمتجه أن يكون أقصر من إحدى مركبتيه أو مساوياً لطولها؟ وضح ذلك؟

لا، يمكن أن يكون المتّجه أقصر من إحدى مركّبتيه. ولكن إذا انطبق المتجه على المحور x أو المحور y فإن إحدى مركّبتيه تساوي طوله.

١٠- في النظام الإحداثي الذي يشير فيه المحور x نحو الشرق، ما مدى الزوايا الذي يكون فيه المركبة x موجبة ؟ وما المجال الذي تكون فيه سالبة ؟

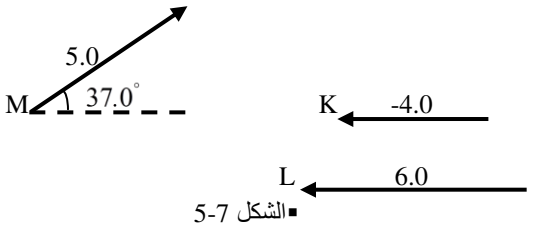
تكون المركّبة x موجبة عند الزوايا الأقل من 90° والأكبر من 270°، وتكون سالبة عند الزوايا الأكبر من 90° والأقل من 270°.

5-1 مراجعة (صفحة 14)

١١- **المسافة مقابل الإزاحة** هل المسافة التي تمشيها تساوي مقدار إزاحتك ؟ أعط مثالاً يدعم استنتاجك.

ليس ضرورياً؛ 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 صفراً ولكن المسافة تساوي 4 km .

١٢- **طرح مُتّجه** في **الشكل 5-7** اطرح المتجه K من المتجه L.



الشكل 5-7

$$6.0-(-4.0)=10.0$$

10.0 إلى اتجاه اليمين.

١٣- **مركّبات** جد مركبتي المتجه M المبين في **الشكل 5-7** .

(M_x = مركبة المتجه السينية x ، M_y = مركبة المتجه الصادية y ، m = 5.0 ، $\theta = 37.0^{\circ}$)

$$M_x = m\cos\theta$$
$$= (5.0)(\cos 37.0^{\circ})$$
$$= 4.0\ to\ the\ right$$
$$M_y = m\sin\theta$$
$$= (5.0)(\sin 37.0^{\circ})$$
$$= 3.0\ upward$$

$M_x = 4.0$ إلى جهة اليمين.

$M_y = 3.0$ في اتجاه الأعلى.

١٤- **جمع مُتّجه** جد محصلة المتجهات الثلاثة المبينة في **الشكل 5-7 .**

(R= محصلة المتجهات الثلاث ، R_x = محصلة المتجهات السينية ، K_x = مركبة المتجه K السينية ، L_x = مركبة المتجه L السينية ، M_x = مركبة المتجه M السينية ، R_y = محصلة المتجهات الصادية ، K_y = مركبة المتجه K الصادية ، L_y = مركبة المتجه L الصادية ، M_y = مركبة المتجه M الصادية ، θ = زاوية ميل المحصلة)

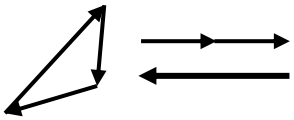
$$R_x = K_x + L_x + M_x$$
$$= -4.0 + 6.0 + 4.0$$
$$= 6.0$$
$$R_y = K_y + L_y + M_y$$
$$= 0.0 + 0.0 + 3.0$$
$$= 3.0$$
$$R = \sqrt{R_x^{\,2} + R_y^{\,2}}$$
$$= \sqrt{6.0^2 + 3.0^2}$$
$$= 6.7$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{3}{6}\right)$$
$$= 27^\circ$$
$$R = 6.7 \quad at \quad 27^\circ$$

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

علميتا الجمع والضرب علميتان إبداليتان، أمّا عمليتا الطّرح والقسمة فليستا كذلك.

١٦- **التفكير الناقد** أزيح صندوق إزاحة ما، ثم أزيح إزاحة أخرى يختلف مقدارها عن مقدار الإزاحة الأولى. فهل يمكن أن يكون للإزاحتين اتجاهان بحيث يجعلان الإزاحة المحصلة تساوي صفراً ؟ افترض أن الصندوق حُرّك خلال ثلاث إزاحات مقاديرها غير متساوية، فهل يمكن أن تكون الإزاحة المحصلة تساوي صفراً ؟ ادعم استنتاجك برسم تخطيطي.

لا. ولكن إذا كان هناك ثلاث إزاحات، وشكّلت المتّجهات الممثلة لهذه الإزاحات مثلثاً مغلقاً عند رسمها بطريقة الرأس إلى الذيل، أو إذا كان مجموع متّجهي إزاحتين يساوي متجه الإزاحة الثالث في المقدار ويعاكسه في الاتجاه، فإنّ محصلتها تساوي صفراً.



5-2 الاحتكاك Friction
مسائل تدريبية (صفحة 18)

١٧-يؤثر فتى بقوة أفقية مقداره 36 N في زلاجة وزنها 52 N عندما يسحبها على رصيف أسمنتي بسرعة ثابتة. ما معامل الاحتكاك الحركي بين الرصيف والزلاجة المعدنية ؟ أهمل مقاومة الهواء.

(F_N = وزن الزلاجة ، F_f = قوة الاحتكاك ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction)

$$F_N = mg = 52N$$

بما أن السرعة ثابتة، فإن قوة الاحتكاك تساوي القوة التي يبذلها الفتى 36 N.

$$F_f = \mu_k F_N$$

$$so\ \mu_k = \frac{F_f}{F_N}$$

$$= \frac{36N}{52N}$$

$$= 0.69$$

١٨-يدفع عامر صندوقاً ممتلئاً بالكتب من مكتبه إلى سيارة. فإذا كان وزن الصندوق والكتب معاً 134 N ومعامل الاحتكاك السكوني بين البلاط والصندوق 0.55 ، فما مقدار القوة التي يجب أن يدفع بها عامر حتى يبدأ الصندوق في الحركة ؟

($F_{Amer\ onbox}$ = قوة دفع عامر على الصندوق ، μ_s = معامل الاحتكاك السكوني Static Friction ، $F_{friction}$ = قوة الاحتكاك ، F_N = mg وزن الصندوق والكتب).

$$F_{Amer\ onbox} = F_{friction}$$

$$= \mu_s F_N$$

$$= \mu_s mg$$

$$= (0.55)(134N)$$

$$= 74N$$

١٩-تستقر زلاجة وزنها 52 N على ثلج متراكم. فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الزلاجة والثلج 0.12 ، وجلس شخص وزنه 650 N على الزلاجة فما مقدار القوة اللازمة لسحب الزلاجة على الثلج بسرعة ثابتة ؟

(F_f = قوة الاحتكاك اللازمة لسحب الزلاجة بسرعة ثابتة ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction ، F_N = وزن الزلاجة + وزن الشخص الجالس على الزلاجة).

عند السرعة الثابتة، فإن القوة المؤثرة تساوي قوة الاحتكاك، لذلك يمكن إيجاد الحل كالتالي:

$$F_f = \mu_k F_N$$

$$= (0.12)(52N + 650N)$$

$$= 84N$$

٢٠-آلة معينة بها قطعتان فولاذيتان يجب أن تُدلك كل منهما بالأخرى بسرعة ثابتة. فإذا كانت القوة الضرورية لضمان أداء القطعتين بصورة مناسبة تساوي 5.8 N قبل معالجة تقليل الاحتكاك بينهما، فاحسب – مستعيناً بالجدول 5-1 – القوة المطلوبة ليكون أداؤهما مناسباً بعد معالجتهما بالزيت.

($F_{f,before}$ = قوة احتكاك الفولاذ بالفولاذ قبل المعالجة بالزيت ، $\mu_{k,before}$ = معامل الاحتكاك الحركي لفولاذ فوق فولاذ جاف ، F_N = وزن الفولاذ ، $F_{f,after}$ = قوة احتكاك الفولاذ بالفولاذ بعد المعالجة بالزيت ، $\mu_{k,after}$ = معامل الاحتكاك الحركي لفولاذ فوق فولاذ مع الزيت)

$$F_{f,before} = \mu_{k,before} F_N$$

$$so\ F_N = \frac{F_{f,before}}{\mu_{k,before}}$$

$$= \frac{5.8N}{0.58}$$

$$= 1.0 \times 10^1 N$$

$$F_{f,after} = \mu_{k,after} F_N$$

$$= (0.06)(1.0 \times 10^1 N)$$

$$= 0.6N$$

مسائل تدريبية (صفحة 20)

٢١-تنزلق قطعة كتلتها 1.4 kg على سطح خشن، فتتباطأ بتسارع مقداره $1.25 m/s^2$. ما معامل الاحتكاك الحركي بين القطعة والسطح ؟

(F_{net} = محصلة القوى ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction ، F_N = وزن القطعة ، m= كتلة القطعة ، $a = 1.25 m/s^2$ ، g = $9.80 m/s^2$)

$$F_{net} = \mu_k F_N$$

$$ma = \mu_k mg$$

$$\mu_k = \frac{a}{g}$$

$$= \frac{1.25 m/s^2}{9.80 m/s^2}$$

$$= 0.128$$

٢٢-ساعدت والدك لتحرِّكا خزانة كتب كتلتها 21 kg في غرفة المعيشة. فإذا دُفعت الخزانة بقوة 65 N وتسارعت بمعدل $0.12 m/s^2$ ، فما معامل الاحتكاك بين الخزانة والسجادة ؟

(F_{net} = محصلة القوى ، F = 65 N ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction ، F_N = وزن الخزانة ، m = 21 kg ، $a = 0.12 m/s^2$ ، g = $9.80 m/s^2$)

$$F_{net} = F - \mu_k F_N = F - \mu_k mg = ma$$

$$\mu_k = \frac{F - ma}{mg}$$

$$= \frac{65N - (41kg)(0.12 m/s^2)}{(41kg)(9.80 m/s^2)}$$

$$= 0.15$$

٢٣-تسارَع قرص على أرض خرسانية طولها 15.8 m حتى وصلت سرعتها 5.8 m/s . فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين القرص والأرضية هو 0.31 ، فما المسافة التي يقطعها القرص قبل أن يتوقف ؟

(معامل الاحتكاك الحركي بين القرص والأرض في النسخة الإنجليزية 0.31 ، وفي النسخة العربية 0.13 ، والرقم في النسخة العربية غير متوافق مع النتيجة)

(F_{net} = محصلة القوى ، μ_k = 0.31 ، F_N = وزن القرص ، m= كتلة القرص ، a = تسارع القرص ، g = $9.80 m/s^2$ ، v_f = السرعة النهائية للقرص ، v_i = السرعة الابتدائية للقرص ، d_f = المسافة التي يقطعها القرص قبل أن يتوقف ، d_f = المسافة الابتدائية للقرص)

تحديد اتجاه حركة القرص بأنها حركة موجبة. ومن ثم أيجاد تسارع القرص نظراً لقوة الاحتكاك.

$$F_{net} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$$
$$a = -\mu_k g$$

وباستخدام المعادلة $v_f{}^2 = v_i{}^2 + 2a(d_f - d_i)$ لإيجاد المسافة.

وباعتبار $d_i = 0$ وحل المعادلة لإيجاد d_f.

$$d_f = \frac{v_f{}^2 - v_i{}^2}{2a}$$
$$= \frac{v_f{}^2 - v_i{}^2}{(2)(-\mu g)}$$
$$= \frac{(0.0m/s)^2 - (5.8m/s)^2}{(2)(-0.31)(9.80m/s^2)}$$
$$= 5.5m$$

٢٤- افترض أن القوة التي تدفع الصندوق هي ما جاء في المثال رقم 4 فما الزمن اللازم لتصبح سرعة الصندوق ضعف ما كانت عليه في المثال، أي 2.0 m/s ؟

(a = تسارع الصندوق ، v_f = السرعة النهائية للصندوق ، v_i = السرعة الابتدائية للصندوق ، t_f = الزمن اللازم لتصبح سرعة الصندوق ضعف ما كانت عليه في المثال ، t_f = الزمن الابتدائية)

السرعة الابتدائية 1.0 m/s ، السرعة النهائية 2.0 m/s ، والتسارع $2.0m/s^2$ ، لذا

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

وباعتبار أن $t_i = 0$ وحل المعادلة لإيجاد t_f

$$t_f = \frac{v_f - v_i}{a}$$
$$= \frac{2.0m/s - 1.0m/s}{2.0m/s^2}$$
$$= 0.50s$$

٢٥- عندما كان عبدالله يقود سيارته في ليلة ممطرة بسرعة 23 m/s ، شاهد فرع شجرة ملقى على الطريق فضغط على المكابح. فإذا كانت المسافة بين السيارة وبين الفرع 60.0 m ، وكان معامل الاحتكاك الحركي بين إطارات السيارة والطريق يساوي 0.41 ، فهل تتوقف السيارة قبل أن تصطدم بالفرع، علماً أن كتلة السيارة 2400 kg ؟

(F_{net} = محصلة القوى ، μ_k = 0.41 ، F_N = وزن السيارة ، m= كتلة السيارة ، a = تسارع السيارة ، g = $9.80m/s^2$ ، v_f = السرعة النهائية للسيارة ، v_i = 23 m/s ، d_f = المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن تتوقف ، d_f = المسافة الابتدائية للسيارة)

اختيار اتجاه حركة السيارة الاتجاه الموجب.

$$F_{net} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$$
$$a = -\mu_k g$$

ومن ثم استخدام المعادلة $v_f{}^2 = v_i{}^2 + 2a(d_f - d_i)$ لإيجاد المسافة.

وباعتبار $d_i = 0$ وحل المعادلة لإيجاد d_f.

$$d_f = \frac{{v_f}^2 - {v_i}^2}{2a}$$
$$= \frac{{v_f}^2 - {v_i}^2}{(2)(-\mu g)}$$
$$= \frac{(0.0m/s)^2 - (23m/s)^2}{(2)(-0.41)(9.80m/s^2)}$$
$$= 66m$$

المسافة التي تحتاجها السيارة لتتوقف 66 m ، لذا فإنّه يصطدم بالفرغ قبل أن يتمكّن من التّوقف.

5-2 مراجعة (صفحة 21)

٢٦-**احتكاك** قارن بين الاحتكاك السكوني والاحتكاك الحركي.

التشابه: يؤثر كل منهما في اتجاه يعاكس حركة الجسم (عندما يكون متحركاً أو على وشك الحركة) وينتجان عن احتكاك سطحين مع بعضهما البعض.

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 السطحين أكبر من معامل الاحتكاك الحركي بين السطحين نفسيهما.

٢٧-**احتكاك** 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 ؟

($F_{friction}$ = قوة الاحتكاك المؤثرة ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction ، F_N = وزن الصندوق ، m = 25 kg ، g = $9.80m/s^2$)

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

٢٨-**سرعة** ألقى أحمد بطاقة فانزلقت على سطح طاولة مسافة 0.35 m قبل أن تتوقف. فإذا كانت كتلة البطاقة 2.3 g ، ومعامل الاحتكاك الحركي بينها وبين سطح الطاولة 0.24 ، فما السرعة الابتدائية للبطاقة ؟

(F_{net} = محصلة القوى ، μ_k = 0.24 ، F_N = وزن البطاقة ، m= كتلة البطاقة ، a = تسارع البطاقة ، g = $9.80m/s^2$ ، v_f = 0.0 m/s ، v_i = السرعة الابتدائية للبطاقة ، d_f = المسافة التي تقطعها البطاقة قبل أن تتوقف ، d_f = 0.0 m)

اختيار اتجاه حركة البطاقة الاتجاه الموجب.

$$F_{net} = -\mu_k F_N = -\mu_k mg = ma$$
$$a = -\mu_k g$$
$$v_f = d_i = 0 \quad so$$
$$vi = \sqrt{-2ad_f}$$
$$= \sqrt{-2(-\mu_k g)d_f}$$
$$= \sqrt{-2(0.24)(9.80m/s^2)(0.35m)}$$
$$= 1.3m/s$$

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

(F_f = قوة الاحتكاك ، μ_s = 0.43 ، F_N = وزن الطاولة ، m= 40.0 kg ، g = $9.80m/s^2$)

$$F_f = \mu_s F_N$$
$$= \mu_s mg$$
$$= (0.43)(40.0kg)(9.80m/s^2)$$
$$= 1.7\times10^2 N$$

٣٠-تسارع انتقل سامي إلى شقة جديدة فوضع خزانته على أرضية صندوق الشاحنة. ما القوة التي تجعل الخزانة تتسارع عندما تتسارع الشاحنة نحوَ الأمام ؟

إنّ الاحتكاك بين الخزانة وأرضيّة صندوق الشاحنة يجعل الخزانة تتسارع إلى الأمام. وتنزلق الخزانة إلى الخلف إذا كانت القوة التي تتسبب في تسارعها أكبر من $\mu_s mg$.

٣١-التفكير الناقد تُدفع طاولة كتلتها 13 kg بقوة أفقية مقدارها 20 N ، دون أن تحركها. وعندما دفعتها بقوة أفقية 25 N اكتسبت تسارعاً مقداره $0.26m/s^2$. ما الذي يمكن أن تستنتجه عن معاملي الاحتكاك السكوني والحركي ؟

(F_f = قوة الاحتكاك ، $F_{ontable}$ = القوة المؤثرة على الطاولة ، F_2 = محصلة القوى المسببة للحركة ، m = 13 kg ، g = $9.80m/s^2$ ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction ، μ_s = معامل الاحتكاك السكوني Static Friction)

عند الانزلاق في التجربة يمكن إيجاد معامل الاحتكاك الحركي بين الطاولة والأرض كالتالي:

$$F_f = F_{ontable} - F_2$$
$$\mu_k F_N = F_{ontable} - ma$$
$$\mu_k = \frac{F_{ontable} - ma}{mg}$$
$$= \frac{25N - (13kg)(0.26m/s^2)}{(13kg)(9.80m/s^2)}$$
$$= 0.17$$

ولإيجاد معامل الاحتكاك الساكن فإن كل ما يمكن استنتاجه أن قيمة معامل الاحتكاك السكوني يقع بين القوة 20 N والقوة 25 N .

