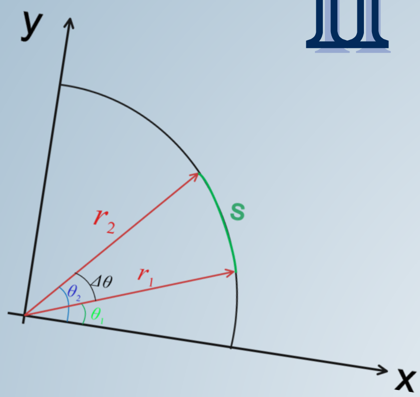
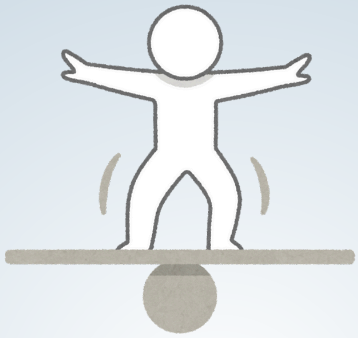
أسئلة وشرح وملخص لأفكار الهيكل الفصل التاسع

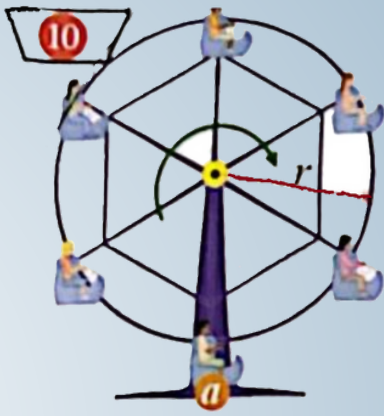
ملخص وأسئلة

الفصل التاسع

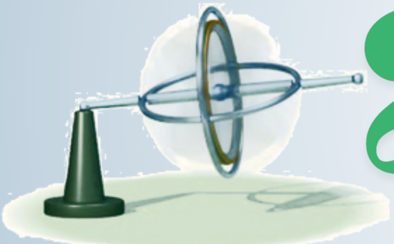
11 ADVANCED

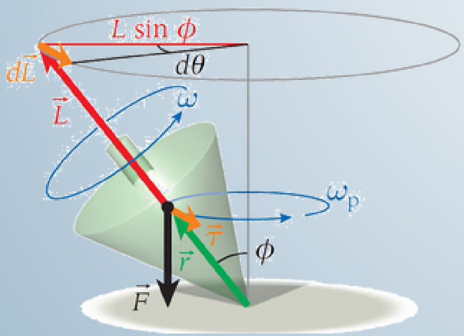


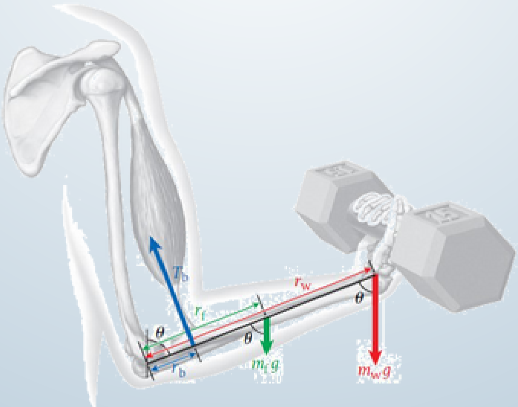


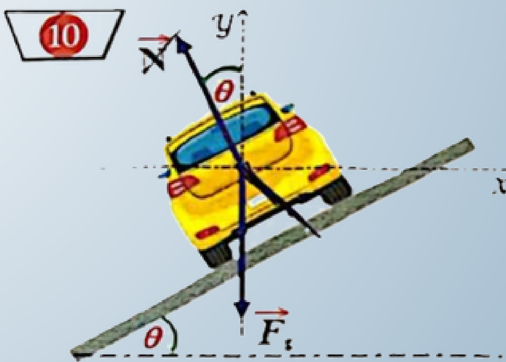


2025









عندك سؤال ؟

تواصل معنا بتلاقي الإجابة

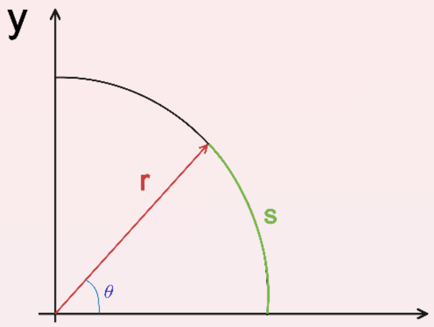
Telegram

Your Physics Compass

https://t.me/YourPhysicsCompass

شرح الفصل الثاني

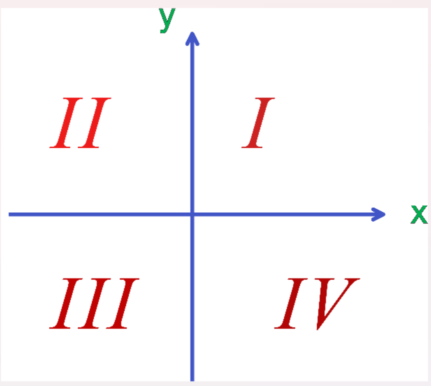
القسم 9.1: التحويل بين الإحداثيات القطبيّة والديكارتيّة:



أثناء الحركة الدائريّة لجسم ما، يتغير الإحداثيين x و y باستمرار. لكن تظل المسافة من الجسم إلى مركز المسار الدائري نفسها. يمكننا الاستفادة من هذه الحقيقة عن طريق استخدام الإحداثيات القطبيّة لدراسة الحركة الدائريّة.

يوضّح الشكل المجاور نصف القطر الثابت r لجسم يدور في حركة دائريّة والمتغيّر الوحيد هنا هو الزاوية θ.

وتتمثل الميّزة الرئيسيّة لاستخدام الإحداثيّات القطبيّة لتحليل الحركة الدائريّة في عدم تغيّر r على الإطلاق. حيث يظل كما هو طالما أنّ رأس المتجه $\vec{r}$ يتحرك على امتداد المسار الدائري. ومن ثمّ يمكننا اختزال وصف الحركة ثنائيّة الأبعاد على محيط دائرة ما إلى مسألة احاديّة البعد تتضمن الزاوي θ كمتغيّر فقط.

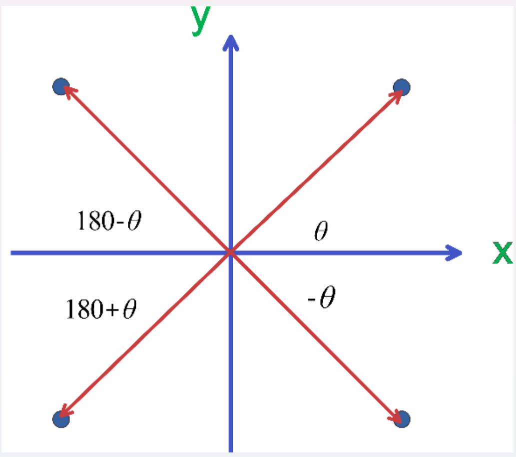


- يمكننا التحويل من الديكارتي إلى القطبي من العلاقات:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}(y/x)$$

علينا الانتباه هنا أنّ الزاوية تختلف باختلاف الربع الذي نحن فيه، فيوجد في الإحداثيات أربع أرباع كما نرى هنا في الشكل على اليسار



ويجب علينا التعديل على الزاويّة حسب الربع الذي نحن فيه كما في الشكل على اليسار.

ملاحظة:

يجب علينا ان نستخدم وحدة الدرجات في هذه الحالة، واذا طلب منّا في الراديان نقوم بالتحويل حسب المعادلات كما ذكر سابقاً.

- التحويل من القطبي إلى الديكارتي:

$$x = r.\cos\ \theta$$

$$y = r.\sin\ \theta$$

طريقة حل الأسئلة المتعلقة بهذا الجزء:

في هذه المسائل عادة ما يقومون بإعطائنا المتغيرات r و θ لكي نحصل على x و y والعكس، ويطلبون منّا التحويل، والمسألة تكون مجرّدة مسألة تعويض والحصول على النتيجة وتعويضها.

ملاحظة:

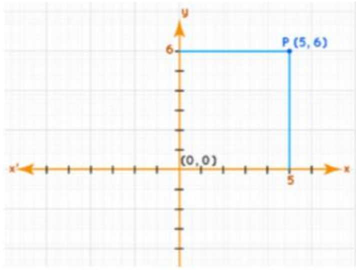
عادةً ما يأتي هذا السؤال في سؤال الالكتروني وليس الكتابي.

مسائل من هذا الجزء من الفصل:

1

A point P has a location given in Cartesian coordinates as shown in the graph below, how to represent point P in polar coordinates?

يحدد موقع النقطة P بالإحداثيات الديكارتية كما هو موضح بالرسم البياني أدناه، كيف يمكن تمثيل موقع P بالإحداثيات القطبية؟

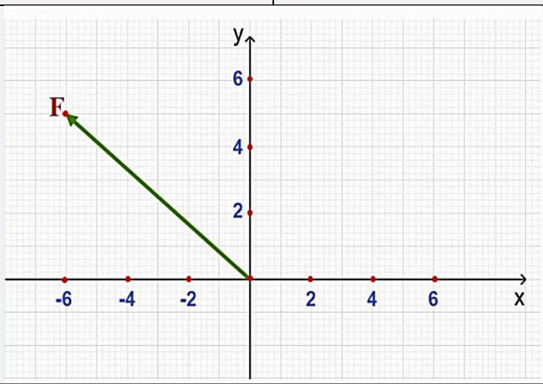


A	$(7.8, 0.88\ rad)$	B	$(7.8, 50.2\ rad)$
C	$(7.8, 0.7\ rad)$	D	$(7.8, 40\ rad)$

2

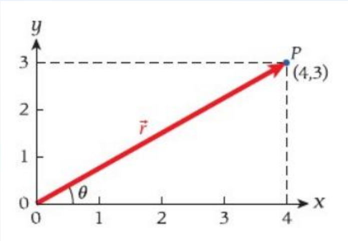
A point F has a location given in cartesian coordinates, as shown in Figure. How do we represent the position of point F in polar coordinates?

النقطة F لها موقع محدد بالإحداثيات الديكارتية، كما هو موضح في الشكل.
كيف نمثل موضع النقطة F في الإحداثيات القطبيّة؟



A	$(r,\theta) = (\sqrt{61}, 2.447\ rad)$	B	$(r,\theta) = (\sqrt{11}, 2.447\ rad)$
C	$(r,\theta) = (\sqrt{61}, 0.876\ rad)$	D	$(r,\theta) = (\sqrt{11}, 0.876\ rad)$

أمثلة محلولة من الكتاب:



✍ مثال 9.1: تحديد موقع نقطة باستخدام الإحداثيات الديكارتيّة والقطبية
تجدون هذا المثال في الكتاب ص 256.
نقطة موقعها محدّد بالإحداثيّات الديكارتيّة $(4,3)$. كما هو موضّح في الشكل.
المسألة:
كيف يمكننا تمثيل موقع هذه النقطة بالإحداثيّات القطبيّة؟

الحل:

باستخدام معادلات التحويل من الديكارتي إلى القطبي:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$$

ثمّ نحسب الزاوية من القانون:

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{4}{3}\right) = 0.64\, rad$$

والتي يمكن تحويلها إلى الدرجة (سنرى الطريقة في الجزء القادم) لتكون:

$$\theta = 37°$$

لذا يمكننا التعبير عن موقع النقطة P بالإحداثيات القطبيّة بالصيغة التالية:

$$(r, \theta) = (5, 0.64\, rad) = (5, 37°)$$

القسم 9.2: التحويل من الدرجة إلى الراديان:

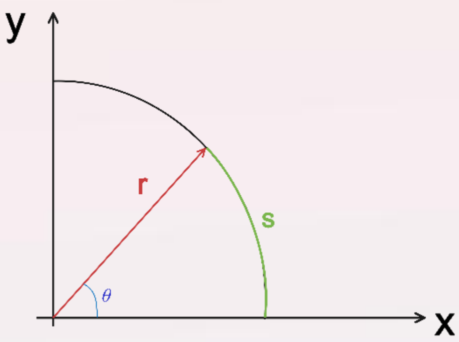
تمثّل الدرجات والراديان أكثر الواحدات استخداماً لقياس الزوايا. تحدد هذه الواحدات أنّ الزاوية التي تقاس بدائرة واحدة كاملة تساوي $360°$ وهذا ما يعادل $2\pi\ rad$ ومن ثمّ يكون تحويل الوحدة بين قياسي الزاوية هو:

$$\theta\ (\text{راديان}) = \theta\ (\text{درجة})\ \frac{\pi}{180} \Leftrightarrow \theta\ (\text{درجة}) = \frac{180}{\pi}\theta\ (\text{راديان})$$

$$1\text{rad} = \frac{180°}{\pi} \approx 57.3°.$$

> ملاحظة:
>
> يوجد طريقة لحل هذا النوع من السؤال باستخدام الآلة الحاسبة، قد نشرحها في فيديوهات في المستقبل.

طول القوس:



يوضّح شكل جزء الدائرة على اليسار باللون الأخضر المسار على محيط الدائرة الذي يقطعه رأس المتجه $\vec{r}$ أثناء الانتقال من الزاوية صفر إلى الزاوية θ. ويطلق على هذا المسار طول القوس s. ويرتبط بنصف القطر والزاوية بالعلاقة:

$$s = r\theta$$

كيف يأتي كسؤال؟

يأتي كسؤال بشكل واضح كالتحويل من درجة إلى راديان ونقوم بتطبيق القانون مباشرةً، وكذلك الأمر من أجل حساب طول القوس، وغالباً ما يكون اختيارات.

أسئلة من هذا الجزء من الفصل:

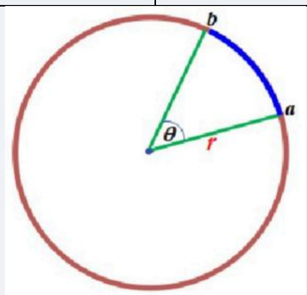
3			
How many degrees correspond to 1 radian?		كم درجة تقابل 1 راديان؟	
A	$57.3°$	B	$90.0°$
C	$75.0°$	D	$35.0°$

4							
A bike wheel rotates 4.50 revolutions. How many radians has it rotated?				يدور إطار الدراجة 4.50 دورة. كم يدور نفس الإطار بوحدة الراديان؟			
A	$28.3\ rad$	B	$0.08 rad$	C	$7.0\ rad$	D	$4.5\ rad$

ملاحظة لحل السؤال السابق:

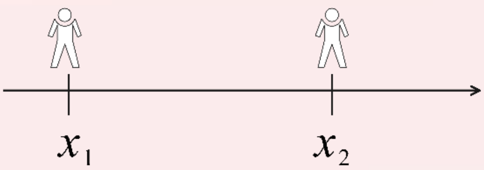
$$1rev = 1\text{دورة} = 2\pi = 360°$$

5	
The length of the path (ab) as shown in the figure equal $73.4\ cm$, and the radius of the circular path is $0.56m$, What is the value of angel θ in the figure?	طول المسار (ab) المبيّن على الرسم المجاور يساوي $73.4cm$ ونصف قطر المسار الدائري $0.56m$. ما مقدار الزاوية θ المبيّنة في الرسم؟



A	$1.31\ rad$	B	$0.417\ rad$
C	$2.40\ rad$	D	$0.767\ rad$

القسم 9.3: السرعة الزاويّة والمتردد الزاوي والزمن الدوري:

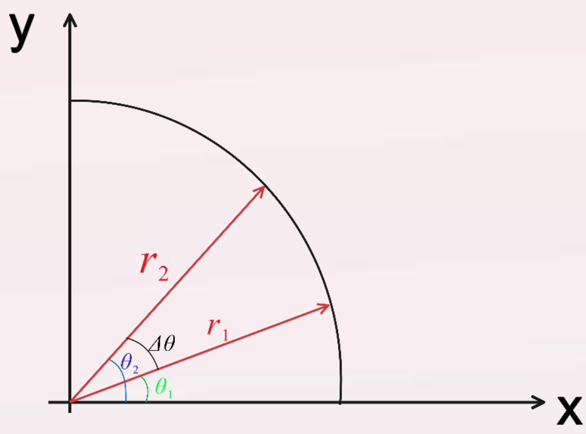


تعرفنا من قبل في الحركة الخطّية على مفهوم التغير المكاني لجسم، وقلنا في حال انتقال جسم من الموضع x_1 إلى الموضع x_2 فإنّ التغيّر في المكان يكون:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

وهي المسافة التي تحرّك الجسم فيها.

بنفس الطريقة نحسب الزاوية التي تحرّك بها الجسم من نقطة إلى نقطة ثانية كما في الشكل:



ويكون تغيّر الزاويّة هو بهذا الشكل:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

- السرعة الزاويّة لجسم:

هي تغيّر الإحداثي الزاوي للجسم مع الزمن. يحدد متوسط مقدار السرعة الزاويّة من العلاقة:

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

وهي تشبه ما أخذناه عن تعريف السرعة الخطيّة من قبل $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

وهناك مقياس آخر هو التردد f وهو عدد الدورات في وحدة زمنية (rev/s) وليس الراديان في وحدة زمنية (rad/s)كما في السرعة الزاوية.

ويتميّز f بأنّه يقيس عدد الدورات في وحدة زمنيّة وليس الراديان، ويرتبط التردد بمقدار السرعة الزاويّة ω من خلال العلاقة:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

وواحدة التردد هو معكوس الثانية، ولها اسم الهرتز Hz.

ويعرف معكوس التردد بالزمن الدوري للدوران T وهي العلاقة:

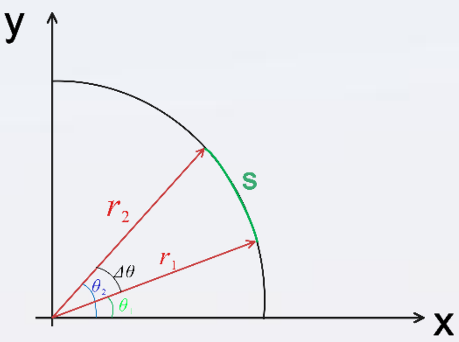
$$T = \frac{1}{f}$$

وهو يقيس الوقت المستغرق للمرور مرّة واحدة حول الدائرة. ووحدة قياسها هي الثانية s.