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

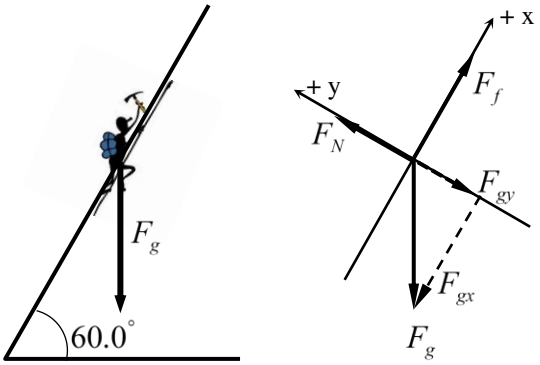
$$and\ \ \mu_s = \frac{F_{ontable}}{mg}$$
$$= \frac{25N}{(13kg)(9.80m/s^2)}$$
$$= 0.20$$

لذا فإن معامل الاحتكاك الحركي $\mu_k = 0.17$

ومعامل الاحتكاك السكوني يقع بين القيمتين $0.16 \le \mu_s < 0.20$

5-3 القوة والحركة في بعدين
مسائل تدريبية (صفحة 24)

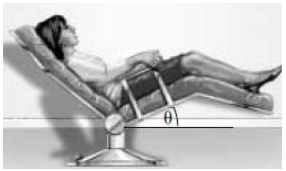
٣٢-يصعد شخص بسرعة ثابتة تلاً يميل عن العمودي بزاوية 60°. ارسم مخطط الجسم الحر لهذا الشخص.



٣٣-حرّك أحمد وسمير طاولة عليها كأس كتلتها 0.44 kg بعيداً عن أشعة الشمس. رفع أحمد طرف الطاولة من جهته قبل أن يرفع سمير الطرف المقابل، فمالت الطاولة على الأفق بزاوية 15.0°. جد مركبتي وزن الكأس الموازية لسطح الطاولة والعمودية عليه.

($F_{g,\,parallel}$ = المركبة الموازية لسطح الطاولة ، F_g = قوة جذب الأرض للكأس ، $F_{g,\,perpendicularl}$ = الركبة العمودية على سطح الطاولة ، $\theta = 15.0^\circ$)

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



الشكل 14-5

٣٤- يبين **الشكل 14-5** شخصاً كتلته 50.0 kg يجلس على كرسي في عيادة طبيب الأسنان. فإذا كانت مركبة وزنه العمودي على مستوى مقعد الكرسي 449 N ، فما الزاوية التي يميل بها الكرسي بالنسبة للمحور الأفقي ؟

($F_{g,\,perpendicularl}$ = 449 N ، F_g = قوة جذب الأرض للشخص ، θ = زاوية ميل الكرسي بالنسبة للمحور الأفقي ، m = 50.0 kg ، g= $9.80m/s^2$)

$$F_{g,\,perpendicular} = F_g \cos\theta = mg\cos\theta$$
$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{F_{g,\,perpendicular}}{mg}\right)$$
$$= \cos^{-1}\left(\frac{449N}{(50.0kg)(9.80m/s^2)}\right)$$
$$= 23.6^\circ$$

٣٥-ينزلق سامي في حديقة الألعاب على سطح مائل يصنع زاوية 35.0° فوق الأفق. فإذا كانت كتلته 43.0 kg فما مقدار القوة العمودية بين سامي والسطح المائل ؟

($35.0^\circ = \theta$ ، $9.80 m/s^2$ =g ، 43.0 kg = m ، F_N = القوة العمودية بين سامي والسطح المائل)

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

٣٦-إذا وضعت حقيبة سفر على سطح مائل، فما مقدار الزاوية التي يجب أن يميل بها هذا السطح بالنسبة للمحور الرأسي حتى تكون مركبة وزن الحقيبة الموازية للسطح مساوية لنصف مقدار مركبتها العمودية ؟

($F_{g,parallel}$ =المركبة الموازية للسطح ، F_g = قوة جذب الأرض للحقيبة ، θ = زاوية ميل السطح بالنسبة للمحور الأفقي ، $F_{g,perpendicularl}$ = المركبة العمودية على السطح)

$F_{g,parallel} = F_g \sin\theta$ حيث أن الزاوية مرتبطة بالأفق،

$F_{g,perpendicular} = F_g \cos\theta$ حيث أن الزاوية مرتبطة بالأفق،

$$F_{g,perpendicular} = 2F_{g,parallel}$$
$$2 = \frac{F_{g,perpendicular}}{F_{g,parallel}}$$
$$= \frac{F_g \cos\theta}{F_g \sin\theta}$$
$$= \frac{1}{\tan\theta}$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\right)$$
$$= 26.6^\circ$$

مقدار الزاوية 26.6° بالنسبة للمحور الأفقي، وعليه تكون الزاوية 63.4° بالنسبة للمحور العمودي وهو المطلوب.

مسائل تدريبية (صفحة 26)

٣٧-احسب تسارع الصندوق الموضّح في المثال 5. وما مقدار سرعة الصندوق بعد مرور 4.00 s من بدء حركته ؟

(a = تسارع الصندوق ، F= وزن الصندوق ، F_g = قوة جذب الأرض للصندوق ، m = كتلة الصندوق ، θ = 63.4° ، g = $9.80 m/s^2$ ، v_f = السرعة النهائية للصندوق ، v_i = السرعة الابتدائية للصندوق ، t_f = الزمن النهائي للصندوق ، t_i = الزمن الابتدائي للصندوق)

أولاً: تسارع الصندوق:

$$a = \frac{F}{m}$$
$$= \frac{F_g \sin\theta}{m}$$
$$= \frac{mg\sin\theta}{m}$$
$$= g\sin\theta$$
$$= (9.80m/s^2)(\sin 30.0^\circ)$$
$$= 4.90m/s^2$$

ثانياً: سرعة الصندوق بعد 4.00 s من بدء الحركة:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$$

حيث أن $v_i = t_i = 0$ ، وبحل المعادلة لإيجاد v_f .

$$v_f = at_f$$
$$= (4.90 m/s^2)(4.00 s)$$
$$= 19.6 m/s$$

٣٨-في المثال رقم 6 ، إذا تزلج الشخص نفسه إلى أسفل منحدر ثلجي زاوية ميله 31° على الأفقي، فما مقدار تسارعه ؟

(a = تسارع الزلاجة ، g = $9.80 m/s^2$ ، $\theta = 31^\circ$)

بما أن:

$$a = g(\sin\theta - \mu \cos\theta)$$
$$a = (9.80 m/s^2)(\sin 31^\circ - (0.15)(\cos 31^\circ))$$
$$= 3.8 m/s^2$$

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

($F_{Stacie's\ weight\ parallel\ with\ slide}$ = مركبة وزن الشخص الموازية للانزلاق ، F_f = قوة الاحتكاك ، m = كتلة الشخص ، a = تسارع الشخص ، g = $9.80 m/s^2$ ، $\theta = 45^\circ$ ، $\mu_k = 0.25$ ، F_N = وزن الشخص)

$$F_{Stacie's\ weight\ parallel\ with\ slide} - F_f = ma$$
$$a = \frac{F_{Stacie's\ weight\ parallel\ with\ slide} - F_f}{m}$$
$$= \frac{mg\sin\theta - \mu_k F_N}{m}$$
$$= \frac{mg\sin\theta - \mu_k mg}{m}$$
$$= g(\sin\theta - \cos\theta)$$
$$= (9.80 m/s^2)[\sin 45^\circ - (0.25)(\cos 45^\circ)]$$
$$= 5.2 m/s^2$$

٤٠-في المثال رقم 6 إذا ازداد الاحتكاك بين الشخص والثلج فجأة إلى أن أصبحت القوة المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً بعد مرور 5.0 s من بدء حركته، فما مقدار معامل الاحتكاك الحركي الجديد ؟

(a = تسارع الشخص ، g = $9.80 m/s^2$ ، $\theta = 37^\circ$ ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction)

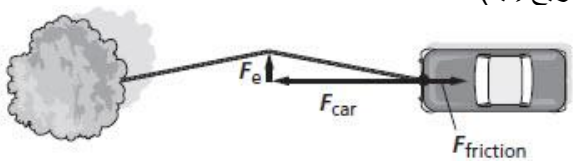
$$a = g(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$$
$$a = g\sin\theta - g\mu_k \cos\theta$$
$$If\ \ a = 0$$
$$0 = g\sin\theta - g\mu_k \cos\theta$$
$$\mu_k \cos\theta = \sin\theta$$
$$\mu_k = \frac{\sin 37^\circ}{\cos 37^\circ}$$
$$= 0.75$$

5-3 مراجعة (صفحة 27)

٤١- **القوى** إحدى 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 ؟

(F_e = قوة سحب الحبل ، T= قوة الشد في طرفي الحبل ، θ = زاوية ميل الحبل عن وضعه الطبيعي ، F_{car} = مركبة موازية لحركة السيارة ، $F_{friction}$ = قوة الاحتكاك)

توضّح المتجهات المبينة في مخطّط الجسم الحرّ أن تأثير قوة عموديّة، مهما كانت صغيرة، على الحبل تؤدي إلى زيادة قوة الشدّ فيه إلى الحدّ الذي يمكن بوساطته التغلب على قوة الاحتكاك، وحيث أن $F = 2T\sin\theta$ فإن قوة الشد تعطى بالعلاقة $T = \dfrac{F}{2\sin\theta}$، فإن قيم صغيرة لـ θ تؤدي إلى زيادة كبيرة في قوة الشدّ (حيث تمثل θ الزاوية بين الموضع الابتدائي للحبل والموضع الذي أزيح إليه) .



(ملاحظة: أتت العلاقة $F = 2T\sin\theta$ من جمع المركبات الصادية فقوة السحب تساوي مركبتي قوة شد طرفي الحبل الصاديتان، أما المركبات السينية لقوة الشد في طرفي الحبل متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه ومحصلتهما صفراً)

٤٢- **الكتلة** تُعلَّق لوحة النتائج الإلكترونية في سقف صالة ألعاب رياضية بـ10 أسلاك غليظة، ستة منها تصنع زاوية 8.0° مع العمودي، في حين تصنع الأسلاك الأربعة الأخرى زاوية 10.0° مع العمودي. فإذا كان الشد في كل سلك 1300.0 N ، فما مقدار كتلة لوحة النتائج ؟

($F_{net,y}$ = محصلة المركبات الصادية ، m = كتلة لوحة النتائج الإلكترونية ، a_y = تسارع لوحة النتائج الإلكترونية على المحور الصادي ، $F_{cablesonboard}$ = محصلة المركبات الصادية لقوة الشد في الأسلاك ، F_g = وزن لوحة النتائج الإلكترونية ، F_{cable} = 1300.0 N ، $\theta_6 = 8.0^\circ$ ، $\theta_4 = 10.0^\circ$ ، g = $9.80 m/s^2$)

$$F_{net,y} = ma_y = 0$$

$$F_{net,y} = F_{cablesonboard} - F_g$$

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

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

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

$$= 1.31\times10^3 kg$$

٤٣- **التسارع** يُسحب صندوقٌ كتلته 63 kg بحبل على سطح مائل يصنع زاوية 14.0° فوق الأفقي. فإذا كان الحبل يوازي السطح، والشد فيه 512 N ، ومعامل الاحتكاك الحركي 0.27 ، فما مقدار تسارع الصندوق واتجاهه ؟

(F_N = وزن الصندوق ، m = 63 kg ، g = $9.80 m/s^2$ ، $\theta = 14.0^\circ$ ، $F_{ropeon\ skier}$ = 512 N ، F_g = مركبة وزن الصندوق والموازية لمستوى السطح ، F_f = قوة الاحتكاك ، a = تسارع الصندوق ، μ_k = 0.27)

$$F_N = mg\cos\theta$$

$$F_{ropeon\ skier} - F_g - F_f = ma$$

$$F_{ropeon\ skier} - mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma$$

$$a = \frac{F_{ropeon\,skier} - mg\,\sin\theta - \mu_k mg\,\cos\theta}{m}$$
$$= \frac{512N - (63kg)(9.80m/s^2)(\sin 14.0^\circ) - (0.27)(63kg)(9.80m/s^2)(\cos 14.0^\circ)}{63kg}$$
$$= 3.2m/s^2$$

يتسارع الصندوق بمقدار $3.2m/s^2$ والاتجاه إلى أعلى السطح المائل.

٤٤- **الاتزان** تُعلّق لوحة فنية بسلكين طويلين. إذا كانت القوة المؤثرة في السلكين كبيرة فإنّهما سينقطعان، فهل يجب أن تُعلّق اللوحة كما في **الشكل 5-15a** أم كما في **الشكل 5-15b** فسر ذلك.

a

b

▪ **الشكل 5-15**

(F_T = قوة الشد في السلك ، F_g = قوة جذب الأرض للّوحة الفنية ، θ = زاوية ميل السلك)

تعلّق كما في الشكل 5-15b؛ حسب العلاقة $F_T = \frac{F_g}{2\sin\theta}$ ، لذا فإن F_T تقل كلّما زادت قيمة θ. وفي الشكل 5-15b، تكون الزاوية θ هي الأكبر.

(ملاحظة: في دليل المعلم كتبت العلاقة $F_T = F_g 2\sin\theta$ أنها أساس في الإجابة وهذا باعتقادي خطأ مطبعي والصحيح ما تم اعتماده هنا في الحل وهو العلاقة $F_T = \frac{F_g}{2\sin\theta}$ وهو المعتمد في النسخة الإنجليزية)

٤٥- **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 فيه إلا وزن المتزلج.

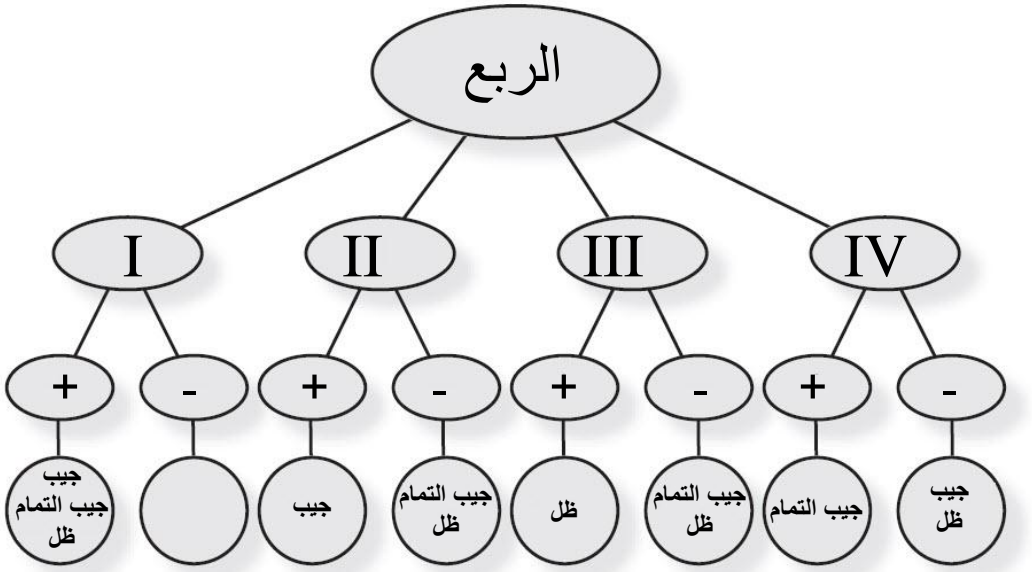
لا؛ لأنّ اتجاه قوى الاحتكاك في عكس اتجاه حركة المتزلج، إضافةً إلى أن مركبة قوة الوزن الموازية للتل تكون في اتجاه أسفل التل وليس إلى أعلاه.

القوى في بعدين

التقويم (صفحة 34-32)

خريطة المفاهيم

٤٦-أكمل الخريطة أدناه مستعملاً الجيب وجيب التمام والظل للإشارة الى كل اقتران بإشارة موجبة أو سالبة في كل ربع من الدائرة. قد تبقى بعض الدوائر فارغة، وقد يشمل بعضها الآخر على أكثر من عبارة.



(في أساس المسألة المكتوبة باللغة العربية اعتمد الأرقام 1 و 2 للدلالة على الإشارة، أما النسخة الإنجليزية فكتبت الإشارات + و – وهي الأقرب إلى صيغة السؤال)

إتقان المفاهيم

٤٧-صف كيف يمكن جمع متجهين بطريقة الرسم ؟

ارسم مستعملاً مقياس رسم مناسب سهمين يُمثلان الكميتين المتجهتين، اجمع بطريقة الرأس مع الذيل، ثم ارسم سهماً من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتّجه الأخير، ثمّ قس طول هذا السهم وحدّد اتجاهه.

٤٨-أي الأعمال التالية يُسمح بها عند جمع متجه مع متجه آخر بطريقة الرسم. تحريك المتجه، دوران المتجه، تغيير طول المتجه ؟

يمكن تحريك المتّجه دون تغيير طوله أو اتجاهه.

٤٩-اكتب بكلماتك الخاصة تعريفاً واضحاً لمحصلة متجهين أو أكثر. فسر ما تمثله.

المحصلة هي الجمع الاتجاهي لمتجهين أو أكثر، وهي تمثل الكمية الناتجة من إضافة المتجهات إلى بعضها البعض.

٥٠-كيف تتأثر الإزاحة المحصلة عند جمع متجهي إزاحة بترتيب مختلف ؟

لا تتأثّر.

٥١-وضح الطريقة التي يمكن أن تستعملها لطرح كميتين متجهين بطريقة الرسم ($F_1 - F_2$ مثلاً)

اعكس اتجاه المتّجه الثاني ثمّ اجمعهما.

٥٢-ما الطريقة التي يمكن استعمالها لإيجاد زاوية متجه ما أو اتجاهه بالنسبة لمحور النظام الإحداثي عندما يُستعمل نظام إحداثي معين ؟

تُقاس الزاوية باتجاه عكس عقارب الساعة من محور x+.

٥٣-ما معنى أن يكون معامل الاحتكاك أكبر من واحد ؟

قوة الاحتكاك أكبر من القوة العمودية. يُمكنك سحب جسم على سطح ما وقياس القوة التي تحتاج إليها لتحريكه بسرعة ثابتة، ثم قياس وزن الجسم.

٥٤-**سيارات** هل يزداد احتكاك إطار السيارة بالطريق إذا ازداد عرضه أم يقل ؟ وضح ذلك مستعملاً معادلتي الاحتكاك اللتين درستهما في هذا الفصل ؟

لا يحدث أيّ اختلاف لأن قوة الاحتكاك لا تعتمد على مساحة السطح.

٥٥-صف نظاماً إحداثياً مناسباً للتعامل مع مسألة تشتمل على كرة تُقذف إلى الأعلى في الهواء.

أحد المحاور رأسيّاً بحيث يكون المحور الموجب في اتجاه الأعلى أو في اتجاه الأسفل.

٥٦-إذا عُين نظام إحداثي يشير فيه المحور x الموجب في اتجاه يصنع زاوية 30° فوق الأفقي، فما الزاوية بين المحور x والمحور y ؟ وكيف يجب أن يكون اتجاه محور y الموجب ؟

يجب أن يكون المحوران متعامدين. يرسم محور y الموجب بزاوية تميل عن الرأسي بمقدار 30° بحيث يكون عموديّاً على المحور x .

٥٧-إذا كان كتاب الفيزياء متزناً، فما الذي يمكن أن تستنتجه حول القوى المؤثرة فيه ؟

القوة المحصلة المؤثرة في الكتاب تساوي صفراً.

٥٨-هل يمكن لجسم متزن أن يتحرك ؟ وضح ذلك.

نعم. حسب القانون الأول لنيوتن يُمكن ذلك ما دامت سرعة الجسم ثابتة وتسارعه يساوي صفر.

٥٩-إذا طلب إليك تحليل حركة كتاب يستقر على سطح مائل:

a. فصف أفضل نظام إحداثي لتحليل الحركة.

b. كيف تتأثر قيمة مركبتي وزن الكتاب بمقدار زاوية ميل السطح ؟

a. اجعل المحور y عموديّاً على السطح المائل، واجعل المحور x يشير في اتجاه أعلى السطح وموازياً له.

b. إحدى المركبتين موازية للسطح المائل والأخرى عموديّة عليه.

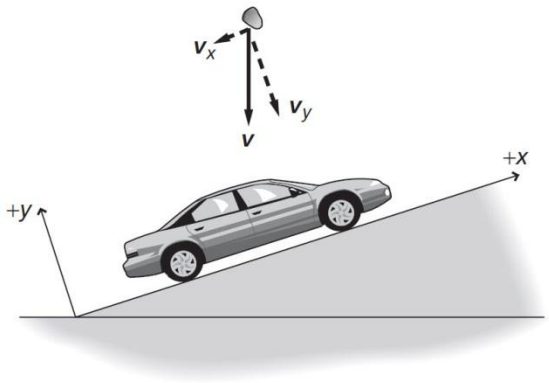
تطبيق المفاهيم

٦٠-رسم متجه طوله 15 mm ليمثل سرعة مقدارها 30 m/s . كم يجب أن يكون طول متجه يُرسم ليمثل سرعة مقدارها 20 m/s ؟

$$(20m/s)\left(\frac{15mm}{30m/s}\right)=10mm$$

٦١-كيف تتغير الإزاحة المحصلة عندما تزداد الزاوية بين متجهين من 0° إلى 180° ؟

تزداد المحصلة.

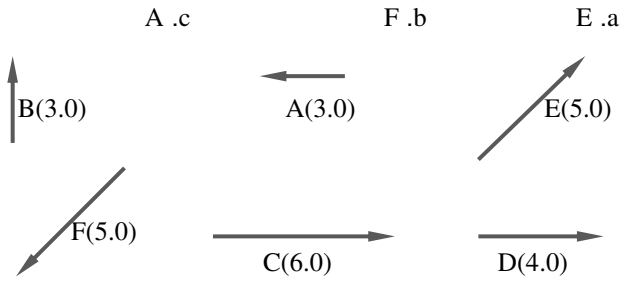


٦٢-**السفر بالسيارة** سيارة سرعتها 50 km/h تسير في اتجاه 60° شمال شرق. تم اختيار نظام إحداثي يشير فيه محور x الموجب في اتجاه الشرق ومحور y الموجب في اتجاه الشمال. أي مركّبتي متجه السرعة أكبر: التي في اتجاه المحور x أم التي في اتجاه المحور y ؟

المركّبة المتجهة شمالاً y هي الأكبر.

تطبيق المفاهيم

٦٣-أوجد المركّبة الأفقية والمركبة العمودية للمتجهات التالية والمبينة في **الشكل 16-5 .**



▪ الشكل 16-5

a. E

$$E_x = E\cos\theta$$
$$= (5.0)(\cos 45^\circ)$$
$$= 3.5$$
$$E_y = E\sin\theta$$
$$= (5.0)(\sin 45^\circ)$$
$$= 3.5$$

b. F

$$F_x = F\cos\theta$$
$$= (5.0)(\cos 225^\circ)$$
$$= -3.5$$
$$F_y = F\sin\theta$$
$$= (5.0)(\sin 225^\circ)$$
$$= -3.5$$

c. A

$$A_x = A\cos\theta$$
$$= (3.0)(\cos 180^\circ)$$
$$= -3.0$$
$$A_y = A\sin\theta$$
$$= (3.0)(\sin 180^\circ)$$
$$= 0.0$$

٦٤-**سيارات** تتحرك سيارة إزاحة 65 km في اتجاه الشرق، ثم تتحرك إزاحة 45 km في اتجاه الغرب. ما الإزاحة الكلية للسيارة؟

(Δd = الإزاحة الكلية للسيارة)

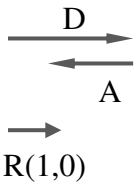
$$65\ km + (-45km) = 2.0\times10^1\ km$$
$$\Delta d = 2.0\times10^1\ km,\ east$$

الإزاحة الكلية للسيارة $2.0\times10^1\ km$ شرقاً.

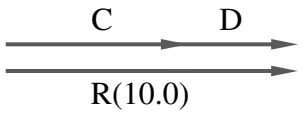
٦٥-أوجد بطريقة الرسم مجموع كل زوج من المتجهات التالية، علماً بأن مقدار كل متجه واتجاهه مبينان في **الشكل 16-5**.

a. D وA　　d. D و C　　c. C و A　　d. E و F

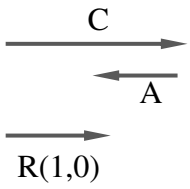
a. D وA



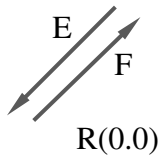
d. D و C



c. C و A



d. E و F



٦٦-يمشي رجل إزاحة 30 m جنوباً ثم إزاحة 30 m شرقاً. جد مقدار الإزاحة المحصلة واتجاهها بطريقة الرسم أولاً، ثم بطريقة تحليل المتجهات.

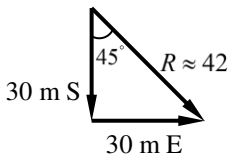
$$R^2 = A^2 + B^2$$

$$R = \sqrt{(30m)^2 + (30m)^2}$$

$$= 40m$$

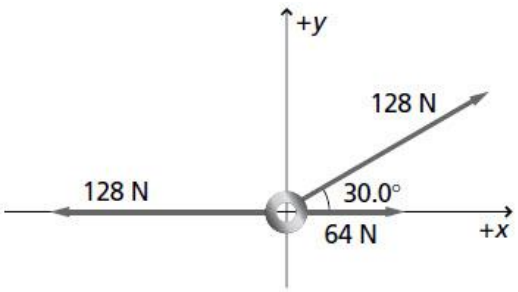
$$\tan\theta = \frac{30m}{30m} = 1$$

$$\theta = 45^\circ$$



$4.0\times10^{1}m$، في اتجاه يصنع زاوية 45° شرق الجنوب.

٦٧-ما القوة المحصلة التي تؤثر في الحلقة المبينة في **الشكل 18-5 .**



▪ **الشكل 18-5**

$$A = -128N + 64N$$
$$= -64N$$
$$A_x = A\cos\theta$$
$$= (-64)(\cos 180^\circ)$$
$$= -64N$$
$$A_y = A\sin\theta$$
$$= (-64)(\sin 180^\circ)$$
$$= 0N$$
$$B_x = B\cos\theta$$
$$= (128)(\cos 30.0^\circ)$$
$$= 111N$$
$$B_y = B\sin\theta$$
$$= (128)(\sin 30.0^\circ)$$
$$= 64N$$
$$R_x = A_x + B_x$$
$$= -64N + 111N$$
$$= 47N$$
$$R_y = A_y + B_y$$
$$= 0N + 64N$$
$$= 64N$$
$$R = \sqrt{R_x^{\,2} + R_y^{\,2}}$$
$$= \sqrt{(47N)^2 + (64N)^2}$$
$$= 79N$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{64}{47}\right)$$
$$= 54^\circ$$

٦٨-ينزلق صندوق خشبي كتلته 12.0 kg بسرعة ثابتة على سطح الغرفة، وذلك تحت تأثير قوة أفقية مقدارها 30.0 N . ما مقدار معامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق وسطح الغرفة ؟

(F_f = قوة الاحتكاك ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction ، F_N = وزن الصندوق ، m= 12.0 kg ، g= $9.80 m/s^2$ ، $F_{horizontal}$ = 30.0 N)

$$F_f = \mu_k F_N = \mu_k mg = F_{horizontal}$$

$$\mu_k = \frac{F_{horizontal}}{mg}$$

$$= \frac{30.0N}{(12.0kg)(9.80m/s^2)}$$

$$= 0.255$$

٦٩-يُسحب صندوق كتلته 225 kg أفقيّاً تحت تأثير قوة مقدارها 710 N . فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي 0.20 ، فاحسب تسارع الصندوق.

(m = 225 kg ، a = تسارع الصندوق ، F_{net} = محصلة القوى ، F_{appl} = 710 N ، F_f = قوة الاحتكاك ، μ_k = 0.20 ، g= $9.80 m/s^2$)

$$ma = F_{net} = F_{appl} - F_f$$

وبما أن $F_f = \mu_k F_N = \mu_k mg$

$$a = \frac{F_{appl} - \mu_k mg}{m}$$

$$= \frac{710N - (0.20)(225kg)(9.80m/s^2)}{225kg}$$

$$= 1.2m/s^2$$

٧٠-تؤثر قوة مقدارها 40.0 N في جسم كتلته 5.0 kg موضوع على سطح أفقي فتكسبه تسارعاً مقداره $6.0 m/s^2$ في اتجاهها.

a. كم تبلغ قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح ؟

b. ما مقدار معامل الاحتكاك الحركي ؟

(m = 5.0 kg ، a = $6.0 m/s^2$ ، F_{net} = محصلة القوى ، F_{appl} = 40.0 N ، F_f = قوة الاحتكاك ، μ_k = معامل الاحتكاك الحركي Kinetic Friction ، F_N = وزن الجسم ، g = $9.80 m/s^2$)

a.

$$ma = F_{net} = F_{appl} - F_f$$

$$so \quad F_f = F_{appl} - ma$$

$$= 40.0N - (5.0kg)(6.0m/s^2)$$

$$= 1.0 \times 10^1 N$$

b.

$$F_f = \mu_k F_N = \mu_k mg$$

$$so \quad \mu_k = \frac{F_f}{mg}$$

$$= \frac{1.0 \times 10^1 N}{(5.0kg)(9.80m/s^2)}$$

$$= 0.20$$

٧١-يتزن جسم تحت تأثير ثلاث قوى، إذ تؤثر القوى الأولى 33.0 N في اتجاه يصنع زاوية 90.0° بالنسبة للمحور x ، أما القوة الثانية 44.0 N فتؤثر في اتجاه يصنع زاوية 60.0° بالنسبة للمحور x . ما مقدار القوة الثالثة واتجاهها ؟

(F_1 = 33.0 N ، θ_1 = 90.0° = المركبة السينية للقوة الأولى ، F_{1x} = المركبة الصادية للقوة الأولى ، F_{1y} = F_2 = 44.0 N ، θ_2 = 60.0° = المركبة السينية للقوة الثانية ، F_{2x} = المركبة الصادية للقوة الثانية ، F_{2y} = القوة الثالثة ، F_3 = المركبة السينية للقوة الثالثة ، F_{3x} = المركبة الصادية للقوة الثالثة ، F_{3y} = زاوية ميل القوة الثالثة عن الأفقي θ_3)

أولاً نوجد محصلة القوتين المعلومتين. وعند الاتزان تكون القوة الثالثة مساوية لمحصلة القوتين ومعاكسة لها في الاتجاه.

$$F_1 = 33.0N,\ 90.0^\circ$$
$$F_2 = 44.0N, 60.0^\circ$$
$$F_3 = ?$$
$$F_{1x} = F_1 \cos\theta_1$$
$$= (33.0N)(\cos\ 90.0^\circ)$$
$$= 0.0N$$
$$F_{1y} = F_1 \sin\theta_1$$
$$= (33.0N)(\sin 60.0^\circ)$$
$$= 33.0N$$
$$F_{2x} = F_2 \cos\theta_2$$
$$= (44.0N)(\cos\ 60.0^\circ)$$
$$= 22.0N$$
$$F_{2y} = F_2 \sin\theta_2$$
$$= (44.0N)(\sin 60.0^\circ)$$
$$= 38.1N$$
$$F_{3x} = F_{1x} + F_{2x}$$
$$= 0.0N + 22.0N$$
$$= 22.0N$$
$$F_{3y} = F_{1y} + F_{2y}$$
$$= 33.0N + 38.1N$$
$$= 71.1N$$
$$F_3 = \sqrt{{F_{3x}}^2 + {F_{3y}}^2}$$
$$= \sqrt{(22.0N)^2 + (71.1N)^2}$$
$$= 74.4N$$

ولكي يتزن الجسم فإن جمع القوى الثلاثة يساوي صفراً، إذاً

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_{3y}}{F_{3x}}\right) + 180.0^\circ$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{71.1}{22.0}\right) + 180.0^\circ$$
$$= 253^\circ$$
$$F_3 = 74.4N,\ 253^\circ$$

مقدار القوة الثالثة 74.4 N ، في اتجاه يصنع زاوية 253° بالنسبة للأفقي.

٧٢-وضع صندوق وزنه 215 N على سطح مائل يصنع زاوية 35.0° على الأفقي. أوجد مركبة قوة الوزن الموازية للسطح.

(F_{parallel} = مركبة قوة الوزن الموازية للسطح ، F_g = 215 N ، $\theta = 35.0^{\circ}$)

$$F_{\text{parallel}} = F_g \sin\theta$$
$$= (215N)(\sin 35.0^{\circ})$$
$$= 123N$$

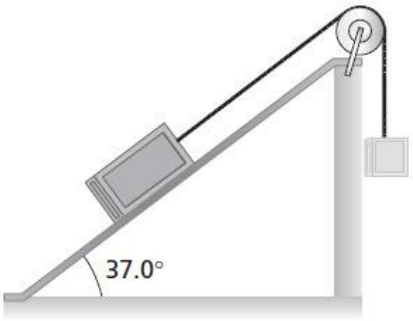
٧٣-رُبط جسمان بخيط يمر فوق بكرة ملساء مهملة الكتلة بحيث يستقر أحدهما على سطح مائل، والآخر مُعلق كما في **الشكل 5-19** . إذا كانت كتلة الجسم المعلق 16.0 kg وكتلة الجسم الثاني 8.0 kg ، ومعامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والسطح المائل 0.23 . وتُركت المجوعة لتتحرك من السكون فاحسب:

a. مقدار تسارع المجموعة. b. مقدار الشد في الخيط.

(F= محصلة القوى المؤثرة في المجموعة ، m_{both} = كتلة المجموعة ، a = تسارع المجموعة ، $F_{g\ hanging}$ = قوة جذب الأرض للجسم المعلق ، $F_{||\ plan}$ =القوة المؤثرة على الجسم الموضوع على السطح المائل ، $F_{f\ \ plane}$ = قوة الاحتكاك على السطح المائل ، $m_{hanging}$ = 16.0 kg ، g = $9.80m/s^2$ ، θ = زاوية ميل السطح المائل ، μ_k = 0.23 ، m_{plane} = 8.0 kg ، $F_{g\ plane}$ = قوة جذب الأرض للجسم الموضوع على السطح المائل ، F_T = قوة الشد في الخيط ، F_g = قوة جذب الأرض للجسم المعلق ، F_a = القوة المسببة لتسارع المجموعة)

a.