والعلاقة تكون بين السرعة الزاويّة والدور هي:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

➢ السرعة الزاويّة والسرعة الخطيّة:



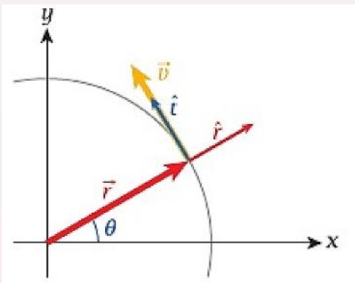
عندما نقيس المسافة التي يقطعها الجسم على القوس للدائرة مع الزمن يمكن ان نحصل على سرعة نسميها السرعة الخطيّة، وكان الجسم يمشي على خط مستقيم طوله من طول القوس ويكون السرعة الخطيّة:

$$v = \frac{s}{t}$$

وبنفس الوقت لدينا السرعة الزاويّة لهذا الجسم:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{t}$$

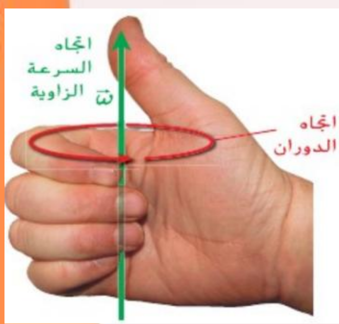
ونرى السرعة الآنيّة الخطيّة كما في الشكل الشعاعي هنا:



وتكون العلاقة بين السرعة الزاويّة والسرعة الخطيّة(الاستنتاج الكامل في الكتاب):

$$v = r\omega$$

➢ اتجاه السرعة الزاويّة:



السرعة الزاويّة هي كميّة متجهة، وتكون في الاتجاه نفسه لمحور يمر بمركز المسار الدائري وعموديّة على مستوى الدائرة كما نرى في الشكل أدناه باستخدام قاعدة اليد اليمنى لتحديدها.

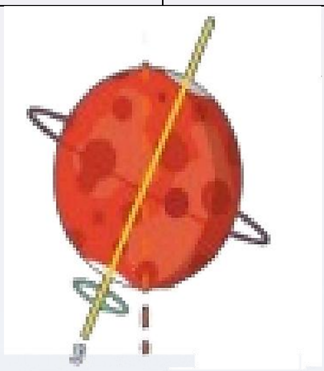
أهم قوانين هذا القسم:

$$\boldsymbol{f = \frac{\omega}{2\pi}, \qquad T = \frac{1}{f}, \qquad v = r\omega}$$

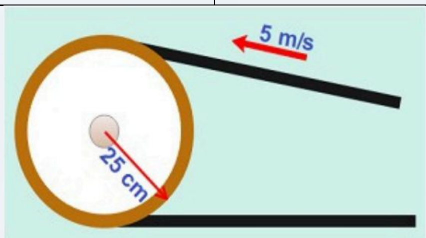
أسئلة من هذا القسم:

6			
A bicycle's wheels have a radius of $33.0\ cm$. The bicycle is traveling at a speed of $6.5\ m/s$. What is the angular speed of the front tire?		توجد دراجة نصف قطر عجلتها $33.0\ cm$ وتتحرك بسرعة تصل إلى $6.5m/s$ فما السرعة الزاويّة للإطار الأمامي؟	
A	$0.197 rad/s$	B	$1.24\ rad/s$
C	$5.08\ rad/s$	D	$19.7\ rad/s$

7 6							
A bicycle's wheels have a radius R. The bicycle is traveling with speed v. Which one of the following expressions describes the angular speed of the front tire?				إذا كان نصف قطر عجلات الدراجة R، وتسير الدراجة بسرعة v،فأي من التعبيرات التالية يصف السرعة الزاوية للإطار الأمامي؟			
A	$\omega = \frac{v}{R}$	B	$\omega = \frac{1}{2} R v^2$	C	$\omega = \frac{R}{v}$	D	$\omega = Rv$

8			
The planet Mars rotates on it's pole-to-pole axis with angular velocity $7.1 \times 10^{-5}\ rad/s$ What is the period of rotation Mars needed to complete one rotation?		يدور المريخ حول محوره الذي يمتد من القطب إلى القطب بسرعة زاوية $7.1 \times 10^{-5}\ rad/s$ ما الزمن الذي يحتاجه كوكب المريخ لإكمال دورة واحدة؟	
			
A	$24.6h$	B	$12h$
C	$36.8h$	D	$24.0h$

9	
A belt passes over a wheel of radius $25cm$. If a point on the belt has a speed of $5m/s$, what is the angular velocity of the belt?	يمر حزام على دولاب نصف قطره $25cm$. إذا كانت سرعة نقطة على الحزام $5m/s$. ما السرعة الزاوية للحزام؟



A	$20\ rad/s$ (Comes out) للخارج	B	$20\ rad/s$ (Comes in) للداخل
C	$2.5\ rad/s$ (Comes in) للداخل	D	$2.5\ rad/s$ (Comes out) للخارج

10	
A boy is on a Ferris wheel, which takes him in a vertical circle of radius $9.00\ m$ once every $12.0\ s$.	يركب فتى عجلة دوّارة تلف به في دائرة رأسيّة نصف قطرها $9.00m$ واحد كل $12.0s$.
1. What is the angular speed of the Ferris wheel? 2. Suppose the wheel comes to a stop at a uniform rate during one quarter of a revolution. What is the angular acceleration of the wheel during this time. 3. Calculate the tangential acceleration of the boy during the time interval described in part 2.	1. ما السرعة الزاويّة للعجلة الدوارة؟ 2. افترض أنّ العجلة تتوقف بمعدل منتظم أثناء الربع الأول من الدورة. فما العجلة الزاويّة للعبة خلال هذا الوقت. 3. احسب العجلة المماسيّة خلال الفترة الزمنيّة المحددة في الجزء 2.

ملاحظة:
الأسئلة الكتابيّة المتعلّقة بهذا القسم في آخر هذا الملف بسبب ارتباطها بمفاهيم أخرى.

القسم 9.4: العجلة الزاويّة والمركزيّة:

العجلة(التسارع) الزاوية لجسم:

هي معدّل التغيّر في سرعته الزاويّة، ويرمز إليها بالحرف اليوناني α (ألفا)

ويتشابه تعريف مقدار العجلة الزاويّة مع تعريف العجلة الخطيّة. ويحدد متوسطها الزمني من العلاقة:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

ويرتبط التسارع الزاوي بالسرعة الزاويّة بالعلاقة:

$$a = r\alpha$$

العجلة(التسارع) المركزيّة:

يطلق هذا المصطلح على العجلة (التسارع) التي تغيّر اتجاه متجه السرعة دون تغيير مقداره(القيمة له).

مقدار العجلة المركزيّة له القانون:

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

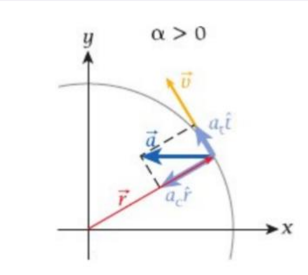
يمكن باستخدام العلاقة السابقة إلى أن صل إلى شكل لعلاقة التواتر بالعجلة المركزيّة:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a_c}{r}}$$

ويكون في الحركة الدائريّة مقدارين للعجلة (التسارع) وهما العجلة المماسيّة $\boldsymbol{a_t}$ والعجلة المركزيّة $\boldsymbol{a_c}$ وتكون العجلة الكليّة:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_c^2} = r\sqrt{\alpha^2 + \omega^4}$$

شكل اتجاه السرعة المماسيّة والخطيّة:



(a)

العجلة المماسيّة $\boldsymbol{a_t}$ تكون دائماً على عموديّة على المتجه $\vec{r}$ وتكون العجلة المركزيّة a_c دائماً متجهة نحو مركز الدائرة كما في الشكل على اليسار.

ونلاحظ أنّ التسارع $\vec{a}$ هو الجمع الشعاعي لكل من التسارعين.

أهم قوانين هذا القسم:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, a = r\alpha$$

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

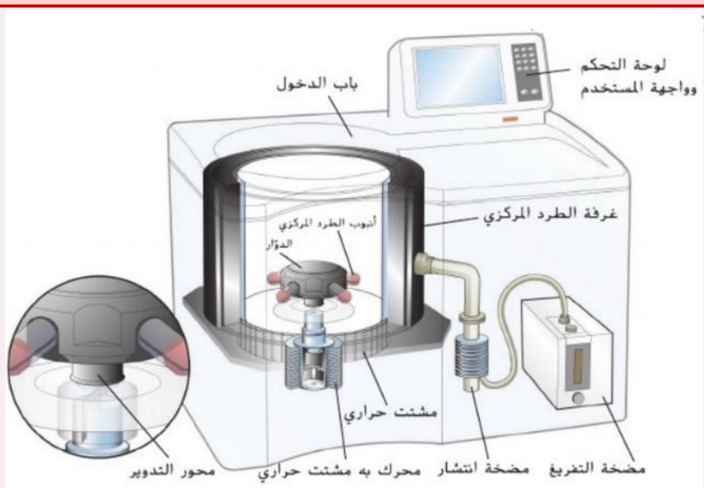
$$a = \sqrt{a_t^2 + a_c^2} = r\sqrt{\alpha^2 + \omega^4}$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a_c}{r}}$$

أمثلة محلولة من الكتاب:

✍ مثال 9.4: جهاز الطرد المركزي فائق السرعة:

يعد جهاز الطرد المركزي فائق السرعة من أهم المعدّات في مختبرات الطب الأحيائي، (انظر الشكل أدناه) تستخدم هذه المعدّة لفصل المواد (مثل المواد الغروانيّة أو البروتينات) التي تتكوّن من جسيمات مختلفة الكتل من خلال عمليّة الترسيب (تغوص الجسيمات الأكثر ضخامة إلى القاع). بدلاً من الاعتماد على عجلة الجاذبيّة للقيام بالترسيب. يستخدم جهاز الطرد المركزي فائق السرعة العجلة المركزيّة الناتجة عن الدوران السريع لتسريع العمليّة. يمكن أن تصل قيم العجلة المركزيّة في بعض أجهزة الطرد المركزي فائقة السرعة إلى $10^6 g$
$(g = 9.81\ m/s^2)$



✍ المسألة:

إذا اردت توليد عجلة(تسارع) مركزيّة بمقدار 840,000 مثل عجلة الجاذبيّة الارضيّة في عينة تدول على بعد $23.5cm$ من محور دوران جهاز الطرد المركزي فائق السرعة، فما التردد الذي يتعيّن عليك إدخاله إلى عناصر التحكم؟ ما السرعة الخطيّة التي تتحرك بها العينة بعد ذلك؟

الحل:

تحدد العجلة المركزيّة من العلاقة $a_c = \omega^2 r$ **وترتبط السرعة الزاويّة بالتردد من خلال المعادلة** $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a_c}{r}}$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(840{,}000)(9.81\ m/s^2)}{0.235m}} = 942^{-1}$$

ويمكن كتابتها على شكل دور في الدقيق (rpm) على الشكل:

$$942^{-1} = 56{,}500rpm$$

فيما يخص السرعة الخطيّة للعينة داخل جهاز الطرد المركزي. نجد أنّ:

$$v = r\omega = 2\pi rf = 2\pi(0.235)(932\ s^{-1}) = 1.39km/s$$

مثال 9.6: مشغّل الأقراص المضغوطة:

اذا كان طول أحد مسارات الأقراص المضغوطة $5.4km$، وإذا كان القرص المضغوط يمكنه تخزين $74min$ من المقاطع الموسيقيّة. فما السرعة الزاويّة والعجلة المماسيّة للقرص عندما يدور داخل أحد مشغّلات الأقراص المضغوطة، م ع افراض أن السرعة الخطيّة ثابتة؟

الحل:

بما أنّ طول المسار $5.4km$ ويتعيّن أن يمر بشعاع الليزر الذي يقرؤه في فترة زمنيّة قدرها $= \Delta t = 74min$ $4440s$. تكون سرعة مرور المسار بالقارئ $v = \frac{(5.4km)}{(4440)} = 1.216m/s$.

ونصف القطر الداخلي $r_1 = 25mm$ وتصل إلى نصف قطر خارجي $r_2 = 58mm$ عند كل قيمة من قيم نصف القطر r. يمكننا أن نشبّه المسار الحلزوني بدائرة. ومن ثمّ يمكننا استخدام العلاقة بين السرعات الخطيّة والزاوية التي يتم التعبير عنها في المعادلة التالية لإيجاد السرعة الزاوية كدالة لنصف القطر:

$$v = r\omega \Rightarrow \omega = \frac{v}{r}$$

بالتعويض بقيم v و r نحصل على:

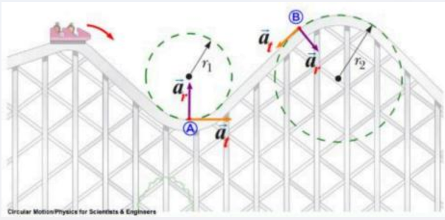
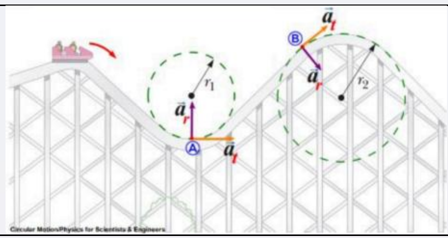
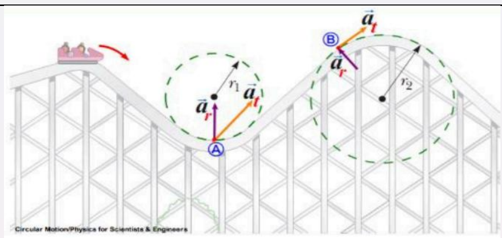
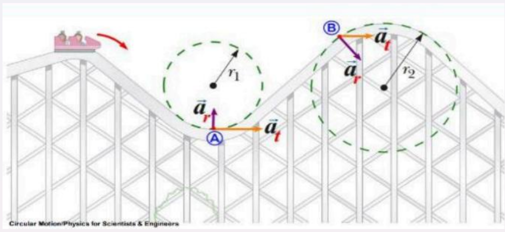
$$\omega(r_1) = \frac{1.216m/s}{0.025m} = 48.64s^{-1}$$

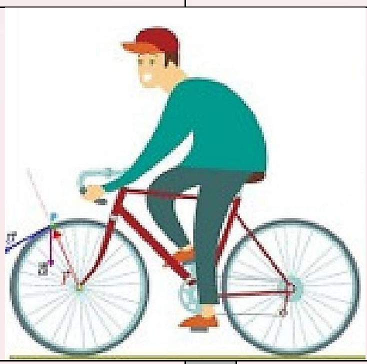
$$\omega(r_2) = \frac{1.216m/s}{0.058\ m} = 20.97s^{-1}$$

وهذا يعني أنّ مشغل الأقراص المضغوطة ينبغي أن يبطئ معدّل دوران القرص أثناء تشغيله. ويكون متوسط العجلة الزاويّة أثناء هذه العملية هو:

$$\alpha = \frac{\omega(r_2) - \omega(r_1)}{\Delta t} = \frac{20.97\ s^{-1} - 48.64\ s^{-1}}{4440s} = -6.2 \times 10^{-3}\ s^{-2}$$

أسئلة اختياريّة من هذا القسم

11			
A roller coaster slides in one of the theme parks. Which of the following figures **correctly** represents the directions of the tangential acceleration and the radial acceleration of the roller coaster ?		تنزلق عربة أفعوانيه في إحدى حدائق الألعاب. أي من الأشكال التالية يعبر بشكل **صحيح** عن اتجاهات كل من التسارع المماسي والتسارع القُطري للعربة؟	
A		B	
C		D	

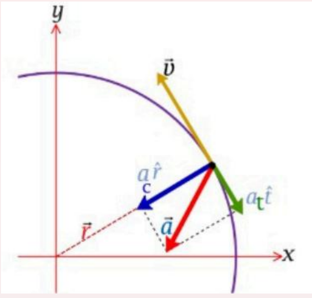
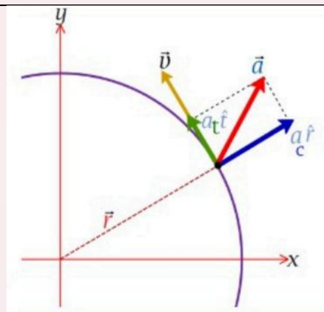
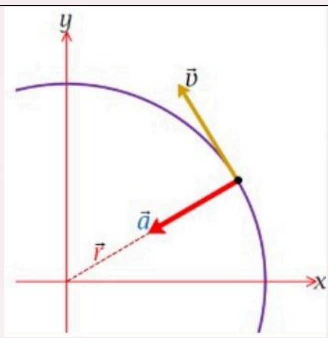
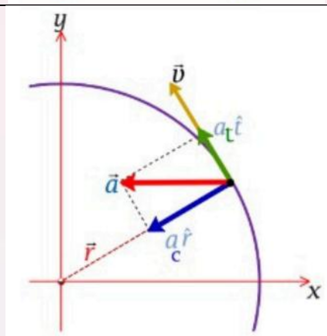
12			
A cycle wheel moves in circular motion as shown in the figure. The acceleration of point P at the outside of the bicycle wheel Is given as follows: $\vec{a} = (1.73\ m/s)\hat{t} - (3.0m/s)\ \hat{r}$ What is **the angle** between $\vec{a}$ and vector $\hat{r}$?		يتحرّك دولاب دراجة في حركة دائريّة كما هو موضّح في الشكل. تسارع الحركة للنقطة P على الطرف الخارجي للدولاب الدراجة كما يلي: $\vec{a} = (1.73\ m/s)\hat{t} - (3.0m/s)\ \hat{r}$ ما **الزاوية** بين $\vec{a}$ والمتجه $\hat{r}$؟	
			
A	$150°$	B	$30°$
C	$180°$	D	$50°$

ملاحظة:

السؤال السابق يحتاج إلى بعض المعرفة في الأشعّة

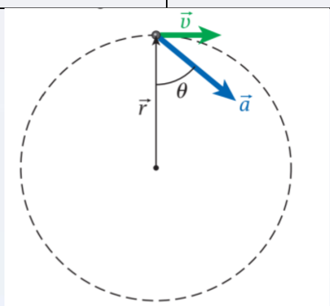
13

In the following graphs, the object moves in a circular motion. In which of the graphs the object moves with a constant angular velocity?	الرسوم البيانيّة التالية تعبّر عن جسم يتحرّك حركة دائريّة. أي من الرسوم البيانيّة تدل على حركة الجسم بسرعة زاويّة ثابتة؟

A		B	
C		D	

14

A particle is moving clockwise in a circle of radius $1.00\ m$. at a certain instant, the magnitude of it's acceleration is $a = \lvert\vec{a}\rvert = 25.0\ m/s^2$, and the acceleration vector has an angle of $\theta = 50°$ with the position vector, as shown in the figure. At this instant, find the speed $v = \lvert\vec{v}\rvert$, of this particle.	يتحرّك جسيم ما في اتجاه عقارب الساعة في دائرة نصف قطرها $1.0m$ وعند لحظة معيّنة يكون مقدار عجلته يساوي $a = \lvert\vec{a}\rvert = 25\ m/s^2$. ويصنع متجه العجلة الزاويّة $50.0°$ مع متّجه الموقع. كما هو موضّح في الشكل بالاسفل. في هذه الحظة اوجد السرعة $v = \lvert\vec{v}\rvert$ لهذا الجسيم.