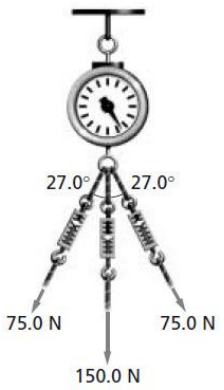
$$F = m_{both}a = F_{g\ hanging} - F_{||\ plane} - F_{f\ \ plane}$$
$$so\ a = \frac{m_{hanging}g - F_{g\ plane}\sin\theta - \mu_k F_{g\ plane}\cos\theta}{m_{both}}$$
$$= \frac{m_{hanging}g - m_{plane}g\sin\theta - \mu_k m_{plane}g\cos\theta}{m_{both}}$$
$$= \frac{g\left(m_{hanging} - m_{plane}\sin\theta - \mu_k m_{plane}\cos\theta\right)}{\left(m_{hanging} + m_{plane}\right)}$$
$$= \frac{(9.80m/s^2)(16.0kg - (8.0)(\sin 37.0^{\circ}) - (0.23)(8.0kg)(\cos 37.0^{\circ}))}{(16.0kg + 8.0kg)}$$
$$= 4.0m/s^2$$



الشكل 5-19

b.

$$F_T = F_g - F_a$$
$$= mg - ma$$
$$= m(g - a)$$
$$= (16.0kg)(9.80m/s^2 - 4.0m/s^2)$$
$$= 93N$$



الشكل 5-21

مراجعة عامة

٧٤-يُسحب الميزان في **الشكل 5-21** بثلاثة حبال. ما مقدار القوة المحصلة التي يقرؤها الميزان ؟

(F_y = المركبة الصادية ، F= قوة شد الحبل ، θ = زاوية ميل قوة شد الحبل عن المحور الصادي ، $F_{y,total}$ = محصلة المركبات الصادية ، $F_{y,left}$ = المركبة الصادية للقوة الواقعة يسار

المحور الصادي ، $F_{y,middle}$ = المركبة الصادية للقوة الواقعة في المنتصف ، $F_{y,right}$ = المركبة الصادية للقوة الواقعة يمين المحور الصادي)

إيجاد المركبات الصادية للحبلين الذين في الجهتين وإضافتها إلى الحبل الأوسط.

$$F_y = F\cos\theta$$
$$= (75.0N)(\cos 27.0^\circ)$$
$$= 66.8N$$
$$F_{y,total} = F_{y,left} + F_{y,middle} + F_{y,right}$$
$$= 66.8N + 150.0N + 66.8N$$
$$= 283.6N$$

٧٥-**التزلج** تُسحب زلاجة كتلتها 50.0 kg على أرض منبسطة مغطاة بالثلج. فإذا كان معامل الاحتكاك السكوني 0.30 ، معامل الاحتكاك الحركي 0.10 فاحسب:

a. وزن الزلاجة.

b. القوة التي سنحتاج إليها لكي تبدأ الزلاجة في الحركة.

c. القوة التي تتطلبها الزلاجة لتستمر في الحركة بسرعة ثابتة.

d. بعد أن تبدأ الزلاجة في الحركة، ما القوة المحصلة التي ستحتاج إليها الزلاجة لتتسارع بمعدل $3.0m/s^2$ عن الأفقي؟

(F_g = وزن الزلاجة ، m = 50.0 kg ، g = $9.80m/s^2$ ، F_f = قوة الاحتكاك ، μ_s = 0.30 ، $F_g = F_N$ = وزن الزلاجة ، μ_k =0.10 ، a= $3.0m/s^2$ ، F_{net} = محصلة القوى ، F_{appl} = القوة المؤثرة)

a.
$$F_g = mg = (50.0kg)(9.80m/s^2)$$
$$= 4.90\times10^2 N$$

b.
$$F_f = \mu_s F_N$$
$$= \mu_s F_g$$
$$= (0.30)(4.90\times10^2 N)$$
$$= 1.5\times10^2 N$$

c.
$$F_f = \mu_k F_N$$
$$= \mu_k F_g$$
$$= (0.10)(4.90\times10^2 N)$$
$$= 49N,\ \ kinetic\ \ friction$$

d.
$$ma = F_{net} = F_{appl} - F_f$$
$$so\ \ F_{appl} = ma + F_f$$
$$= (50.0kg)(30.0m/s^2) + 49N$$
$$= 2.0\times10^2 N$$

٧٦-يراد دفع صخرة كبيرة كتلتها 20.0 kg إلى أعلى سطح جبل دون دحرجتها، فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصخرة والسطح هو 0.40 ، وميل السطح 30.0° عن الأفقي.

a. ما القوة التي يتطلبها دفع الصخرة إلى أعلى السطح بسرعة ثابتة ؟

b. إذا دفعت الصخرة بسرعة 0.25 m/s ، وتطلّب الوصول إلى قمة الجبل 8.0 ساعات، فما ارتفاع الجبل ؟

($F_{S\,on\,rock}$ =القوة المطلوبة لدفع الصخرة إلى أعلى السطح بسرعة ثابتة ، $F_{g\parallel\,to\,slope}$ = مركبة قوة جذب الأرض للصخرة والموازية للسطح ، F_f = قوة الاحتكاك ، m = 20.0 kg ، g = $9.80 m/s^2$ ، θ = 30.0° ، μ_k = 0.40 ، a= تسارع الصخرة = 0 ، h= ارتفاع الجبل ، d= المسافة التي دفعت فيها الصخرة ، v = 0.25 m/s ، t = 8.0 h)

a.

$$F_{S\,on\,rock} - F_{g\parallel\,to\,slope} - F_f = F_{S\,on\,rock} - mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma = 0$$

$$F_{S\,on\,rock} = mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta$$

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

$$= (20.0kg)(9.80m/s^2)(\sin 30.0^\circ + (0.4)(\cos 30.0^\circ))$$

$$= 166N$$

$$h = d\sin\theta$$

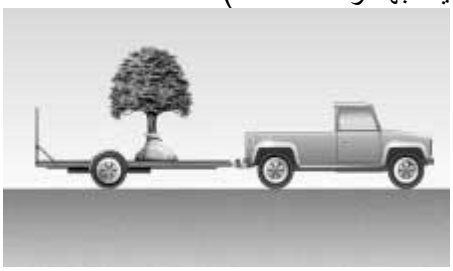
$$= vt\sin\theta$$

$$= (0.25m/s)(8.0h)(3600s/h)(\sin 30.0^\circ)$$

$$= 3.6\times10^3 m = 3.6km$$

٧٧- **الطبيعة** تُنقل شجرة بشاحنة ومقطورة ذات سحط مستوٍ، كما في **الشكل 22-5** . إذا انزلقت قاعدة الشجرة فإنّها ستنزلق. فإذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين الشجرة وسطح المقطورة يساوي 0.50 . فما أقل مسافة يتطلبها توقف الشاحنة التي تسير بسرعة 55 km/h ، بحيث تتسارع بانتظام دون أن تنزلق الشجرة أو تنقلب ؟

(F_{truck} = قوة الشاحنة ، F_f = قوة الاحتكاك ، μ_s = 0.50 ، F_N = وزن الشجرة ، m = كتلة الشجرة ، g = $9.80 m/s^2$ ، a= تسارع الشاحنة ، v_f = السرعة النهائية للشاحنة = 0 ، v_i = 55 km/h ، Δd = أقل مسافة يتطلبها توقف الشاحنة)



الشكل 22-5

$$F_{truck} = -F_f = -\mu_s F_N = -\mu_s mg = ma$$

$$a = \frac{-\mu_s mg}{m} = -\mu_s g$$

$$= -(0.50)(9.80m/s^2)$$

$$= -4.9m/s^2$$

$$v_f{}^2 = v_i{}^2 + 2a\Delta d \qquad with\ \ v_f = 0$$

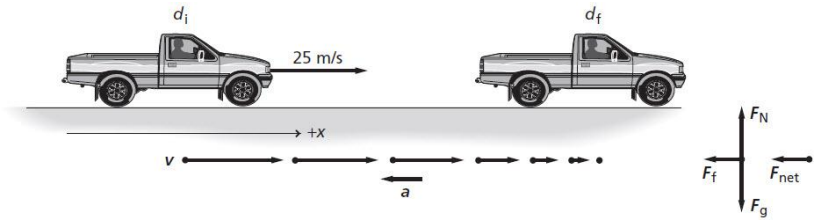
$$so\ \ \Delta d = \frac{v_i{}^2}{2a}$$

$$= \frac{-\left((55km)\left(\frac{1000m}{1km}\right)\left(\frac{1h}{3600s}\right)\right)}{(2)(-4.9m/s^2)}$$

$$= 24m$$

التفكير الناقد

٧٨- **استعمال النماذج** اعتبر أن الأمثلة التي استعملتها في هذا الفصل نماذج. اكتب مثالاً لحل المسألة الآتية، على أن تتضمن الخطوات التالية: تحليل المسألة ورسمها، واستخراج الكمية المجهولة، وتقويم الجواب: سيارة كتلتها 975 kg تسير بسرعة 25 km/h ، ضغط سائقها على المكابح. ما أقصر مسافة تحتاج إليها السيارة لتتوقف ؟ افترض أن الطريق مصنوعة من الخرسانة، وقوة الاحتكاك بين الطريق والعجلات ثابتة، والعجلات لا تنزلق.



تحليل ورسم المسألة:

- اختيار نظام إحداثيات مع تحديد اتجاه المحور الموجب.
- رسم مخطط للحركة.
- تسمية v وa.
- رسم مخططاً خالياً من الجسم.

المعطيات: المجهول: $d_f = ?$

$$d_i = 0$$
$$v_i = 25m/s$$
$$v_f = 0$$
$$m = 975kg$$
$$\mu_s = 0.80$$

الحل لإيجاد المجهول.

استخدام قانون نيوتن الثاني لإيجاد التسارع a.

$$-F_{net} = ma$$
$$-F_f = ma \qquad \text{باستبدال} \quad -F_f = -F_{net}$$
$$-\mu F_N = ma \qquad \text{باستبدال} \quad F_f = \mu F_N$$
$$-\mu mg = ma \qquad \text{باستبدال} \quad F_N = mg$$
$$a = -\mu g$$

باستخدام المعادلة السابقة لإيجاد قيمة المسافة

$$v_f{}^2 = v_i{}^2 + 2a(d_f - d_i)$$
$$d_f = d_i + \frac{v_f{}^2 - v_i{}^2}{2a}$$

باستبدال $a = -\mu g$

$$d_f = d_i + \frac{v_f{}^2 - v_i{}^2}{(2)(-\mu g)}$$

باستبدال $d_i = 0.0m, v_f = 0.0m/s, v_i = 25m/s, \mu = 0.65, g = 9.80m/s^2$

$$d_f = 0.0m + \frac{(0.0m/s)^2 - (25m/s)^2}{(2)(-0.65)(9.80m/s^2)}$$
$$= 49m$$

٧٩- **التحليل والاستنتاج** تجول أحمد وسعيد وعبدالله في مدينة الألعاب، فرأوا المنزلق العملاق، وهو سطح مائل طوله 70 m ، ويميل بزاوية 27° عن الأفقي. وكان هناك رجل وابنه يتهيّآن للانزلاق على هذا المنزلق، وكانت كتلة الرجل 135 kg ، وكتلة الابن 20 kg . تساءل أحمد: كم يقل الزمن الذي يتطلبه انزلاق الرجل عن الزمن الذي تطلبه انزلاق الابن ؟ أجاب سعيد: سيكون الزمن اللازم للابن أقل. فتدخل عبدالله قائلاً: إنكما على خطأ، سيصلان إلى أسفل المنزلق في الوقت نفسه. أجرِ التحليل المطلوب لتحديد أيّ منهم على صواب.

$$F_{net} = F_g - F_f$$
$$= F_g \sin\theta - \mu_k F_N$$
$$= mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma$$
$$a = g(\sin\theta - \mu_k \cos\theta)$$

وهذا يعني أن التسارع لا يتأثر بالكتلة. لذا فإن كلام عبدالله هو الصحيح؛ سيصلان إلى أسفل المنزلق في الوقت نفسه.

الكتابة في الفيزياء

٨٠-استقصِ بعض التقنيات المستعملة في الصناعة لتقليل الاحتكاك بين الأجزاء المختلفة للآلات. وصف اثنتين أو ثلاثاً من هذه التقنيات موضحاً دور الفيزياء في عمل كل طريقة.
ستختلف الإجابات. قد تتضمّن زيوت التشحيم وإنقاص القوة العموديّة لتقليل قوة الاحتكاك.

٨١-**أولمبياد** بدأ حديثاً الكثير من لاعبي الأولمبياد – ومنهم لاعبو القفز، والتزلج، والسباحون – يستعملون وسائل متطورة لتقليل أثر الاحتكاك وقوى ممانعة الهواء والماء. ابحث في واحدة من هذه الأدوات، وبين كيف تطورت لتواكب ذلك عبر السنين، ووضح كيف أثرت الفيزياء في هذه التطورات.
ستختلف الإجابات.

مراجعة تراكمية

٨٢-اجمع أو اطرح كلاً مما يلي، وضع الجواب بالأرقام المعنوية الصحيحة:

a. 4.7 g + 85.26 g b. 0.608 km + 1.07 km c. 186.4 kg – 57.83 kg d. 60.8 s – 12.2 s

a. 90.0 g b. 1.68 km c. 128.6 kg d. 47.9 s

٨٣-ركبت دراجتك الهوائية مدة 1.5 h بسرعة متوسطة مقدارها 10 km/h ، ثم ركبتها مدة 30 min بسرعة متوسطة مقدارها 15 km/h . احسب مقدار سرعتك المتوسطة في هذه الرحلة ؟
($\bar{v}$ = السرعة المتوسطة ، d_f = المسافة النهائية ، d_i = المسافة الابتدائية ، t_f = الزمن النهائي ، t_i =الزمن الابتدائي ، v_1 = 10 km/h ، t_1 = 1.5 h ، v_2 = 15 km/h ، t_2 = 30 min = 0.5 h)
السرعة المتوسطة تساوي حاصل قسمة المسافة الكلية المقطوعة على الزمن الكلي الازم لقطع المسافة.

$$\bar{v} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$$
$$= \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 - d_i}{t_1 + t_2 - t_i}$$
$$d_i = t_i = 0, \ so$$
$$\bar{v} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2}$$
$$= \frac{(10km/h)(1.5h) + (15km/h)(0.5h)}{1.5h + 0.5h}$$
$$= 10km/h$$

الحركة في بعدين

6-1 حركة المقذوفات Projectile Motion

مسائل تدريبية (صفحة 40)

١- قُذف حجر أفقيّاً بسرعة 5.0 m/s من فوق سحط بناية ارتفاعها 78.4 m .
a. كم يستغرق هذا الحجر للوصول إلى أسفل البناية ؟
b. على أي بعد من قاعدة البناية يرتطم الحجر بالأرض ؟
c. ما مقدار المركبتين الرأسية والأفقية لسرعة الحجر قُبيل اصطدامه بالأرض ؟
(v_y = السرعة الرأسية الابتدائية ، y = 78.4 m ، t = الزمن الازم لكي يرتطم الحجر بالأرض ، g = $9.80m/s^2$ ، x = البعد الأفقي بين قاعدة البناية وموضع ارتطام الحجر بالأرض ، v_x = السرعة الأفقية الابتدائية)

a.

بما أن $v_y = 0, \quad y - v_y t = \frac{1}{2} g t^2$

فإن $y = -\frac{1}{2} g t^2$

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

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

$$= 4.00s$$

b.

$$x = v_x t$$

$$= (5.0m/s)(4.00s)$$

$$= 2.0 \times 10^1 m$$

c.

$v_x = 5.0m/s$ ، وهي مساوية للسرعة الأفقية الأولى لأن تسارع الجاذبية الأرضية تؤثر فقط على الحركة الرأسية. وللمركبة الرأسية يستخدم $v = v_i + gt$ فعندما تكون $v = v_y$ و v_i هي السرعة الابتدائية وتساوي صفراً.

فعندما تكون $t = 4.00s$

$$v_y = gt$$

$$= (9.80m/s^2)(4.00s)$$

$$= 39.2m/s$$

٢- يشترك عمر وصديقه في إعداد نموذج لمصنع ينتج زرافات خشبية. وعند نهاية خط الإنتاج تنطلق الزرافات أفقيّاً من حافة حزام ناقل وتسقط داخل صندوق في الأسفل. فإذا كان الصندوق يقع أسفل الحزام بـ 0.6 m وعلى بعد أفقي مقداره 0.4 m منه، فما مقدار السرعة الأفقية للزرافات عندما تترك الحزام الناقل ؟
(x = 0.4 m ، v_x = السرعة الأفقية عندما تترك الحزام الناقل ، t = الزمن اللازم لكي تقطع الزرافات المسافة الرأسية y = 0.6 m ، g = $9.80m/s^2$)

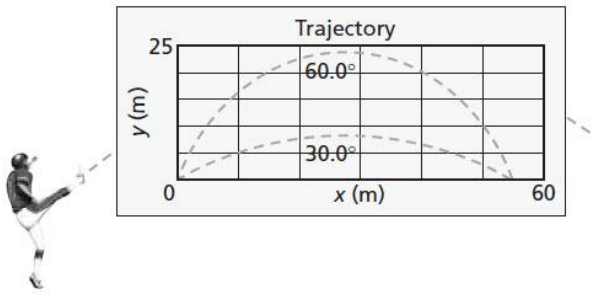
$$x = v_x t = v_x \sqrt{\frac{-2y}{g}}$$

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

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

$$= 1m/s$$

مسائل تدريبية (صفحة 42)



٣- قذف لاعبٌ كرةً من مستوى الأرض بسرعة ابتدائية 27.0 m/s وفي اتجاه يميل على الأفقي بزاوية مقدارها 30.0° كما في **الشكل 4-6** . جد كلاً من الكميات التالية، علماً أن مقاومة الهواء مهملة.

a. زمن التحليق للكرة.

b. أقصى ارتفاع تصله الكرة.

c. المدى الأفقي لكرة.

(y = الارتفاع الذي تصل إليه الكرة ، $v_y = v_x = v_i$ = 27.0 m/s ، t = زمن التحليق ، g = $9.80m/s^2$ ، $\theta = 30.0^\circ$ ، x = المدى الأفقي)

a.

عندما تسقط الكرة على الأرض

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

يؤدي إلى أن

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

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

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

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

$$= 2.76s$$

b.

أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة تستغرق نصف زمن التحليق، أو 1.38 s . هذا يؤدي إلى أن:

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

$$= v_i \sin\theta \; t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$= (27.0m/s)(\sin 30.0^\circ)(1.38s) - \frac{1}{2}(+9.80m/s^2)(1.38s)^2$$

$= 9.30m$

c.

$v_x = v_i \cos\theta$

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

٤- في السؤال 3 ، إذا قذف اللاعب الكرة بالسرعة نفسها ولكن في اتجاه يميل بزاوية 60.0° بالنسبة للأفقي، فما زمن تحليق الكرة ؟ وما المدى الأفقي ؟ وما أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة ؟

(t= زمن تحليق الكرة ، v_i = السرعة الابتدائية لانطلاق الكرة = 27.0 m/s ، 60.0° = ، g = $9.80m/s^2$ ، x = المدى الأفقي ، y = أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة)

بنفس طريقة حل السؤال رقم 3، فإن زمن تحليق الكرة يعطى بالعلاقة التالية:

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

$$= \frac{(2)(27.0m/s)(\sin 60.0^\circ)}{9.80m/s^2}$$

$$= 4.77s$$

المدى الأفقي:

$$x = v_i \cos\theta\ t$$

$$= (27.0m/s)(\cos 60.0^\circ)(4.77s)$$

$$= 64.4m$$

أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة:

$$at \quad t = \frac{1}{2}(4.77s) = 2.38s$$

$$y = v_i \sin\theta\ t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$= (27.0m/s)(\sin 60.0^\circ)(2.38s) - \frac{1}{2}(+9.80m/s^2)(2.38s)^2$$

$$= 27.9m$$

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

(v_x = السرعة الأفقية ، v_y = السرعة الرأسية ، v_i = 7.0 m/s ، θ_i = 53.0° ، g = $9.80m/s^2$ ، t = زمن تحليق الكرة ، y = 50.0 m ، θ = اتجاه سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض)

$$v_x = v_i \cos\theta_i$$

$$v_y = v_i \sin\theta_i + gt$$

$$= v_i \sin\theta_i + g\sqrt{\frac{2y}{g}}$$

$$= v_i \sin\theta + \sqrt{2yg}$$

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

$$= \sqrt{(v_i \cos\theta_i)^2 + \left(v_i \sin\theta_i + \sqrt{2yg}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left((7.0m/s)\cos 53.0^\circ\right)^2 + \left((7.0m/s)(\sin 53.0^\circ) + \sqrt{(2)(50.0m)(9.80m/s^2)}\right)^2}$$

$$= 37 m/s$$

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

$$= \tan^{-1}\left(\frac{v_i \sin\theta_i + \sqrt{2yg}}{v_i \cos\theta_i}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{(7.0 m/s)(\sin 53.0^\circ) + \sqrt{(2)(50.0m)(9.80 m/s^2)}}{(7.0 m/s)(\cos 53.0^\circ)}\right)$$

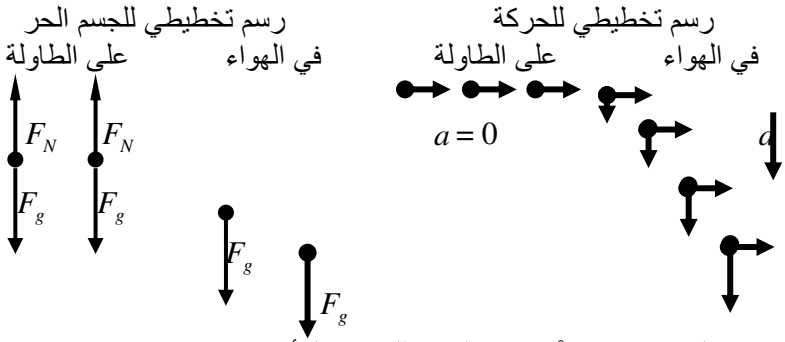
$$= 83^\circ \quad from\ horizontal$$

37 m/s مقدار سرعة الكرة لحظة ارتطامها بالأرض باتجاه يميل على الأفقي بزاوية 83°.

(في نتيجة السؤال في دليل المعلم النسخة العربية وضع أن السرعة تساوي 5.37 m/s وهذا غير موافق للنسخة الإنجليزية وكذلك لخطوات الحل الموضحة)

6-1 مراجعة (صفحة 42)

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



٧- **حركة المقذوف** تُقذف كرة في الهواء بزاوية 50.0° بالنسبة للمحور الرأسي وبسرعة ابتدائية 11.0 m/s احسب أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة.

(v_f = السرعة عند أقصى ارتفاع = 0 ، v_{iy} = 11.0 m/s ، $a = g = 9.80 m/s^2$ ، d_i = أدنى مسافة رأسية الابتدائية ، d_f = أقصى مسافة رأسية نهائية ، $\theta = 50.0^\circ$)

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

عند أقصى ارتفاع للكرة في الهواء $v_f = 0$، يؤدي إلى أن:

$$d_f = \frac{v_{iy}{}^2}{2g}$$

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

$$= \frac{((11.0 m/s)(\cos 50.0^\circ))^2}{(2)(9.80 m/s^2)}$$

$$= 2.55m$$

٨- **حركة المقذوفات** قذفت كرة تنس من نافذة ترتفع 28 m فوق سطح الأرض بسرعة ابتدائية 15.0 m/s ، وبزاوية 20.0° تحت الأفق. ما المسافة التي تتحركها الكرة أفقياً قبيل ارتطامها بالأرض؟

(x = المسافة التي تتحركها الكرة أفقياً قبيل ارتطامها بالأرض ، v_{0x} = مركبة السرعة الأفقية الابتدائية ، t = زمن تحليق الكرة ، v_{yf} = مركبة السرعة الرأسية النهائية ، v_{yf} = مركبة السرعة الرأسية الابتدائية ، g = $9.80 m/s^2$ ، y = 28 m ، v_i = 15.0 m/s ، $\theta = 20.0^\circ$)

$$x = v_{0x}t$$

لكن نحتاج إلى إيجاد قيمة t.
أولاً نوجد قيمة v_{yf}:

$$v_{yf}{}^2 = v_{yi}{}^2 + 2gy$$
$$v_{yf} = \sqrt{v_{yi}{}^2 + 2gy}$$
$$= \sqrt{(v_i \sin\theta)^2 + 2gy}$$
$$= \sqrt{((15.0 m/s)(\sin 20.0^\circ))^2 + (2)(9.80 m/s^2)(28 m)}$$
$$= 24.0 m/s$$

الآن يمكن استخدام $v_{yf} = v_{yi} + gt$ لإيجاد t.

$$t = \frac{v_{yf} - v_{yi}}{g}$$
$$= \frac{v_{yf} - v_i \sin\theta}{g}$$
$$= \frac{2.40 m/s - (15.0 m/s)(\sin 20.0^\circ)}{9.80 m/s^2}$$
$$= 1.92 s$$
$$x = v_{xi}t$$
$$= (v_i \cos\theta)(t)$$
$$= (15.0 m/s)(\cos 20.0^\circ)(1.92 s)$$
$$= 27.1 m$$

٩- **التفكير الناقد** افترض أن جسماً قُذف بالسرعة نفسها وفي الاتجاه نفسه على الأرض والقمر. فإذا عرف أن مقدار تسارع الجاذبية الأرضية على القمر (g) يساوي $\frac{1}{6}$ قيمته على الأرض، فوضح كيف تتغير الكميات التالية؟

a. v_x b. زمن تحليق الجسم. c. y_{max} d. R

a. لن تتغير.

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

c. تكون أكبر على القمر (إذا قُذف الجسم بزاويةٍ على الأفقي).

d. تكون أكبر على القمر.

6-2 الحركة الدائرية Circular Motion

مسائل تدريبية (صفحة 46)

١٠-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 = التسارع المركز للمتسابق ، v = 8.8 m/s ، r = 25 m)

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

$3.1\ m/s^2$ ، قوة الاحتكاك التي تؤثر فيها الطريق في حذاء العدّاء تسبب القوة المؤثرة في العدّاء.

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

(a_c = التسارع المركزي للسيارة ، v = 22 m/s ، r = 56 m ، F_f = قوة الاحتكاك ، μ = معامل الاحتكاك السكوني Static Friction ، m = كتلة السيارة ، F_N = القوة الطبيعية أو وزن السيارة ، g = $9.80m/s^2$)

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

تذكر أن $F_f = \mu F_N$. ويجب أن تزيد قوة الاحتكاك من قوة الجذب المركزية حيث أن $F_f = ma_c$. وتكون القوة الطبيعية $F_N = -mg$. ومعامل الاحتكاك يصبح على الصورة التالية:

$$\mu = \frac{F_f}{F_N} = \frac{ma_c}{mg} = \frac{a_c}{g} = \frac{8.6m/s^2}{9.80m/s^2} = 0.88$$

١٢- تتحرك طائرة بسرعة مقدارها 201 m/s عند دورانها في مسار دائري. ما أقل نصف قطر لهذا المسار بوحدة km يستطيع أن يشكّله القبطان على أن يُبقي مقدار التسارع المركزي دون $5.0m/s^2$ ؟

(a_c = $5.0m/s^2$ ، r = أقل نصف قطر لهذا المسار بوحدة km ، v = 201 m/s)

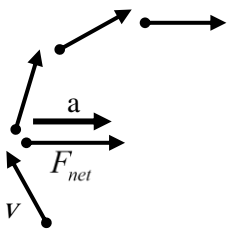
$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$so\quad r = \frac{v^2}{a_c} = \frac{(201m/s)^2}{5.0m/s^2} = 8.1km$$

6-2 مراجعة (صفحة 46)

١٣-**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.

١٤-**مخطط الجسم الحر** إذا كنت تجلس في المقعد الخلفي للسيارة تنعطف نحو اليمين، فارسم مخطط الحركة، ومخطط الجسم الحر للإجابة عن الأسئلة التالية:



a. ما اتجاه تسارعك ؟
b. ما تجاه القوة المحصلة المؤثرة فيك ؟ وما مصدرها ؟
a. يتسارع جسمك نحو اليمين.
b. اتجاه القوة المحصلة نحو اليمين. تتولد القوة من مقعد السيارة.

١٥-**القوة المركزية** إذا حرِّك حجر كتلته 40.0 g مثبت في نهاية خيط طوله 0.6 m في مسار دائري أفقي بسرعة مقدارها 2.2 m/s ، فما مقدار قوة الشد في الخيط ؟

$$F_T = ma_c$$
$$= \frac{mv^2}{r}$$
$$= \frac{(0.0400kg)(22m/s)^2}{0.60m}$$
$$= 0.32N$$

١٦-**التسارع المركز** ذكر مقال في جريدة أنه عندما تتحرك سيارة في منعطف فإن على السائق أن يُوازن بين القوة المركزية وقوة الطرد المركزي. اكتب رسالة للجريدة تنقُدُ فيها هذا المقال.

يوجد تسارع في اتجاه المركز لأنّ اتجاه السرعة متغيّر، ولذلك لا بدّ من وجود قوة محصلة في اتجاه مركز الدائرة التي يُشكِّلها 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.

١٧-**القوة المركزية** كرة كتلتها 7.3 kg ، إذا حركتها في مسار دائري نصف قطره 0.75 m بسرعة مقدارها 2.5 m/s ، فما مقدار القوة التي يجب عليك التأثير بها لعمل ذلك ؟

(F_{net} = القوة التي يجب التأثير بها ، m = 7.3 kg ، = التسارع المركزي ، v = 2.5 m/s ، r = 0.75 m)

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

١٨-**التفكير الناقد** نتيجة لدوران الأرض اليومي أنت تتحرك حركة دائرية منتظمة. 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.

6-3 السرعة النسبية Relative Velocity

مسائل تدريبية (صفحة 49)

١٩-إذا كنت تركب قطاراً يتحرك بسرعة مقدارها 15.0 m/s بالنسبة للأرض، وركضت مسرعاً نحو مقدمة القطار بسرعة 2.0 m/s بالنسبة للقطار، فما سرعتك بالنسبة للأرض ؟

($v_{y/g}$ = سرعة الشخص بالنسبة للأرض ، $v_{b/g}$ = 15.0 m/s ، $v_{y/b}$ = 2.0 m/s)

$$v_{y/g} = v_{b/g} + v_{y/b}$$
$$= 15.0m/s + 2.0m/s$$
$$= 17.0m/s$$

٢٠-يتحرك قارب في النهر بسرعة 2.5 m/s بالنسبة للماء. بينما يسجل سرعة ذلك القارب راصد يقف على الشاطئ فيجدها 0.5 m/s بالنسبة له. فما سرعة ماء النهر ؟ وهل يتحرك ماء النهر في اتجاه حركة القارب أم في اتجاه معاكس ؟

($v_{b/g}$= 0.5 m/s ، $v_{b/w}$ = 2.5 m/s ، $v_{w/g}$ = سرعة ماء النهر)

$$v_{b/g} = v_{b/w} + v_{w/g};$$
$$so \quad v_{w/g} = v_{b/g} - v_{b/w}$$
$$= 0.5m/s - 2.5m/s$$
$$= 2.0m/s$$

سرعة ماء النهر 2.0 m/s ، في عكس اتجاه حركة القارب.

٢١-تطير طائرة نحو الشمال بسرعة 150 km/h بالنسبة للهواء، وتهب عليها رياح نحو الشرق بسرعة 75 km/h بالنسبة للأرض. ما سرعة الطائرة بالنسبة للأرض ؟

(v = سرعة الطائرة بالنسبة للأرض ، v_p = 150 km/h ، v_w = 75 km/h)

$$v = \sqrt{{v_p}^2 + {v_w}^2}$$
$$= \sqrt{(150km/h)^2 + (75km/h)^2}$$
$$= 1.7 \times 10^2 km/h$$

6-3 مراجعة (صفحة 49)

٢٢-**السرعة النسبية** قارب صيد سرعته القصوى 3 m/s بالنسبة لماء نهر يجري بسرعة 2 m/s . ما أقصى سرعة يصل إليها القارب بالنسبة لضفة النهر ؟ وما أدنى سرعة يصل إليها ؟ اذكر اتجاه القارب بالنسبة للماء في الحالتين السابقتين.

($v_{b/s}$ = سرعة القارب بالنسبة لضفة النهر ، $v_{b/w}$ = 3 m/s ، $v_{w/s}$ = 2 m/s)

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

$$v_{b/s} = v_{b/w} + v_{w/s}$$
$$= 3m/s + 2m/s$$
$$= 5m/s$$

وأدنى سرعة له عندما يتحرّك القارب في عكس اتجاه التيار:

$$\begin{aligned} v_{b/s} &= v_{b/w} + v_{w/s} \\ &= 3m/s + (-2m/s) \\ &= 1m/s \end{aligned}$$

٢٣-**السرعة النسبية لقارب** يسير قارب سريع في اتجاه الشمال الغربي بسرعة 13 m/s بالنسبة لماء نهر يتجه نحو الشمال بسرعة 5.0 m/s بالنسبة لضفته. ما مقدار سرعة القارب بالنسبة لضفة النهر ؟ وما اتجاهها ؟

(v_R = سرعة القارب بالنسبة لضفة النهر ، v_{RN} = محصلة مركبات السرعة تجاه الشمال ، v_{Rw} = محصلة مركبات السرعة تجاه الغرب ، v_{bN} = مركبة سرعة القارب تجاه الشمال ، v_{rN} = مركبة سرعة الماء تجاه الشمال ، v_{bW} = مركبة سعرة القارب تجاه الغرب ، v_{rW} = مركبة سرعة الماء تجاه الغرب ، v_b = 13 m/s ، θ_b = اتجاه القارب نحو الشمال الغربي = 45° ، v_r = 5.0 m/s ، θ = اتجاه القارب)

$$\begin{aligned} v_R &= \sqrt{{v_{RN}}^2 + {v_{Rw}}^2} \\ &= \sqrt{(v_{bN} + v_{rN})^2 + (v_{bW} + v_{rW})^2} \\ &= \sqrt{(v_b \sin\theta_b + v_r)^2 + (v_b \cos\theta_b)^2} \\ &= \sqrt{((13m/s)(\sin 45^\circ) + 5.0m/s)^2 + ((13m/s)(\cos 45^2))^2} \\ &= 17m/s \end{aligned}$$

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

سرعة القارب بالنسبة لضفة النهر 17 m/s ، في اتجاه يصنع زاوية 33° غرب الشمال.

٢٤-**السرعة النسبية** تطير طائرة في اتجاه الجنوب بسرعة 175 km/h بالنسبة للهواء، وهناك رياح تهب في اتجاه الشرق بسرعة 85 km/h بالنسبة للأرض. ما مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة للأرض ؟

(v_R = سرعة الطائرة ، θ = اتجاه الطائرة بالنسبة للأرض)

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

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

مقدار سرعة الطائرة 190 km/h ، في اتجاه يصنع زاوية 64° جنوب الشرق.

٢٥-**السرعة النسبية لطائرة** تطير طائرة شمالاً بسرعة 235 km/h بالنسبة للهواء، وهناك رياح تهب في اتجاه الشمال الشرقي بسرعة 65 km/h بالنسبة للأرض. احسب مقدار سرعة الطائرة واتجاهها بالنسبة للأرض ؟

(v_R = سرعة الطائرة ، v_{RE} = محصلة مركبات السرعة تجاه الشرق ، v_{RN} = محصلة مركبات السرعة تجاه الشمال ، v_{pE} = مركبة سرعة الطائرة تجاه الشرق ، v_{wE} = مركبة سرعة الرياح تجاه الشرق ، v_{pN} = مركبة سرعة الطائرة تجاه الشمال ، v_{wN} = مركبة سرعة الرياح تجاه الشمال ، v_w = 65 km/h ، θ_w = اتجاه الرياح نحو الشمال الشرقي = 45° ، v_p = 235 km/h ، θ = اتجاه الطائرة بالنسبة للأرض)

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

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

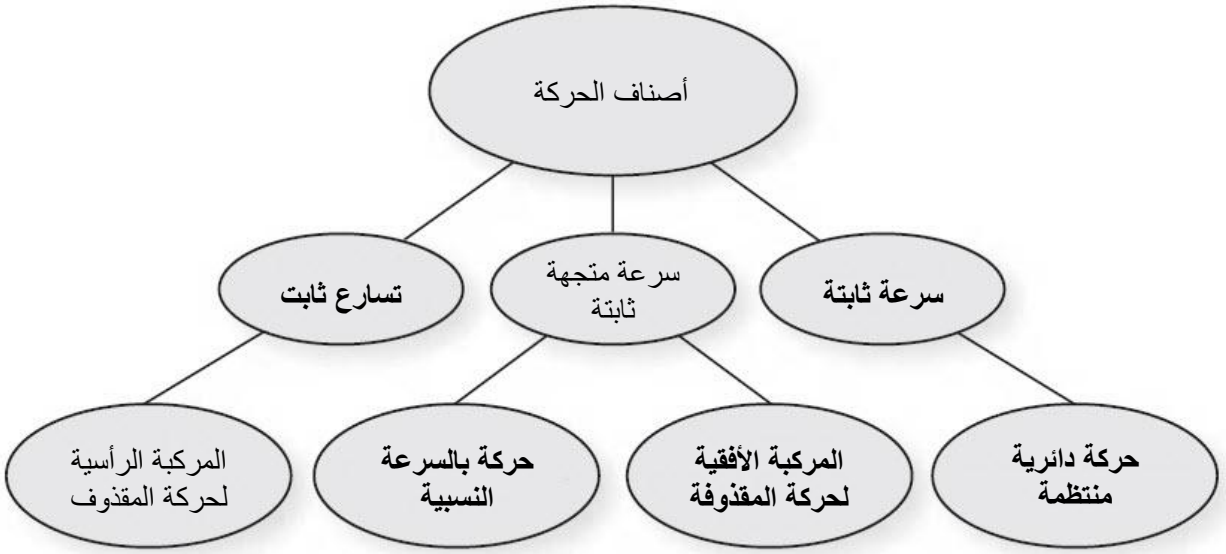
٢٦- **التفكير الناقد** إذا كنت تقود قارباً عبْر نهر يتحرك ماؤه بسرعة كبيرة، وتريد أن تصل إلى الرصيف في الجهة المقابلة تماماً لنقطة انطلاقك، فصف كيف توجه القارب بدلالة مركبتي سرعتك بالنسبة للماء ؟

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

التقويم (صفحة 54-56)

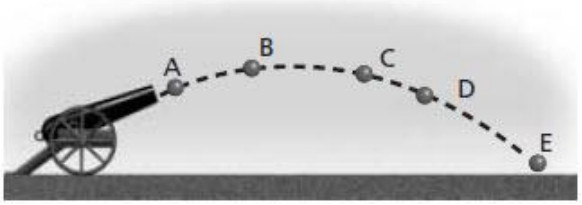
خريطة المفاهيم

٢٧- استعمل المصطلحات التالية لإكمال مخطط المفاهيم الآتي: سرعة ثابتة، المركبة الأفقية لحركة المقذوفة، تسارع ثابت، حركة بالسرعة النسبية، حركة دائرية منتظمة.