15	
In a tape recorder, the magnetic tape moves at a constant linear speed of $5.60\ cm/s$. To maintain this constant linear speed, the angular speed of the driving spool (the take-up spool) has to change accordingly. 1. What is the angular speed of the take-up spool when it is empty, with radius $r_1 = 0.800\ cm$. 2. What is the angular speed when the spool is full, with radius $r_2 = 2.20\ cm$? 3. If the total length of the tape is $100.80\ m$, what is the average angular acceleration of the take-up spool while the tape is being played?	في جهاز تسجيل شريطي. يتحرّك الشريط المغناطيسي بسرعة خطيّة ثابتة مقدارها $5.6\ cm/s$.وللحفاظ على هذه السرعة الخطيّة الثابتة. يجب تغيير السرعة الزاويّة لبكرة التشغيل (بكرة السحب) وفقاً لذلك. 1. ما مقدار السرعة الزاويّة لبكرة السحب عندما تكون فارغة، إذا كان نصف قطرها $r_2 = 0.800cm$ ؟ 2. ما مقدار السرعة الزاويّة عندما تكون البكرة ممتلئة. إذا كان نصف قطرها $r_2 = 2.20cm$. 3. إذا كان إجمالي طول الشريط $100.80\ m$ فما متوسّط العجلة الزاويّة لبكرة السحب أثناء تشغيل الشريط؟

9.5: القوّة المركزيّة:

القوّة المركزيّة $\vec{F_c}$ ليس قوّة أساسيّة في الطبيعة لكنها ببساطة قوّة محصلة متجهة نحو الداخل لازمة لتوفير العجلة المركزيّة الازمة للحركة الدائريّة. وينبغي أن تتجه إلى الداخل نحو مركز الدائرة. ومقدارها يساوي ناتج ضرب كتلة الجسم والعجلة المركزيّة الازمة لدفعه إلى مسار دائري:

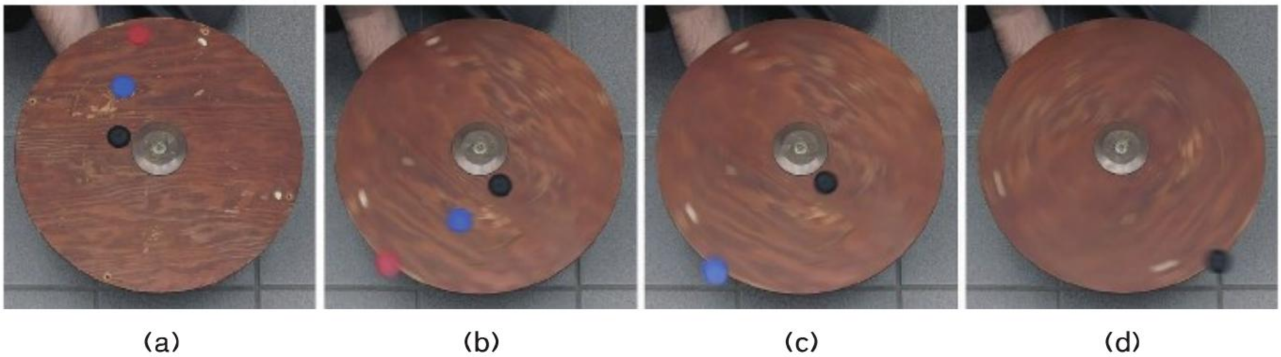
$$F_c = ma_c = mv\omega = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$$

يوضح الشكل أدناه منظرًا علويًّا لطاولة دوّارة عليها ثلاث قطع متطابقة في كل شيء (باستثناء اللون).

إذا قمنا بتدوير الطاولة ببطء كما هو الحال في الجزء (a). فستكون جميع القطع الثلاث في حركة دائرية. في هذه الحالة، توفر قوة الاحتكاك السكوني بين الطاولة والقطع القوة المركزية اللازمة للحفاظ على القطع في حركة دائرية. في الأجزاء (b) و(c) و(d)،

تدور الطاولة أسرع تدريجيًا. وزيادة السرعة الزاوية تعني زيادة القوة المركزية وفقًا للمعادلة أعلاه. وتنزلق القطع عندما لا تعود قوة الاحتكاك كبيرة بدرجة تكفي لتوفير القوة المركزية اللازمة.

كما ترى، تنزلق القطعة الخارجية أولا وتنزلق القطعة الداخلية أخيرًا. يشير هذا بوضوح إلى أنه بالنسبة إلى أي سرعة زاوية محددة، تزداد القوة المركزية مع بُعد المسافة عن المركز. يمكن أن تفسر المعادلة أعلاه بالصيغة $F = m\omega^2 r$ هذا السلوك الملاحظ. تكون السرعة الزاوية ω لجميع النقاط على سطح الطاولة الدوارة واحدة، وذلك لأن جميع هذه النقاط تستغرق الوقت نفسه لإكمال لفة واحدة. لذا تتناسب القوة المركزية للقطع الثلاث طرديًا مع البعد عن المركز، الأمر الذي يشرح سبب انزلاق القطعة الحمراء أولاً والقطعة السوداء أخيرًا.



مسائل محلولة في الكتاب

مسألة محلولة 9.1: تحليل عربة أفعوانيه:

من الألعاب التي ربما تدهشك في مدينة الملاهي هي العربة الأفعوانيّة ذات الحلقة الرأسيّة حيث يشعر الركاب بانعدام الوزن تقريباً في أعلى هذه الحلقة.

المسألة:

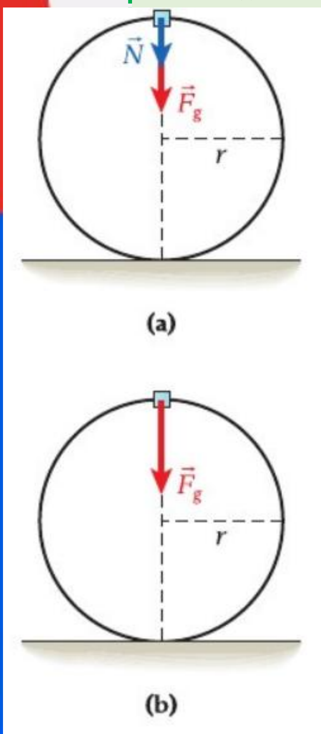
افترض أنّ نصف قطر الحلقة الرأسيّة يساوي $5.00m$ فما السرعة الخطيّة المفترضة للعربة الأفعوانيّة عند أعلى الحلقة لكي يشعر الركّاب بانعدام الوزن؟ (افترض أنّه يمكن تجاهل الاحتكاك بين العربة اللإفعوانيّة والقضبان).

فكّر:

يشعر الشخص بانعدام وزنه عند عدم وجود قوة داعمة من مقعد أو نظام تقييد يؤثر عكسيًا في وزنه. لكي يشعر الشخص بانعدام وزنه في أعلى الحلقة، ينبغي ألا تكون هناك قوّة عموديّة مؤثرة فيه عند هذه النقطة.