إتقان المفاهيم

٢٨- ادرس **الشكل 11-6** الذي يمثل مسار قذيفة مدفع، ثم أجب عن الأسئلة التالية:



الشكل 11-6

a. أين يكون مقدار المركبة الرأسية للسرعة أكبر ما يمكن ؟
b. أين يكون مقدار المركبة الأفقية للسرعة أكبر ما يمكن ؟
c. أين تكون السرعة الرأسية أقل ما يمكن ؟
d. أين يكون مقدار التسارع أقل ما يمكن ؟

a. أكبر مركبة رأسية للسرعة عند النقطة E .
b. عند إهمال مقاومة الهواء، فإنّ السرعة الأفقيّة هي نفسها عند النقاط جميعها. والسرعة الأفقيّة ثابتة ومستقلة عن السرعة الرأسيّة.
c. أقلّ سرعة رأسية تكون عند النقطة B .
d. التسارع هو نفسه عند النقاط جميعها.

٢٩- يُلقي قائد طائرة تتحرك بسرعة ثابتة وعلى ارتفاع ثابت رزمة ثقيلة. إذا أُهملت مقاومة الهواء فأين تكون الطائرة بالنسبة للرزمة عندما ترتطم الرزمة بالأرض ؟ ارسم مسار الرزمة كما يراه ناظر على الأرض.
ستكون الطائرة فوق الرزمة مباشرة عندما تصطدم الرزمة بالأرض. كلتاهما لها السرعة الأفقيّة نفسها، وستبدو الرزمة كأنّها تتحرّك أفقيّاً في أثناء سقوطها رأسيّاً بالنسبة لمراقب على الأرض.

٣٠- هل يمكنك الدوران في منعطف بالتسارعين الآتيين ؟ فسّر إجابتك.
a. تسارع يساوي صفراً.
b. تسارع ثابت.

a. لا، في أثناء الحركة في منعطف يتغيّر اتجاه السرعة، وبالتالي لا يمكن للتسارع أن يساوي صفراً.
b. لا، قد يكون مقدار التسارع ثابتاً، ولكن اتجاهه متغيّر.

٣١-كيف تعتمد القوة المحصلة على مقدار سرعة الجسم المتحرك في الحركة الدائرية المنتظمة ؟
تنتج الحركة الدائريّة عندما تكون القوة عموديّة دائماً على السرعة اللحظيّة للجسم.

٣٢-لماذا تبدو سرعة السيارة المتحركة على الخط السريع وفي اتجاه معاكس للسيارة التي تركبها أكبر من السرعة المحددة ؟
يمكن الحصول على مقدار السرعة النسبيّة لتلك السيارة بالنسبة إلى سيارتك عن طريق جمع مقدار سرعتي السيارتين معاً. وحيث إنّه من المحتمل أن تتحرّك كلٌّ من السيارتين حسب السرعة المحدّدة، فإنّ السرعة النسبيّة تكون أكبر من السرعة المحدّدة.

تطبيق المفاهيم

٣٣-**كرة البيسبول** قذفت كرة رأسيّاً إلى أعلى بسرعة 20 m/s . ما سرعة الكرة عند عودتها إلى نقطة الإطلاق نفسها ؟ أهمل مقاومة الهواء.
سرعة الكرة عند عودتها إلى نقطة الإطلاق 20 m/s - ؛ تشير الإشارة السالبة إلى أنّ الاتجاه نحو الأسفل.

٣٤-**كرة القدم** يرمي لاعبٌ كرةً بسرعة 24 m/s في اتجاه يصنع زاوية 45° بالنسبة للأفقي، فإذا استغرقت الكرة 3.0 s للوصول إلى أقصى ارتفاع لها، ثم التُقطت عند الارتفاع نفسه الذي أطلقت منه، فما زمن تحليقها في الهواء، مع إهمال مقاومة الهواء ؟
زمن تحليق الكرة في الهواء 6.0 s : 3.0 s للصعود و 3.0 s للهبوط.

٣٥-إذا كنت تعتقد أن ما تعلمته في هذا الفصل يؤدي إلى تحسين أدائك في الوثب الطويل، فهل يؤثر الارتفاع الذي تصل إليه في وثبتك ؟ وما الذي يؤثر في طولها ؟
يؤثر كل من مقدار واتجاه سرعة القفز في طول وثبتك، لذلك فإنّ الارتفاع يُؤثر فيها. وتحقّق أكبر مدى أفقي عندما تتساوى المركبتان الأفقيّة والرأسيّة لسرعة القفز؛ أيْ عندما تكون زاوية الإطلاق 45° بالنسبة للأفقي. إذاً يؤثر كل من الارتفاع ومقدار السرعة في المدى.

٣٦-تخيل أنك تجلس في سيارة وتقذف كرة رأسيّاً في اتجاه الأعلى.
a. إذا كانت السيارة تتحرك بسرعة ثابتة فهل تسقط الكرة أمامك أم خلفك، أم في يدك ؟
b. إذا كانت السيارة تتحرك في منعطف بسرعة ثابتة المقدار فأين تسقط الكرة ؟
a. ستسقط الكرة في يدك؛ لأنك والكرة والسيّارة تتحركون بالسرعة نفسها.
b. ستسقط الكرة بجانبك في اتجاه خارج المنعطف. سيُبيّن منظر علوي أنّ الكرة تتحرّك في خطّ مستقيم بينما أنت والسيارة تتحركان في اتجاه الخارج من تحت الكرة.

٣٧-**الطريق السريع** إذا أردت أن تتجاوز سيارةً بسيارتك على الطريق السريع، وكانت السيارتان تسيران في الاتجاه نفسه فإنك ستستغرق زمناً أطول مما لو كانت السيارتان تسيران في اتجاهين متعاكسين. فسر ذلك.
السرعة النسبيّة لسيارتين تتحركان في الاتجاه نفسه أقلّ من السرعة النسبيّة لهما عندما تتحركان في اتجاهين متعاكسين، وبالتالي فإنّ تجاوز السيارتين لبعضهما البعض بسرعة نسبيّة أقلّ يستغرق زمناً أطول.

إتقان حل المسائل

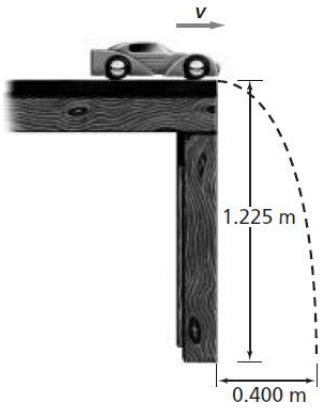
٣٨-إذا ألقيت بمفاتيح سيارتك أفقيّاً من فوق سطح بناية ارتفاعها 64 m ، وكانت سرعة المفاتيح 8.0 m/s ، فعلى أي بعد من قاعدة البناية ستبحث عنها ؟
(y = 64 m ، v_y = السرعة الرأسية الابتدائية ، t = زمن تحليق مفاتيح السيارة ، g = $9.80 m/s^2$ ، x = المسافة الأفقية بين قاعدة البناية وموضع ارتطام المفاتيح ، v_x = 8.0 m/s)

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

حيث أن السرعة الرأسية الابتدائية تساوي صفراً.

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

$$x = v_x t = (8.0 m/s)(3.6s) = 28.8m = 29m$$



الشكل 6-12

٣٩-يبين **الشكل 6-12** نموذجاً لسيارة لعبة تسقط من حافة طاولة ارتفاها 1.225 m لتصطدم بالأرض على بعد 0.400 m من قاعدة الطاولة.

a. ما الزمن الذي تستغرقه السيارة في الهواء ؟

b. ما مقدار سرعة السيارة لحظة مغادرتها سطح الطاولة ؟

(y = 1.225 m ، v_{y0} = السرعة الرأسية الابتدائية ، t = الزمن الذي تستغرقه السيارة في الهواء ، g = $9.80 m/s^2$ ، v_x = سرعة السيارة لحظة مغادرتها سطح الطاولة ، x = 0.400 m)

a.

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

حيث أن السرعة الرأسية الابتدائية تساوي صفراً.

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}} = \sqrt{\frac{(-2)(-1.225m)}{9.80m/s^2}}$$
$$= 0.500s$$

b.

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

٤٠-يرمي لاعب سهماً في اتجاه أفقي وبسرعة 12.4 m/s ، فيصيب السهم اللوحة عند نقطة أخفض بـ 0.32 m من مستوى نقطة الانطلاق، احسب بُعد اللاعب عن اللوحة.

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

وبسبب أن السرعة الرأسية الابتدائية تساوي صفراً.

$$t = \sqrt{\frac{-2y}{g}} = \sqrt{\frac{(-2)(-0.32m)}{9.80m/s^2}}$$
$$= 0.26s$$
$$x = v_x t$$
$$= (12.4m/s)(0.26s)$$
$$= 3.2m$$

٤١-**الرماية** رُمي سهم في اتجاه يصنع زاوية 30.0° فوق الأفقي، فإذا كانت سرعته 49 m/s وأصاب الهدف.

a. فما أقصى ارتفاع يصل إليه السهم ؟

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

(v_y = السرعة الرأسية عند أعلى ارتفاه يصل إليه السهم ، $v_{y0} = v_{yi}$ = 49 m/s ، g = $9.80 m/s^2$ ، d = أقصى ارتفاع يصل إليه السهم ، θ = 30.0°)

a.

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

وعند أعلى ارتفاع يصل إليه السهم فإن $v_y = 0$ ، يؤدي إلى أن:

$$d = \frac{(v_{y0})^2}{2g}$$
$$= \frac{(v_i \sin\theta)^2}{2g}$$

$$= \frac{\left((49m/s)(\sin 30.0^\circ)\right)^2}{(2)(9.80m/s^2)}$$
$$= 31m$$

٤٢-**سباق السيارات** سيارة كتلتها 615 kg تكمل دورة سباق في 14.3 s . ودورة السباق عبارة عن مضمار دائري نصف قطره 50.0 m . فإذا تحركت السيارة بسرعة ثابتة المقدار.

a. فما مقدار تسارع السيارة ؟

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

(a_c = التسارع المركزي للسيارة ، v = سرعة السيارة في المسار الدائري ، r = 50.0 m ، T = 14.3 s ، F_c = القوة التي تؤثر بها الطريق في عجلات السيارة ، m = 615 kg)

a.

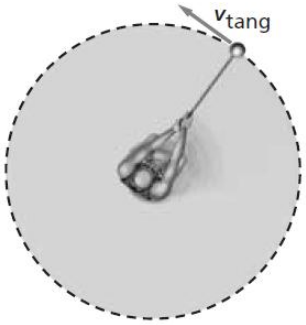
$$a_c = \frac{v^2}{r}$$
$$= \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$
$$= \frac{4\pi^2(50.0m)}{(14.3s)^2}$$
$$= 9.59m/s^2$$

b.

$$F_c = ma_c = (615kg)(9.59m/s^2)$$
$$= 5.90\times10^3 N$$

٤٣-**رمي المطرقة** يُدوّر لاعبٌ مطرقةً كتلتها 7.00 kg ، وتبعد مسافة 1.8 m عن محور الدوران، وتتحرك في دائرة أفقية كما في **الشكل 13-6** ، فإذا أتمت المطرقة دورة واحدة في 1.0 s ، فاحسب مقدار التسارع المركزي لها ؟ واحسب كذلك مقدار قوة الشد في السلسلة ؟

(a_c = التسارع المركزي ، r = 1.8 m ، T = 1.0 s ، F_c = قوة الضد في السلسلة ، m = 7.00 kg)



الشكل 13-6

$$a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$
$$= \frac{(4\pi^2)(1.8m)}{(1.0s)^2}$$
$$= 71m/s^2$$
$$F_c = ma_c$$
$$= (7.00kg)(71m/s^2)$$
$$= 5.0\times10^2 N$$

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

(F_c = قوة الجذب المركزية = F_f = قوة الاحتكاك ، F_N = وزن السيارة ، μ = 0.40 ، m = كتلة السيارة ، g = $9.80m/s^2$ ، v = أقصى سرعة يمكن للسيارة أن تتحرك بها ، r = 80.0 m)

$$F_c = F_f = \mu F_N = \mu mg$$

وبما أن: $F_c = \frac{mv^2}{r}$ يؤدي إلى أن: $\frac{mv^2}{r} = \mu mg$.

وبقسمة الطرفين على كتلة السيارة m تصبح العلاقة على الصورة:

$$v^2 = \mu gr, \quad so$$
$$v = \sqrt{\mu gr}$$
$$= \sqrt{(0.40)(9.80 m/s^2)(80.0 m)}$$
$$= 18 m/s$$

٤٥- **السفر بالطائرة** إذا كنت تقود طائرة صغيرة وتريد الوصول إلى مطار يبعد 450 km جنوباً في 3.0 h ، وكانت الرياح تهب من الغرب بسرعة 50 km/h ، فما مقدار واتجاه سرعة الطائرة التي يجب أن تتحرك بها لكي تصل في الوقت المناسب ؟

(v_s = مركبة سرعة الطائرة تجاه الجنوب ، d_s = 450 km ، t = 3.0 h ، v_p = سرعة الطائرة التي يجب أن تتحرك بها ، v_{wind} = 50 km/h ، θ = اتجاه سرعة الرياح)

$$v_s = \frac{d_s}{t} = \frac{450 km}{3.0 h} = 150 km/h$$
$$v_p = \sqrt{{v_s}^2 + {v_{wind}}^2}$$
$$= \sqrt{(150 km/h)^2 + (50.0 km/h)^2}$$
$$= 1.6 \times 10^2 km/h$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{wind}}{v_s}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{50.0 km/h}{150 km/h}\right)$$
$$= 18^\circ$$

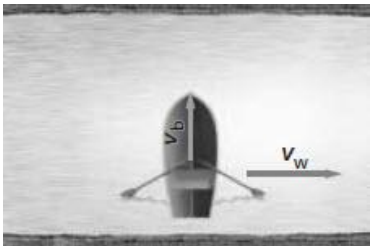
مقدار سرعة الطائرة $1.6 \times 10^2 km/h$ باتجاه يصنع زاوية 18° غرب الجنوب.

٤٦- **عبور نهر** إذا كنت تجدف بقار كما في **الشكل 14-6** في اتجاه عمودي على ضفة نهر يتدفق الماء فيه بسرعة 3.0 m/s ، وكانت سرعة قاربك 4.0 m/s بالنسبة للماء.

a. فما سرعة قاربك بالنسبة لضفة النهر ؟

b. احسب مُركّبتي سرعة قاربك: الموازية لضفة النهر، والعمودية عليها.

($v_{b/s}$ = سرعة القارب بالنسبة لضفة النهر ، $v_{b/w}$ = 4.0 m/s ، $v_{w/s}$ = 3.0 m/s ، = اتجاه القارب بالنسبة لضفة النهر)



الشكل 14-6

a.

$$v_{b/s} = \sqrt{(v_{b/w})^2 + (v_{w/s})^2}$$
$$= \sqrt{(4.0 m/s)^2 + (3.0 m/s)^2} = 5.0 m/s$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{b/w}}{v_{w/s}}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(\frac{4.0 m/s}{3.0 m/s}\right) = 53^\circ$$

سرعة القارب بالنسبة لضفة النهر 5.0 m/s في اتجاه يصنع زاوية 53° بالنسبة لضفة النهر.

b.

مركبة سرعة القارب الموازية لضفة النهر: 3.0 m/s ، ومركبة سرعة القارب العمودية على ضفة النهر: 4.0 m/s

٤٧-**التجديف** إذا كنت تجدف في نهر يتدفق في اتجاه الشرق، وبما أنَّ معرفتك في الفيزياء وخصوصاً في السرعة النسبية جيدة فإنك توجّه قاربك في اتجاه يصنع زاوية 53° غرب الشمال، وبسرعة 6.0 m/s في اتجاه الشمال لضفة النهر.

a. احسب سرعة تيار الماء.

b. ما سرعة قاربك بالنسبة لماء النهر ؟

($\theta = 53^\circ$ ، $v_{w/s}$ = سرعة تيار الماء ، $v_{b/s}$ = 6.0 m/s ، $v_{b/w}$ = سرعة القارب بالنسبة لماء النهر)

a.

$$\tan\theta = \frac{v_{w/s}}{v_{b/s}}, \quad so$$

$$v_{w/s} = (\tan\theta)(v_{b/s})$$
$$= (\tan 53^\circ)(6.0 m/s)$$
$$= 8.0 m/s$$

b.