ارسم:

قد تساعد مخططات الجسم الحر في الشكل (a) في تصور الحالة. يوضح الشكل (b) قوة الجاذبية والقوّة العمودِيّة المؤثرة في أحد ركاب العربة الأفعوانية عند أعلى الحلقة. ومجموع هاتين القوتين هو محصلة القوى والتي ينبغي أن تعادل القوة المركزية في الحركة الدائرية. إذا كانت محصلة القوى (القوة المركزية هنا) تعادل قوة الجاذبية، فستكون القوّة المتعامدة صفرًا ويشعر الراكب بانعدام وزنه. وتتضح هذه الحالة في الشكل (b)



ابحث:

ذكرنا للتو أن محصلة القوة تساوى القوة المركزية وأن محصلة القوى هي مجموع القوة المتعامدة وقوّة الجاذبيّة:

$$\vec{F_c} = \vec{F}_{net} = \vec{F}_g + \vec{N}$$

للشعور بانعدام الوزن عند أعلى الحلقة. يلزم أن تكون $\vec{N} = 0$ ومن ثمّ:

$$\vec{F}_c = \vec{F}_g \Rightarrow F_c = F_g \ (1)$$

كما هو الحال دائماً. لدينا $F_g = mg$ بالنسبة إلى مقدار القوّة المركزيّة، نستخدم المعادلة:

$$F_c = ma_c = m\frac{v^2}{r}$$

بسّط:

بعد التعويض عن تعبيرات القوّة المركزيّة وقوّة الجاذبيّة في المعادلة (1) نوجد السرعة الخطيّة عند أعلى الحلقة:

$$F_c = F_g \Rightarrow m\frac{v_{top}^2}{r} = mg \Rightarrow v_{top} = \sqrt{rg}$$

احسب:

باستخدام $g = 9.81\ m/s^2$ وقيمة $5.0m$ المعطاة لنصف القطر. نحصل على:

$$v_{top} = \sqrt{(5.00m)(9.81\ m/s^2)}$$

قرّب:

عند تقريب النتيجة التي توصلنا إليها إلى قيمة مضبوطة مكوّنة من ثلاث أرقام، فنحصل على:

$$v_{top} = 7.00\ m/s$$

هل توجد قوة طاردة مركزية؟

كثيرًا ما نسمع الأشخاص وهم يتحدثون عن عجلة الطرد المركزي (أو "الابتعاد عن المركز" إلى خارج نصف القطر) أو القوة الطاردة المركزية (الكتلة في العجلة). وقد تشعر وكأنك تُسحب إلى الخارج عند ركوب إحدى الألعاب الدوّارة في مدينة الملاهي مثل اللعبة المذكورة في المسألة المحلولة 9.2. يرجع هذا الشعور إلى قصور جسمك الذي يقاوم العجلة المركزية تجاه المركز. لذا تشعر بقوة غير حقيقية تتجه نحو الخارج، وهي القوة الطاردة المركزية. ضع في اعتبارك أن هذا الشعور يعود إلى تحرك جسمك في مناط إسناد متسارع؛ ولا توجد قوة طاردة مركزية.

لكن القوة الحقيقية التي تؤثر في جسمك وتدفعه إلى الحركة في مسار دائري هي القوة المركزية وتتجه نحو الداخل. وعلى الرغم من ذلك، يكون التأثير في الإطار الدوّار هو التأثير نفسه لقوة متجهة للخارج.

ملاحظة: هذا الجزء مهم لحل أسئلة اختياريّة.

مسألة محلولة 9.1: تحليل عربة أفعوانيه:

من الألعاب التي ربما تدهشك بشدة في مدينة الملاهي هي العربة الأفعوانية ذات الحلقة الرأسية حيث يشعر الركاب بانعدام الوزن تقريبا في أعلى هذه الحلقة.

المسألة:

افترض أن نصف قطر الحلقة الرأسية يساوي 5.00 m. فما السرعة الخطية المفترضة للعربة الأفعوانية عند أعلى الحلقة لكي يشعر الركاب بانعدام الوزن؟ (افترض أنّه يمكن تجاهل الاحتكاك بين العربة الأفعوانيّة والقضبان).

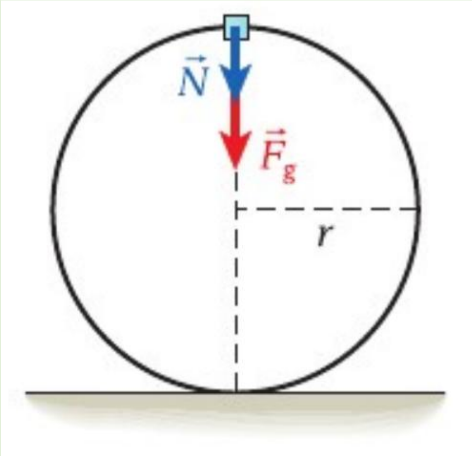
الحل:

فكّر:

يشعر الشخص بانعدام وزنه عند عدم وجود قوّة داعمة من مقعد أو نظام تقييد يؤثر عكسيّاً وزنه. لكي يشعر الشخص بانعدام وزنه في أعلى الحلقة، ينبغي ألا تكون هناك قوّة عموديّة مؤثرة فيه عند هذه النقطة.

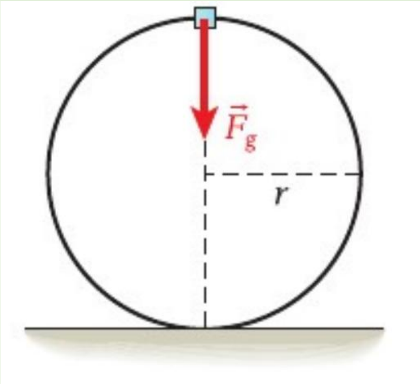
ارسم:

قد تساعد مخططات الجسم الحر هذه في تصور الحالة:



(a)

ويوضّح الشكل قوّة الجاذبية والقوّة العاموديّة المؤثّرة في احد ركاب العربة الأفعوانيّة عند أعلى الحلقة. ومجموع هاتين القوّتين هو محصّلة القوى والتي ينبغي أن تعادل القوّة المركزيّة في الحركة الدائريّة. إذا كانت محصّلة القوى (القوّة المركزيّة هنا) تعادل قوّة الجاذبيّة.، فستكون القوّة المتعامدة صفراً وشعر الراكب بانعدام وزنه. وتتضح الحالة في الشكل التالي:



(b)

ابحث:

ذكرنا للتو أنّ محصّلة القوّة تساوي القوّة المركزيّة وأنّ محصلة القوى هي مجموع القوّة المتعامدة وقوّة الجاذبيّة:

$$\vec{F}_C = \vec{F}_{net} = \vec{F}_g + \vec{N}$$

للشعور بانعدام الوزن عند أعلى الحلقة. يلزم ان تكون $\vec{N} = 0$ ومن ثمّ:

$$\vec{F}_c = \vec{F}_g \Rightarrow F_C = F_g \ (1)$$

كما هو الحال دائماً. ليدنا $F_g = mg$ بالنسبة إلى مقدار القوّة المركزيّة نستخدم المعادلة التالية:

$$F_C = ma_c = m\frac{v^2}{r}$$

بسّط:

بعد التعويض عن التعبيرات القوّة المركزيّة في المعادلة (1) نوجد السرعة الخطيّة عند أعلى الحلقة:

$$F_C = F_g \Rightarrow m\frac{v_{top}^2}{r} = mg \Rightarrow v_{top} = \sqrt{rg}$$

احسب:

باستخدام $g = 8.81\ m/s^2$ وقيمة $5.00m$ المعطاة لنصف القطر. نحصل على:

$$v = \sqrt{(5.00m)(9.81\ m/s^2)}$$

قرّب:

عند تقريب النتيجة التي توصلنا إليها إلى قيمة مضبوطة مكوّنة من ثلاثة أرقام. نحصل على:

$$v_{top} = 7.00\ m/s$$

أسئلة عن هذا القسم

16			
A Ferris wheel rotates slowly about a horizontal axis. Passengers sit on seats that remain horizontal on the Ferris wheel as it rotates. Which type of force provides the centripetal acceleration on the passengers when they are at the top of the Ferris wheel?		تدور العجلة الدوارة ببطء حول محور أفقي. فإذا كان الركّاب يجلسون على المقاعد التي تظل أفقية على العجلة الدوارة أثناء دورانها. فما نوع القوة التي توفر العجلة المركزية للركاب عندما يكونون في أعلى العجلة الدوارة؟	
A	Centrifugal الطرد المركزي	B	Normal المتعامدة
C	Gravity الجاذبيّة	D	Tension الشد

17			
A ball attached to the end of a string is swung around in a circular path of radius r. If the radius is doubled and the linear speed is kept constant, the centripetal acceleration		تتأرجح كرة مربوطة في طرف خيط في مسار دائري نصف قطره r. فإذا تضاعف نصف القطر وظلت السرعة الخطيّة ثابتة، فإن العجلة المركزية	
A	Remains the same تظل كما هي	B	Increases by a factor of 2 تزيد بمقدار المثل
C	Decrease by a factor of 2 تقل بمقدار النصف	D	Increases by a factor of 4 تزيد بمقدار 4 أمثال

18							
A centrifuge rotor is accelerated for 30 s from rest to 20,000 rpm. What is its average angular acceleration?				يتم تسريع دوار جهاز الطرد المركزي لمدة 30 s من السكون إلى 20,000 دورة في الدقيقة. ما متوسط تسارعها الزاوي؟			
A	$70\ rad/s^2$	B	$2100\ rad/s^2$	C	$11.1\ rad/s^2$	D	$333\ rad/s^2$