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

$$v_{b/w} = \frac{v_{b/s}}{\cos\theta}$$
$$= \frac{6.0 m/s}{\cos 53^\circ}$$
$$= 1.0 \times 10^1 m/s$$

مراجعة عامة

٤٨-**إطلاق قذيفة** تتحرك طائرة بسرعة 375 m/s بالنسبة للأرض، فإذا أطلقت قذيفة في اتجاه الأمام بسرعة 782 m/s بالنسبة للطائرة، فما سرعة القذيفة بالنسبة للأرض ؟

($v_{m/g}$ = سرعة القذيفة بالنسبة للأرض ، $v_{p/g}$ = 375 m/s ، $v_{m/p}$ = 782 m/s)

$$v_{m/g} = v_{p/g} + v_{m/p}$$
$$= 375 m/s + 782 m/s$$
$$= 1157 m/s$$

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

(F_T = قوة الشد في الخيط عند أخفض نقطة في المسار الدائري ، F_g = قوة جذب الأرض للكرة ، F_c = القوة المحصلة المركزية ، m = 1.13 kg ، g = $9.80 m/s^2$ ، v = 2.4 m/s ، r = 0.50 m)

$$F_T = F_g + F_c$$
$$= mg + \frac{mv^2}{r}$$
$$= (1.13kg)(9.80 m/s^2) + \frac{(1.13kg)(2.4 m/s)^2}{0.50m}$$
$$= 24N$$

التفكير الناقد

الشكل 18-6

٥٠-**تطبيق المفاهيم** انظر الأفعوانية في **الشكل 18-6** ، هل تتحرك السيارات في هذه الأفعوانية في حركة دائرية منتظمة ؟ فسّر إجابتك.

لا. تُغيّر قوة الجاذبية الرأسيّة سرعة السيارات، لذلك لا تكون حركة السيارات حركة دائريّة منتظمة.

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

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

مراجعة تراكمية

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

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

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

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

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

a. $2\times10^{16}m^{2}$

b. $1.4\times10^{-7}km^{2}$

c. $2.8kg/m^{3}$

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

7-1 حركة الكواكب والجاذبية Planetary Motion and Gravitation

مسائل تدريبية (صفحة 63)

١- إذا كان لأحد أقمار المشتري زمن دوري قدره 7.15 أيام، فكم وحدة يبلغ نصف قطر مداره ؟ استعمل المعلومات المُعطاة في مثال 1.

($T_M = 7.15\ days$ ، $T_I = 1.8\ days$ ، r_M = نصف قطر مدار القمر ، $r_I = 4.2\ units$)

$$\left(\frac{T_M}{T_I}\right)^2 = \left(\frac{r_M}{r_I}\right)^3$$

$$r_M = \sqrt[3]{(r_I)^3\left(\frac{T_M}{T_I}\right)^2}$$

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

$$= 11units$$

٢- يدور كويكب حول اشمس في مدار متوسط، نصف قطره ضعف متوسط نصف قطر مدار الأرض. احسب زمنه الدوري بالسنوات الأرضية.

(T_a = الزمن الدوري للكويكب بالسنوات الأرضية ، $T_E = 1.0\ y$ ، $r_a = 2r_E$)

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

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

وعندما $r_a = 2r_E$ ، فإن:

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

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

$$= 2.8y$$

٣- إذا استعملت **الجدول 7-1** يمكنك إيجاد أن بعد المريخ عن الشمس أكبر بـ 1.52 مرة من بعد الأرض عن الشمس. احسب الزمن اللازم لدوران المريخ حول الشمس بالأيام الأرضية.

(T_M = الزمن اللازم لدوران المريخ حول الشمس بالأيام ، $T_E = 365\ days$ ، $r_M = 1.52r_E$)

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

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

وعندما $r_M = 1.52 r_E$ ، فإن:

$$T_M = \sqrt{\left(\frac{1.52 r_E}{r_E}\right)^3 T_E^{\,2}}$$
$$= \sqrt{(1.52)^3 (365 days)^2}$$
$$= 684 days$$

٤- الزمن الدوري لدوران القمر حول الأرض 27.3 يوماً، ومتوسط بعد القمر عن مركز الأرض $3.90\times10^5 km$.

a. استعمل قوانين كبلر لحساب الزمن الدوري لقمر اصطناعي موضوع في مدار يبعد $6.70\times10^3 km$ عن مركز الأرض.

b. كم يبعد القمر الاصطناعي عن سطح الأرض ؟

(T_s = الزمن الدوري للقمر الاصطناعي ، $T_M = 27.3\ days$ ، $r_s = 6.70\times10^3 km$ ، $r_M = 3.90\times10^5 km$ ، h = بعد القمر الاصطناعي عن سطح الأرض)

a.

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

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

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

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

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

b.

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

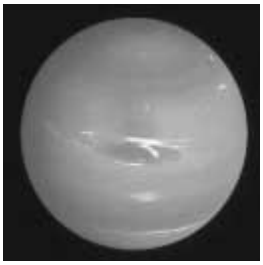
٥- استعمل البيانات المتعلقة بالزمن الدوري للقمر ونصف قطر مداره التي يتضمنها السؤال السابق، لحساب متوسط بعد قمر اصطناعي عن مركز الأرض والذي زمنه الدوري يساوي يوماً واحداً.

($T_s = 1.00 day$ ، $T_M = 27.3 days$ ، r_s = متوسط بعد القمر الاصطناعي عن مركز الأرض ، $r_M = 3.90\times10^5 km$)

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

$$r_s = \sqrt[3]{(r_M)^3 \left(\frac{T_s}{T_M}\right)^2} = \sqrt[3]{(3.90\times10^5 km)^3 \left(\frac{1.00 day}{27.3 days}\right)^2} = \sqrt[3]{7.96\times10^{13} km^3}$$

$$= 4.30\times10^4 km$$



الشكل 7-8

7-1 مراجعة (صفحة 67)

٦- **الزمن الدوري لنبتون** يدور نبتون حول الشمس بنصف قطر $4.495\times10^{12}m$ ، مما يسمح للغاز – ومنها الميثان – بالتكاثف وتكوين جوٍّ كما يوضحه **الشكل 7-8**. فإذا كانت كتلة الشمس $1.99\times10^{30}kg$ ، فاحسب الزمن الدوري لنبتون.

(T = الزمن الدوري لنبتون ، $r = 4.495\times10^{12}m$ ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، m = $1.99\times10^{30}kg$)

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

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

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

٧- **الجاذبية** إذا بدأت الأرض في الانكماش، ولكن كتلتها بقيت ثابتة، فماذا يمكن أن يحدث لتسارع الجاذبية الأرضية g على سطحها ؟

ستزداد قيمة g.

٨- **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 = قوة الجاذبية بين الجسمين ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، m = 15 kg ، r = 35 cm = 0.35 m)

$$F_g = G\frac{mm}{r^2}$$

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

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

وبسبب أن وزن الجسم $mg = 147N$ ، فإن نسبة هذه قوة الجاذبية بين الجسمين إلى وزن أي منه هي 8.2×10^{-10} جزء، أي 0.82 جزء من بليون من الوزن.

٩- **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 تمَّ بنجاح وصف التجاذب بين أجسام ذات تراكيب كيميائية مختلفة.

١٠- **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 أفقيّاً ؟

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

a. يبقى المسار قطعاً، ولكنه سيكون أعرض بكثير (المدى الأفقي كبير).

b. يكون الأذى أكبر على سطح الأرض؛ لأنّ قيمة g على الأرض أكبر من قيمتها على القمر.

7-2 استعمال قواني الجذب الكوني Using Law of Universal Gravitation

مسائل تدريبية (صفحة 71)

اعتبر مدار الأقمار دائرياً عند حل المسائل التالية:

١١- افترض أن القمر في المثال السابق (مثال رقم 2) تحرك إلى مدار نصف قطره أكبر بـ 24 km من نصف القطر السابق. فكم يصبح مقدار سرعته ؟ وهل هذه السرعة أكبر أو أقل ممّا في المثال السابق ؟

(r = نصف قطر مدار القمر ، $h = 2.25\times10^5 m$ ، $r_E = 6.38\times10^6 m$ ، v = مقدار سرعة القمر ، $G = 6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2$ ، $m_E = 5.97\times10^{24} kg$)

$$r = \left(h + 2.40\times10^4 m\right) + r_E$$
$$= \left(2.25\times10^5 m + 2.40\times10^4 m\right) + 6.38\times10^6 m = 6.63\times10^6 m$$
$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$
$$= \sqrt{\frac{\left(6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2\right)\left(5.97\times10^{24} kg\right)}{6.63\times10^6 m}}$$
$$= 7.75\times10^3 m/s$$

يصبح مقدار سرعة القمر $7.75\times10^3 m/s$ ، وهي أقل مما في المثال السابق.

١٢- استعمل فكرة تجربة نيوتن في حركة الأقمار الاصطناعية لحل ما يلي:

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

b. احسب الزمن الذي يستغرقه القمر الاصطناعي (بالثواني والدقائق) لإكمال دورة واحدة كاملة حول الأرض ويعود إلى المدفع.

(v = مقدار سرعة إطلاق القمر الاصطناعي من المدفع ، $G = 6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2$ ، $m_E = 5.97\times10^{24} kg$ ، r = نصف قطر مدار القمر الاصطناعي ، T = الزمن الذي يستغرقه القمر الاصطناعي)

a.

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}} = \sqrt{\frac{\left(6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2\right)\left(5397\times10^{24} kg\right)}{\left(9.38\times10^6 m + 1.5\times10^5 m\right)}}$$
$$= 7.8\times10^3 m/s$$

b.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}} = 2\pi\sqrt{\frac{\left(6.38\times10^6 m + 1.5\times10^5 m\right)^3}{\left(6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2\right)\left(5.97\times10^{24} kg\right)}}$$
$$= 5.3\times10^3 s \approx 88\,\text{min}$$

١٣- استعمل البيانات المتعلقة بعطارد المعطاة في **الجدول 7-1** لإيجاد ما يلي:

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

b. الزمن الدوري لهذا القمر.

(v = سرعة القمر الاصطناعي في المدار ، $G = 6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2$ ، $m_E = 5.97\times10^{24} kg$ ، r = نصف قطر مدار القمر الاصطناعي ، r_M = نصف قطر كوكب عطارد $= 2.44\times10^6 m$ ، T = الزمن الدوري للقمر الاصطناعي)

a.

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

$$r = r_M + 260km$$

$$= 2.44\times10^6 m + 0.26\times10^6 m$$

$$= 2.70\times10^6 m$$

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

$$= 2.86\times10^3 m/s$$

b.

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

$$= 5.94\times10^3 s = 1.65h$$

7-2 مراجعة (صفحة 75)

١٤- **مجالات الجاذبية** يبعد القمر مسافة $3.9\times10^5 km$ عن مركز الأرض في حين يبعد $1.5\times10^8 km$ عن مركز الشمس. وكتلتا الأرض والشمس هما $6.0\times10^{24}kg$ و $2.0\times10^{30}kg$ على الترتيب.

a. جد النسبة بين مجال جاذبية الأرض وبين مجال جاذبية الشمس عند مركز القمر.

b. عندما يكون القمر في طور ربعه الثالث، **الشكل 7-15** ، يكون اتجاهه بالنسبة للأرض عمودياً على اتجاه الأرض بالنسبة للشمس. فما محصلة المجال الجاذبي للأرض والشمس عند مركز القمر.

(g_S = مجال جاذبية الشمس ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m_S = 2.0\times10^{30}kg$ ، $r_S = 1.5\times10^8 km$ ، g_E = مجال جاذبية الأرض ، $m_E = 6.0\times10^{24}kg$ ، $r_E = 3.9\times10^5 km$ ، g_{net} = محصلة المجالين)

الشكل 7-15

a.

مجال الجاذبية بسبب الشمس: $g_S = G\frac{m_S}{r_S^{\,2}}$

مجال الجاذبية بسبب الأرض: $g_E = G\frac{m_E}{r_E^{\,2}}$

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

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

$$= 2.3$$

b.

بسبب أن الاتجاهات بزوايا قائمة، فإن محصلة مجالات الجاذبية يساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعات المجالين.

$$g_S = G\frac{m_S}{r_S^{\,2}} = \frac{\left(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2\right)\left(2.0\times10^{30}kg\right)}{\left(1.5\times10^{11}m\right)^2}$$
$$= 5.9\times10^{-3}N/kg$$
$$g_E = G\frac{m_E}{r_E^{\,2}} = \frac{\left(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2\right)\left(6.0\times10^{24}kg\right)}{\left(3.9\times10^{5}km\right)^2}$$
$$= 2.6\times10^{-3}N/kg$$
$$g_{net} = \sqrt{g_S^{\,2} + g_E^{\,2}}$$
$$= \sqrt{\left(5.9\times10^{-3}N/kg\right)^2 + \left(2.6\times10^{-3}N/kg\right)^2}$$
$$= 6.4\times10^{-3}N/kg$$

١٥-**مجال الجاذبية** كتلة القمر $7.3\times10^{22}kg$ ونصف قطره 1785 km ، ما شدة مجال الجاذبية على سطحه ؟

(g = شدة مجال الجاذبية على سطح القمر ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m = 7.3\times10^{22}kg$ ، $r = 1.785\times10^{3}m$)

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

شدة مجال الجاذبية على سطح القمر تعادل سُدس مجال الجاذبية الأرضية تقريباً، أو 1.5 N/kg .

١٦-**الزمن الدوري والسرعة المدارية** قمران اصطناعيان في مدارين دائريين حول الأرض، يبعد الأول 150 km عن سطح الأرض، والثاني 160 km عن السطح أيضاً.

a. أي القمرين له زمن دوري أكبر ؟
b. أي القمرين سرعته المدارية أكبر ؟

a. القمر الذي على بعد 160 km من سطح الأرض له زن دوري أكبر.
b. القمر الذي على بعد 150 km من سطح الأرض له سرعة مدارية أكبر.

١٧-**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 كرسيّاً ؟ فسر ذلك.

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

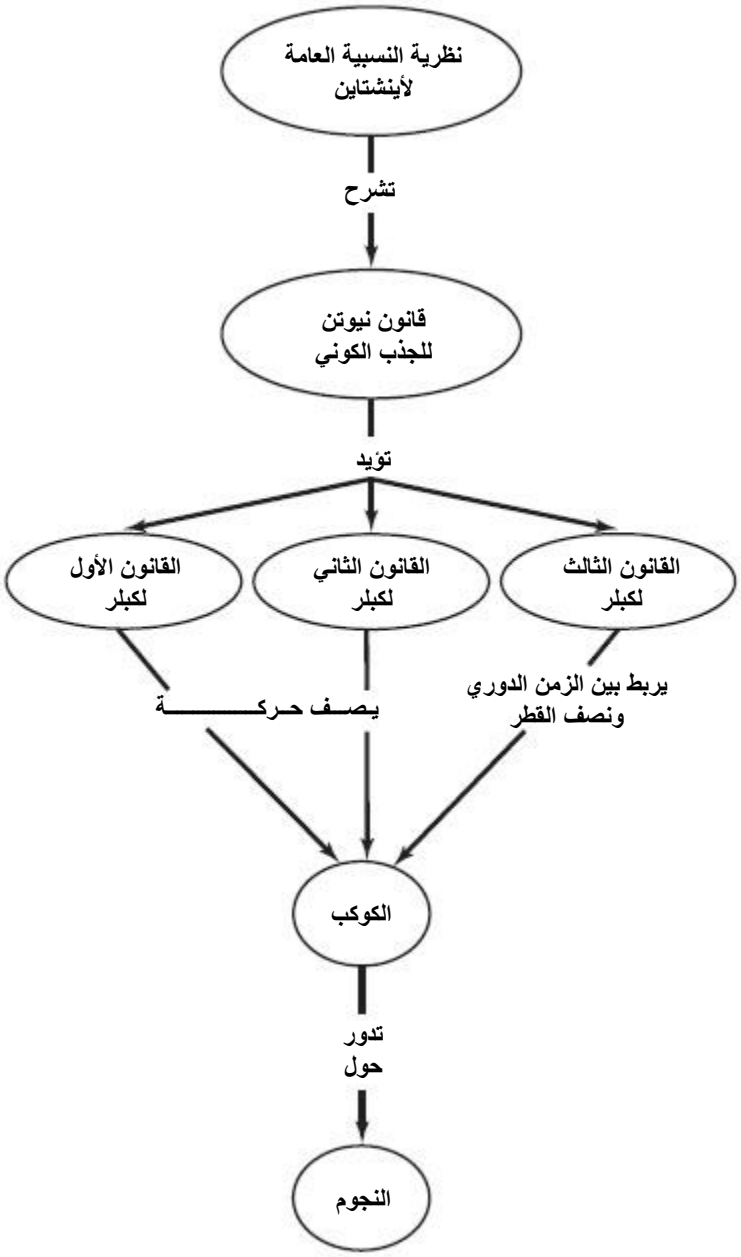
١٨-**التفكير الناقد** لماذا يُعد إطلاق قمر اصطناعي من الأرض إلى مدار ليدور نحو الشرق أسهل من إطلاقه ليدور نحو الغرب ؟ وضّح.

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

التقويم (صفحة 80-82)

خريطة المفاهيم

١٩-كوّن خريطة مفاهيمية مستعملاً المصطلحات: كواكب، نجوم، قانون نيوتن للجذب الكوني، القانون الأول لكبلر، القانون الثاني لكبلر، القانون الثلث لكبلر.



قانونا كبلر الأول والثاني يصفان حركة كوكب واحد فقط.
القانون الثالث لكبلر يصف الزمن الدوري مقابل أنصاف أقطر لجميع الكواكب حول النجوم.
قانون نيوتن للجذب الكوني (العام) يدعم قوانين كبلر. ونظرية أينشتاين تشرح قانون نيوتن وقوانين كبلر.

إتقان المفاهيم

٢٠-تتحرك الأرض في مدارها خلال الصيف ببطء في نصفها الشمالي أكبر ممّا هي عليه في الشتاء، فهل هي أقرب إلى الشمس في الصيف أم في الشتاء ؟
تتحرك الأرض في مدارها ببطء أكبر خلال الصيف، ومن القانون الثاني لكبلر، يجب أن تكون أبعد عن الشمس، لذلك تكون الأرض أقرب إلى الشمس في الشتاء.

٢١-هل المساحة المقطوعة في وحدة الزمن (m^2/s) التي تمسحها الأرض عند دورانها حول الشمس تساوي المساحة المقطوعة في وحدة الزمن (m^2/s) التي يمسحها المريخ عند دورانه حول الشمس ؟
لا. إنّ تَساوي المساحات المقطوعة في وحدة الزمن يُطبّق على كل كوكب على حدة.

٢٢-لماذا اعتقد نيوتن أن هناك قوة تؤثر في القمر ؟
عرف نيوتن أنّ القمر يتحرك في مدار منحنٍ لذلك فهو متسارع، والتسارع يتطلّب وجود قوة مؤثرة فيه.