<table>
<tr><th colspan="4">19</th></tr>
<tr><td colspan="2">You put three identical coins on a turntable at different distances from the center and then turn the motor on. As the turntable speeds up, the outermost coin slides off first, followed by the one at the middle distance, and, finally, when the turntable is going the fastest, the innermost one. Why is this?</td><td colspan="2">ضع ثلاث فطع نقد معدنية متماثلة على قرص دوار على مسافات مختلفة من المركز ثم شغل المحرّك. عندما تزداد سرعة القرص الدوار. تتزلق قطعة النقد المعدنية الأبعد عن المركز أولا تليها قطعة النقد المعدنية الموجودة في منتصف المسافة
إلى المركز وأخيرا قطعة النقد المعدنية الأقرب من المركز وذلك عندما يدور القرص بأقصى سرعة له. ما سبب ذلك؟</td></tr>
<tr><td>A</td><td>For greater distances from the center, the centripetal acceleration
is higher, and so the force of friction becomes unable to hold the coin
in place.
بالنسبة إلى المسافات الأكثر بعدا عن المركز. تكون العجلة المركزية أعلى. ومن ثم
لا تستطيع قوّة الاحتكاك إبقاء قطعة النقد المعدنية في مكانها.</td><td>B</td><td>The weight of the coin causes the turntable to flex downward, so
the coin nearest the edge falls off first.
يتسبب وزن قطعة النقد المعدنية وفق ميل القرص الدوار إلى أسفل. ومن ثمّ
تسقط قطعة النقد الأقرب إلى الحافة أولاً.</td></tr>
<tr><td>C</td><td>Because of the way the turntable is made, the coefficient of static
friction decreases with distance from the center.
بسبب المسار الذي يصنعه القرص الدوار، يقل معامل الاحتكاك السكوني عند الابتعاد عن المركز.</td><td>D</td><td>For smaller distances from the center, the centripetal acceleration
is higher.
بالنسبة إلى المسافات الأقل بعدا عن المركز. تكون العجلة المركزية أعلى.</td></tr>
</table>

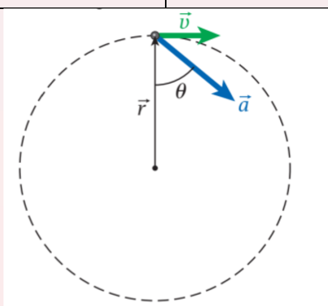
20

The figure shows a top view of a spinning table with three identical colored markers (a, b, c) on it. If we spin the table slowly, which of the following forces provides the centripetal force required to keep the markers in circular motion?	يوضح الشكل منظرا علويًا لطاولة دوارة عليها ثلاث قطع ملونة متطابقة (a, b, c). إذا قمنا بتدوير الطاولة ببطء، أي من القوى التالية توفر قوة الجذب المركزية اللازمة لإبقاء القطع في حركة دائرية؟

A	Static friction force/قوة الاحتكاك السكوني	B	Normal force/قوة العمودية
C	Gravitational force/قوة الجاذبية	D	Kinetic friction force/قوة الاحتكاك الحركي

21

A ball that has a mass of $1.00kg$ is attached to a string $1.00\ m$ long and is whirled in a vertical circle at a constat of $10.0\ m/s$. 1. Determine the tension in the string when the ball is at the top of the circle. 2. Determine the tension in the string when the ball is at the bottom of the circle. 3. Consider the ball at some point other than the top or bottom. What can you say about the tension in the string at this point?	كرة كتلتها $1.00\ kg$ متصلة بخيط طوله $1.00\ m$ وتدور في دائرة رأسيّة بسرعة ثابتة $10.0\ m/s$. 1. حدد مقدار الشد في الخيط عندما تصبح الكرة عند أعلى الدائرة. 2. حدد مقدار الشد في الخيط عندما تصبح الكرة عند أسفل الدائرة. 3. افترض أنّ الكرة في نقطة ما بخلاف الجزء العلوي والسفلي. ماذا يمكنك قوله عن مقدار الشد في الخيط عند هذه النقطة؟



22

Four particles have the following masses in terms of (m), speeds in terms of (v), and radii in terms of (r). Which particle has the least centripetal force?

أربعة جسيمات لها كتل بدلالة (m)، وسرعات بدلالة (v)، وأنصاف قطر بدلالة (r) ما الجسيم الذي لديه أقل قوة مركزية؟

Particle	Mass	Speed	Radius
1	m	v	r
2	m/2	2v	2r
3	2m	v/2	r
4	3m	2v	3r

A	Particle 1 الجسيم 1	B	Particle 2 الجسيم 2
C	Particle 3 الجسيم 3	D	Particle 4 الجسيم 4

23

A merry-go-round has an angular acceleration of $0.30\ rad/s^2$. After accelerating from rest for $2.8\ s$, through what angle in radians does the merry-go-round rotate?

تتحرك لعبة دوارة في مدينة الملاهي بتسارع زاوي $(0.3\ rad/s^2)$ من السكون لمدّة $2.8s$ ما الزاوية التي تدور فيها العبة بالراديان بالتقدير الدائري؟

A	$1.2rad$	B	$2.4\ rad$	C	$2.0rad$	D	$8.0rad$

9.6: الحركة الدائريّة والخطيّة:

يلخص الجدول أدنا العلاقات بين الكميّات الخطيّة والزاويّة للحركة الدائريّة. تربط العلاقات الموضّحة في الجدول الكميّات الزاويّة (α, ω, θ) بالكميّات الخطيّة (a, v, s) ويكون نصف قطر r المسار الدائري ثابتاً ويربط بين مجموعتي الكميّات.

الجدول 9.1 مقارنة بين المتغيرات الكينماتيكية للحركة الدائرية

الكمية	خطية	زاوية	العلاقة
الإزاحة	s	θ	$s = r\theta$
السرعة المتجهة	v	ω	$v = r\omega$
العجلة	a	α	$a_t = r\alpha$
			$a_c = r\omega^2$
			$\vec{a} = r\alpha\hat{t} - r\omega^2\hat{r}$

العجلة الزاويّة الثابتة:

ناقشنا في الوحدة الثانية سابقاً الحالة الخاصّة للعجلة الثابتة. في ظل هذا الافتراض تمّ استنتاج هذه المعادلات:

$$x = x_0 + v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$x = x_0 + \bar{v}_x t$$

$$v_x = v_{x0} + a_x t$$

$$\bar{v}_x = \frac{1}{2}(v_x + v_{x0})$$

$$v_x^2 = v_{x0}^2 + 2a_x(x - x_0)$$

يمكننا استنتاج معادلات مشابهة في حالة العجلة الزاويّة الثابتة:

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$\theta = \theta_0 + \bar{\omega} t$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\bar{\omega} = \frac{1}{2}(\omega + \omega_0)$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

أسئلة محلولة من الدرس

مسألة محلولة 9.3:

المسألة:

تبدأ حدافة المحرّك البخاري في الدوران من السكون بعجلة زاويّة ثابتة مقدارها $\alpha = 1.43\ rad/s^2$ لمدّة $t = 25.9\ s$. ثمّ نستكمل الدوران بسرعة زاويّة ثابتة ω بعد دوران الحدافة لمدّة 59.4 ما القيمة الكليّة للزاوية التي دارتها الحدافة منذ بدء دورانها؟

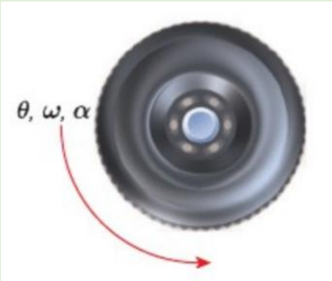
الحل:

فكّر:

نحاول هنا تحديد إجمالي الإزاحة الزاويّة θ بالنسبة إلى الفترة الزمنية للعجلة للحدافة. يمكننا استخدام المعادلة:

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

مع $\theta_0 = 0$، و $\omega_0 = 0$ لانّ المحرك انطلق من السكون. وللحصول على إجمالي الإزاحة الزاويّة نجمع هاتين الإزاحتين الزاويتين.



ارسم:

يوضّح الشكل جانباً منظراً علويّاً للحدافة وهي تدور.

ابحث:

نسمّي الزمن مع وجود العجلة الزاويّة t_a وإجمالي زمن دوران الحدافة هو t_b. إذاً تدور الحدافة بسرعة زاويّة ثابتة لمدّة زمنيّة تساوي $t_b - t_a$. يتم تحديد الإزاحة الزاويّة θ_a التي تحدث أثناء تحرك الحدافة بعجلة زاويّة من خلال:

$$\theta_a = \frac{1}{s}\alpha\, t_a^2$$

يتم تحديد الإزاحة الزاويّة θ_b التي تحدث أثناء دوران الحدافة بعجلة زاويّة ثابتة ω من خلال:

$$\theta_b = \omega(t_b - t_a)$$

يتم تحديد السرعة الزاويّة ω. التي تصل إليها الحدافة بعد تحركها بعجلة زاويّة α لمدّة t_a من خلال:

$$\omega = \alpha t_a$$

يتم تحديد إجمالي الإزاحة الزاويّة من خلال:

$$\theta_{total} = \theta_a + \theta_b$$

نحسب θ_a**:**

$$\theta_a = \frac{1}{2}(1.43)(25.9)^2$$

$$\theta_a = 479.62915 \approx 479.63$$

نحسب θ_b**:**

ولحسابها يجب أن نحسب ω **أولاً عند الثانية** 25.9**:**

$$\omega = 1.43(25.9) = 37.037 \approx 37.04\, rad/s$$

ومن ثمّ نعوّض في المعادلة:

$$\theta_b = \omega(t_b - t_a)$$

$$\theta_b = 37.04(59.5 - 25.9) = 1244.544$$

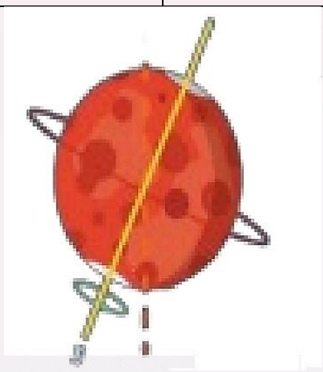
$$\theta_b \approx 1244.54\, rad$$

ويكون الزاوية التي دارها منذ بدء دورانها هي:

$$\theta = 479.63 + 1244.54 = 1724.17\, rad$$

أسئلة من هذا القسم

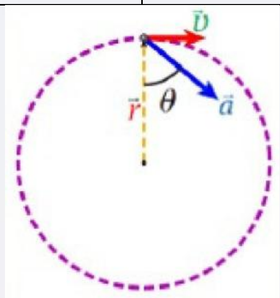
24			
The angular speed of the hour hand of a clock (in radians per second) is:		السرعة الزاويّة لعقرب الساعة (بوحدة الراديان في الثانية) هو:	
A	$\frac{\pi}{21600}$	B	$\frac{\pi}{7200}$
C	$\frac{\pi}{3600}$	D	$\frac{\pi}{1800}$