٢٣-كيف أثبت كافندش وجود قوة جاذبية بين جسمين صغيرين ؟
قاس الكتل بدقة وقاس المسافة وقوة التجاذب بينها، ثمّ حسب قيمة G باستعمال قانون نيوتن في الجذب الكوني.

٢٤-ماذا يحدث لقوة الجذب بين كتلتين عند مضاعفة المسافة بينهما ؟
وفقاً لقانون نيوتن، فإنّ $F \propto \frac{1}{r^2}$. فإذا ضاعفنا المسافة قلّت القوة إلى الربع.

٢٥-ما الذي يحافظ على القمر الاصطناعي فوقنا ؟ وضح ذلك.
سرعته، حيث إنّه يسقط طوال الوقت في اتجاه الأرض.

٢٦-يدور قمر اصطناعي حول الأرض. أي العوامل التالية تعتمد عليها سرعته ؟
a. كتلة القمر.
b. البعد عن الأرض.
c. كتلة الأرض.
تعتمد السرعة فقط على b (البعد عن الأرض) وc (كتلة الأرض).

٢٧-ما مصدر القوة التي تسبب التسارع المركزي لقمر اصطناعي في مداره ؟
قوة الجاذبية بينه وبين الأرض في اتجاه مركز الأرض.

٢٨-بين أن وحدة g في المعادلة g =F/m هي m/s^2 .
باستخدام معادلة الوحدات للعلاقة $\frac{F}{m}$

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

٢٩-لو كانت كتلة الأرض ضعف ما هي عليه مع بقاء حجمها ثابتاً، فماذا يحدث لقيمة g ؟
تتضاعف قيمة g .

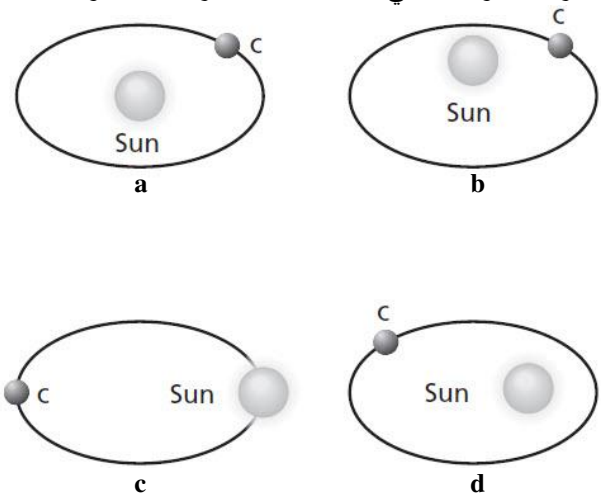
تطبيق المفاهيم

الشكل 18-7

٣٠-كرة الجولف قوة الجاذبية التي تؤثر في جسم ما قرب سطح الأرض تتناسب مع كتلة الجسم. يبين **الشكل 18-7** كرة تنس وكرة جولف في حالة سقوط حر. لماذا لا تسقط كرة التنس بسرعة أكبر من كرة الجولف ؟
لا يعتمد التسارع على كتلة الجسم، حيث تحتاج الأجسام ذات الكتلة الأكبر إلى قوة أكبر لتتسارع بالمعدّل نفسه.

٣١-ما المعلومات التي تحتاج إليها لإيجاد كتلة المشتري باستعمال صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر ؟
يجب أن تعرف الزمن الدوري ونصف قطر المدار لأحد الأقمار على الأقل.

٣٢-قرّر ما إذا كان كل مدار من المدارات الموضحة في **الشكل 19-7** مداراً ممكناً لكوكب ما ؟



الشكل 19-7

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

٣٣-يجذب القمر والأرض كل منهما الآخر، فهل تجذب الأرض ذات الكتلة الأكبر القمر بقوة أكبر من قوة جذب القمر لها ؟ فسر ذلك.

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

٣٤-ماذا يحدث للثابت G إذا كانت كتلة الأرض ضعف قيمتها، وبقي حجمها ثابتاً ؟

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

٣٥-إذا ارتفع مكوك فضاء إلى مدار أبعد من مداره، فماذا يحدث لزمنه الدوري ؟

إذا زاد نصف قطر المدار يزداد الزمن الدوري.

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

قيمة g على المشتري تساوي ثلاثة أمثال قيمتها على الأرض.

٣٧-إذا ضاعفنا كتلة تخضع لمجال الجذب الأرضي، فماذا يحدث للقوة التي يولدها المجال الأرضي على هذه الكتلة ؟

ستتضاعف أيضاً.

إتقان حل المسائل

٣٨-المشتري أبعد من الأرض عن الشمس 5.2 مرة. احسب الزمن الدوري له بالسنوات الأرضية.

(T_J = الزمن الدوري للمشتري ، T_E = الزمن الدوري للأرض = $1.0\ y$ ، $r_J = 5.2\, r_E$)

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

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

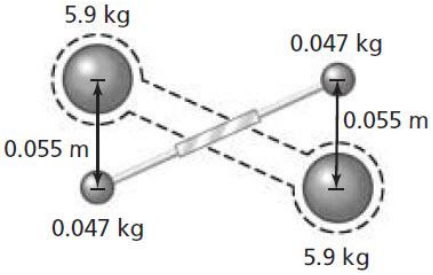
$$= \sqrt{\left(\frac{5.2}{1.0}\right)^3 (1.0\,y)^2}$$

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

$$= 12\,y$$

الزمن الدوري للمشتري بالسنوات الأرضية 12 سنة أرضية.

٣٩-يبين **الشكل 22-7** جهاز كافندش المستعمل في حساب G . وهناك كتلة رصاص كبيرة 5.9 kg وكتلة صغيرة 0.047 kg المسافة بين مركزيهما 0.055 m ، جد قوة التجاذب بينهما.



الشكل 22-7

(F = قوة التجاذب بين الكتلتين ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m_S = 5.9$ kg ، $m_J = 0.047$ kg $= 4.7\times10^{-2}kg$ ، $r = 0.055$ $= 5.5\times10^{-2}m$)

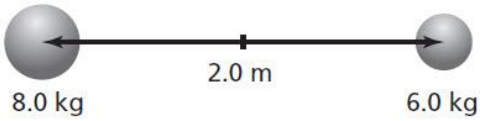
$$F = G\frac{m_S m_J}{r^2}$$
$$= \frac{(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2)(5.9kg)(4.7\times10^{-2}kg)}{(5.5\times10^{-2}m)^2}$$
$$= 6.1\times10^{-9}N$$

٤٠-باستعمال الجدول 1-7 ، احسب القوة التي تؤثر بها الشمس في المشتري.

(F = القوة التي تؤثر بها الشمس في المشتري ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m_1 = 1.99\times10^{30}kg$ ، $m_2 = 1.90\times10^{27}kg$ ، $r = 7.78\times10^{11}m$)

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

٤١-إذا كان البعد بين مركزي كرتين 2.0 m ، كما في **الشكل 23-7** . وكانت كتلة إحداهما 8.0 kg وكتلة الأخرى 6.0 kg ، فما قوة الجاذبية بينهما ؟



الشكل 23-7

(F = قوة الجاذبية بين الكرتين ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m_1 = 8.0$ kg ، $m_2 = 6.0$ kg ، $r = 2.0$ m)

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

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

(F = قوة الجاذبية التي يؤثر بها كل من الكرتين في الأخرى ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m_1 = m_2 = 6.8$ kg ، $r = 21.8$ cm $= 0.218$ m)

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

٤٣-إذا كانت قوة الجاذبية بين إلكترونين البعد بينهما 1.00 m تساوي $5.54\times10^{-71}N$ ، فاحسب كتلة الإلكترون.

($F = 5.54\times10^{-71}N$ ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $r = 1.00$ m ، كتلة الإلكترون = $m_1 = m_2 = m_e$)

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

حيث أن $m_1 = m_2 = m_e$ ، يؤدي إلى أن:

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

٤٤-**أورانوس** يحتاج أورانوس إلى 84 سنة ليدور حول الشمس. جد نصف قطر مدار أورانوس بدلالة نصف قطر مدار الأرض.

(T_U = 84 y ، T_E = 1.0 y ، r_U = نصف قطر مدار أورانوس ، r_E = نصف قطر مدار الأرض)

$$\left(\frac{T_U}{T_E}\right)^2 = \left(\frac{r_U}{r_E}\right)^3$$
$$\frac{r_U}{r_E} = \sqrt[3]{\left(\frac{T_U}{T_E}\right)^2}$$
$$= \sqrt[3]{\left(\frac{84y}{1.0y}\right)^2}$$
$$= 19$$
$$so \quad r_U = 19r_E$$

٤٥-كرتان المسافة بين مركزيهما 2.6 m . وقوة الجاذبية بينهما $2.75\times10^{-12}N$. ما كتلة كل منهما إذا كانت كتلة إحداهما ضعف كتلة الأرض ؟

(2.6 m = r ، $m_2 = 2m_1$ ، $6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ = G ، $2.75\times10^{-12}N$ = F)

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

حيث أن $m_2 = 2m_1$ ، تصبح العلاقة على الصورة التالية:

$$F = G\frac{(m_1)(2m_1)}{r^2}$$
$$m_1 = \sqrt{\frac{Fr^2}{2G}}$$
$$= \sqrt{\frac{(2.75\times10^{-12}N)(2.6m)^2}{(2)(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2)}}$$
$$= 0.3733kg$$

وبأخذ رقمين من الأرقام المعنوية $m_1 = 0.37kg$.

$$m_2 = 2m_1 = (2)(0.3733kg) = 0.7466kg$$

وباعتماد رقمين من الأرقام المعنوية تصبح $m_2 = 0.75kg$.

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

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

b. ما معدل المساحة (m^2/s) التي يمسحها القمر في مداره حول الأرض ؟ اعتبر متوسط المسافة بين الأرض والقمر $3.9\times10^8 m$ ، والزمن الدوري للقمر حول الأرض 27.33 يوماً.
(r = نصف قطر مدار الأرض حول الشمس أو نصف قطر مدار القمر حول الأرض ، T = الزمن الدوري للأرض أو الزمن الدوري للقمر)

a.

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

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

$$\frac{\pi r^2}{T} = \frac{\pi\left(1.50\times10^{11} m\right)^2}{3.156\times10^7 s} = 2.24\times10^{15} m^2/s$$

b.

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

٤٧-كتاب كتلته 1.25 kg ووزنه في الفضاء 8.35 N ، فما قيمة المجال الجاذبي في ذلك المكان ؟
(g = قيمة المجال الجاذبي في مكان الكتاب في الفضاء ، F = 8.35 N ، m = 1.25 kg)

$$g = \frac{F}{m} = \frac{5.35N}{1.25kg} = 6.68 N/kg$$

٤٨-إذا كانت كتلة القمر $7.34\times10^{22} kg$ وبعد مركزه عن مركز الأرض $3.8\times10^8 m$ ، وكتلة الأرض $5.97\times10^{24} kg$.
a. احسب مقدار قوة الجذب الكتلي بينهما.
b. احسب مقدار مجال الجاذبية للأرض على القمر.
(F = قوة الجذب الكتلي بين القمر والأرض ، G = $6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2$ ، m_E = $5.97\times10^{24} kg$ ، m_M = $7.34\times10^{22} kg$ ، r = $3.8\times10^8 m$)

a.

$$F = G\frac{m_E m_M}{r^2}$$

$$= \frac{\left(6.67\times10^{-11} N.m^2/kg^2\right)\left(5.97\times10^{24} kg\right)\left(7.34\times10^{22} kg\right)}{\left(3.8\times10^8 m\right)^2}$$

$$= 2.0\times10^{20} N$$

b.

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

لاحظ أن القيمة $2.0\times10^{20} N$ استعيض عنها بالقيمة $2.03\times10^{20} N$ لتقليل نسبة الخطأ.

٤٩-إذا كان وزن أخيك الذي كتلته 91.0 kg على سطح القمر هو 145.6 N ، فما قيمة مجال الجاذبية للقمر على سطحه ؟
(F_g = 145.6 N ، m = 91.0 kg ، g = قيمة مجال الجاذبية للقمر على سطحه)

$$F_g = mg$$

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

٥٠-**رائد فضاء** إذا كانت كتلة رائد فضاء 80 kg ، وفقد 25 % من وزنه عند نقطة في الفضاء، فما شدة مجال جاذبية الأرض عند هذه النقطة ؟
(F_g = وزن الكتلة أو قوة جذب الأرض للكتلة على سطح الأرض ، m = 80 kg ، g = $9.80 m/s^2$ ، $F_{g,\,reduced}$ = وزن الكتلة عند نقطة في الفضاء أو قوة جذب الأرض للكتلة عند نقطة في الفضاء ، $g_{reduced}$ = ضدة مجال جاذبية الأرض عند النقطة)

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

مراجعة عامة

٥١- استعمل البيانات الخاصة بالأرض المتضمنة في الجدول 1-7 لحساب كتلة الشمس باستخدام صيغة نيوتن للقانون الثالث لكبلر ؟

($T = 3.156\times10^7 s$ ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m =$ كتلة الشمس ، $r = 1.50\times10^{11}m$)

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

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

(r = نصف قطر مدار القمر الاصطناعي حول المريخ ، r_M = نصف قطر كوكب المريخ = $3.40\times10^6 m$ ، v = سرعة دوران القمر الاصطناعي حول المريخ ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m_M = 6.42\times10^{23}kg$ ، T = الزمن الدوري للقمر الاصطناعي حول المريخ)

$$r = r_M + 175km = 3.40\times10^6 m + 0.175\times10^6 m$$
$$= 3.58\times10^6 m$$
$$v = \sqrt{\frac{Gm_M}{r}} = \sqrt{\frac{(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2)(6.42\times10^{23}kg)}{3.58\times10^6 m}}$$
$$= 3.46\times10^3 m/s$$
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_M}} = 2\pi\sqrt{\frac{(3.58\times10^6 m)^3}{(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2)(6.42\times10^{23}kg)}}$$
$$= 6.45\times10^3 \quad or \quad 1.79h$$

مقدار السرعة: $v = 3.46\times10^3 m/s$ ، والزمن الدوري: $T = 6.45\times10^3 \quad or \quad 1.79h$

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

(m = كتلة الكوكب ، v = سرعة دوران الكوكب ، $r = 6.38\times10^6 m$ ، $G = 6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2$ ، $m_E = 5.97\times10^{24}kg$ ، T = الزمن الدوري للكوكب بالدقائق)

يجب أن يكون التسارع الناتج عن الدوران مساوٍ لتسارع الجاذبية للكوكب (وهذا ما نسميه بالوزن).

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

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

فإذ كانت $v = \frac{2\pi r}{T}$

يؤدي إلى أن

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

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

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

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

التفكير الناقد

٥٤-**حلل واستنتج** يقول بعض الناس إن المد على سطح الأرض تسببه قوة سحب من القمر. هل هذه العبارة صحيحة ؟

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

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

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

■ **الشكل 23-7**

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

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

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

($F_{S,m}$ = القوة التي يؤثر بها الشمس على كتلة الماء ، $F_{M,m}$ = القوة التي يؤثر بها القمر على كتلة الماء ، $F_{M,mA}$ = القوة التي يؤثر بها القمر على كتلة الماء القريبة ، $F_{M,mB}$ = القوة التي يؤثر بها القمر على كتلة الماء البعيدة ، $F_{S,mA}$ = القوة التي يؤثر بها الشمس على كتلة الماء القريبة ، $F_{S,mB}$ = القوة التي يؤثر بها الشمس على كتلة الماء البعيدة)

a.

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

$$= \left(5.90\times10^{-3} N\right)m$$

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

$$= \left(3.40\times10^{-5} N\right)m$$

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

c.

$$F_{M,mA} - F_{M,mB} = \left(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2\right)\left(7.36\times10^{22}kg\right)(m)$$
$$\left(\frac{1}{\left(3.80\times10^{8}m - 6.37\times10^{6}\right)^2} - \frac{1}{\left(3.80\times10^{8}m + 6.37\times10^{6}\right)^2}\right)$$
$$= \left(2.28\times10^{-6}N\right)m$$

d.

$$F_{S,mA} - F_{S,mB} = \left(6.67\times10^{-11}N.m^2/kg^2\right)\left(1.99\times10^{30}kg\right)(m)$$
$$\left(\frac{1}{\left(1.50\times10^{11}m - 6.37\times10^{6}\right)^2} - \frac{1}{\left(1.50\times10^{11}m + 6.37\times10^{6}\right)^2}\right)$$
$$= \left(1.00\times10^{-6}N\right)m$$

e. القمر.

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

الكتابة في الفيزياء

٥٥- ابحث في التطور التاريخي لقياس البعد بين الشمس والأرض، وصفه.

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

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

تمكّن علماء الفلك من قياس السرعة الصغيرة للنجوم الناتجة عن قوة جاذبية الكواكب الضخمة المؤثرة فيها، حيث تمّ حساب السرعة من خلال قياس انزياح دوبلر لضوء النجم والناتج عن هذه الحركة. وتتذبذب السرعة بسبب دوران الكواكب حول النجم، مما أتاح لهم حساب الزمن الدوري للكوكب. وبمعرفة السرعة يمكن تقدير أبعاد الكوكب وكتلته.

وبمقارنة أبعاد الكواكب في المجموعة الشمسية وأزمانها الدوريّة بكواكب متعدّدة، وباستعمال القانون الثالث لكبلر، يمكن للفلكيين أن يحصلوا على أبعاد النجوم والكواكب وكتلها بصورة أفضل.

مراجعة تراكمية

٥٧- **الطائرات** أقلعت طائرة من مدينة جدة عند الساعة 2:20 بعد الظهر، وحطت في مطار الرياض عند الساعة 3:15 بعد الظهر من اليوم نفسه. فإذا كان متوسط سرعة الطائرة في الهواء 441.0 km ، فما مقدار المسافة بين المدينتين ؟

(Δt = زمن إقلاع الطائرة ، $\bar{v}$ = متوسط السرعة ، Δd = المسافة بين المدينتين)

$$\Delta t = 55\,\text{min} = 0.917h$$
$$\bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$
$$\Delta d = \bar{v}\Delta t$$
$$= \left(441.0km/h\right)\left(0.917h\right)$$
$$= 404km$$