25			
The planet Mars rotates on it's pole-to-pole axis with angular velocity $7.1 \times 10^{-5}\ rad/s$ What is the period of rotation Mars needed to complete one rotation?		يدور المريخ حول محوره الذي يمتد من القطب إلى القطب بسرعة زاوية $7.1 \times 10^{-5}\ rad/s$ ما الزمن الذي يحتاجه كوكب المريخ لإكمال دورة واحدة؟	
			
A	$24.6h$	B	$12h$
C	$36.8h$	D	$24.0h$

26							
A merry-go-round has an angular acceleration of $0.30\ rad/s^2$. After accelerating from rest for $2.8\ s$, through what angle in radians does the merry-go-round rotate?				تتحرك لعبة دوارة في مدينة الملاهي بتسارع زاوي $(0.3\ rad/s^2)$ من السكون لمدّة $2.8s$ ما الزاوية التي تدور فيها العبة بالراديان بالتقدير الدائري؟			
A	$1.2rad$	B	$2.4\ rad$	C	$2.0rad$	D	$8.0rad$

27

A particle is moving with speed v clockwise in a circle of radius $1.28\ m$. At a certain instant, the magnitude of its acceleration is $25.0\ m/s^2$, the acceleration vector has an angle of $\theta = 60.0°$, with the position vector, as shown in the figure. **What is the velocity v ?**	يتحرك جسيم بسرعة v في اتجاه عقارب الساعة في دائرة نصف قطرها $1.28m$. عند لحظة معينة، يكون مقدار تسارع الجسيم $25.0\ m/s^2$ ويصنع متجه التسارع زاوية $\theta = 60.0°$ مع متجه الموضع، كما هو موضح في الشكل. **ما مقدار السرعة v؟**



A	$4.00 m/s$	B	$5.26\ m/s$
C	$16.0\ m/s$	D	$1.60\ m/s$

28

A vinyl record plays with a constat angular acceleration $0.25\ rev/s^2$. How many **revolutions** does the record make in $8.00s$?	يتم تشغيل مشغل أسطوانات بتسارع زاوي ثابت $0.25\ rev/s^2$ ما عدد الدورات التي يدورها المشغل خلال $8.00s$؟

A	$8.0\ rev$	B	$2.0\ rev$
C	$0.5\ rev$	D	$12\ rev$

29	
A carousel is initially at rest. With a constant angular acceleration $0.06\ rad/s^2$ which increases its angular velocity for 8.0 s before it becomes constant. What is the linear velocity of a child riding a horse located 2.5 m from the center when the angular velocity is constant?	تتحرك لعبة الأحصنة الدوارة منا ن بتسارع زاوي ثابت $\alpha = 0.06\ rad/s$ مما يزيد من سرعتها الزاوية لمدة ($8.0s$) قبل أن تثبت. ما السرعة الخطية لطفل يركب حصانا يقع على بعد من $2.5m$ المركز عند ثبوت السرعة الزاوية؟

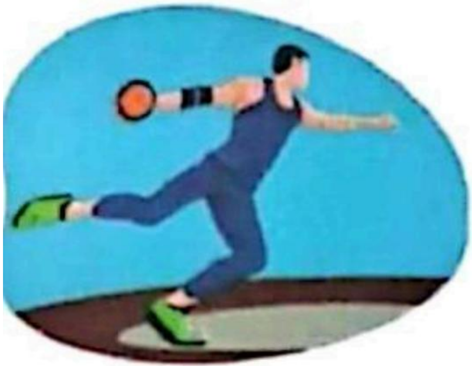
A	$1.2\ m/s$	B	$0.48\ m/s$
C	$5.2\ m/s$	D	$4.0\ m/s.$

أسئلة كتابيّة من هذا القسم

<table>
<tr><th colspan="2">30</th></tr>
<tr><td>A car travels clockwise at constant velocity around a circular path of radius $180m$ on a horizontal road as shown in the top view Figure. Below The car completes one turn in $75s$?</td><td dir="rtl">تتحرك سيّارة بسرعة ثابتة في اتجاه عقارب الساعة حول مسار دائري، نصف قطره $180m$ على طريق أفقي كما هو موضّح في المنظر العلوي المبيّن في الشكل أدناه.
تكمل السيارة دورة واحدة خلال $75s$.</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Draw arrows on the figure to show the following:
1. The driection of the car's velocity $\vec{v}$ at a position A.
2. The direction of the car's acceleration $\vec{a}$ at postion B.
3. What is the magnitude of the car's tangential aceleration?
(Explain your answer).
4. The direction of the car's velocity $\vec{v}$ at a postion A.
5. The direction of the car's acceleration $\vec{a}$ at position B.
6. Calculate the magnitude of the velocity $\vec{v}$ of the car.
7. Find the magnitude of the acceleration $\vec{a}$ of the car.</td><td dir="rtl">حدد بأسهم على الشكل كل من الآتي:
1. اتجاه سرعة السيارة $\vec{v}$ في الموقع A.
2. اتجاه عجلة (تسارع) السيارة $\vec{a}$ في الموقع B.
3. ما مقدار التسارع(العجلة) المماسية للسيارة ؟
(فسر اجابتك).
4. اتجاه سرعة السيّارة $\vec{v}$ في الموقع A.
5. اتجاه العجلة $\vec{a}$ في الموقع B.
6. احسب مقدار سرعة السيارة $\vec{v}$.
7. اوجد مقدار تسارع(عجلة) السيارة $\vec{a}$.</td></tr>
</table>

31

In the discus throwing competition, a discus thrower starting from rest, moves on a circular track of radius $0.95\ m$ and accelerates the discus to a final angular velocity of $5.2\ rad/s$, during that he makes $1.25\ rev$ before releasing the discus. (Assuming that angular acceleration is constant)	في مسابقة رمي القرص، يبدأ الرامي بالدوران من السكون، في مسار دائري نصف قطره $0.95m$ فيتسارع القرص إلى أن تصل سرعته الزاوية إلى $5.2m/s$ وأثناء ذلك يدور $1.28rev$ قبل تحرير القرص. (افترض ثبات التسارع الزاوي)

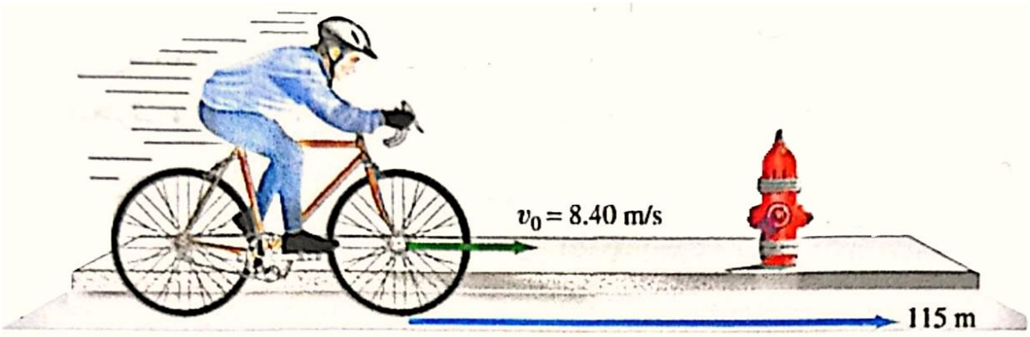


1. What is the angular acceleartion of the dicus thrower? 2. Find the time spent by the discus thrower in rotation before releasing the dicsus. 3. Calculate the magnitude of the tangential acceleration of the dicus.	1. ما مقدار التسارع الزاوي لرامي القرص؟ 2. أوجد الفترة الزمنيّة التي يتسغرقها رامي القرص في الدوران قبل تحريره القرص. 3. احسب مقدار العجلة (التسارع) المماسيّة للقرص.

32

A $150g$ ball at the end of a string is revolving uniformly in a horizontal circle of radius 0.60 m. The ball makes 2.0 revolutions in a second. Calculate the centripetal force.	تدور كرة كتلتها $150\ g$ مربوطة بنهاية خيط بشكل منتظم في دائرة أفقية نصف قطرها $(0.60m)$ وتصنع الكرة $2.0m$ دورة في الثانية. احسب القوة المركزية.

33	
A bicycle slows down uniformly from $v_0 = 8.40 m/s$ to rest, over $115m$. Each wheel has a radius of $0.34m$. calculate the following:	تتباطأ دراجة بمعدّل ثابت من $v_0 = 8.40m/s$ فتتوقف تماما بعد أن تقطع مسافة $(115m)$ إذا كان نصف قطر كل إطار $(0.34)m$. فاحسب الآتي:

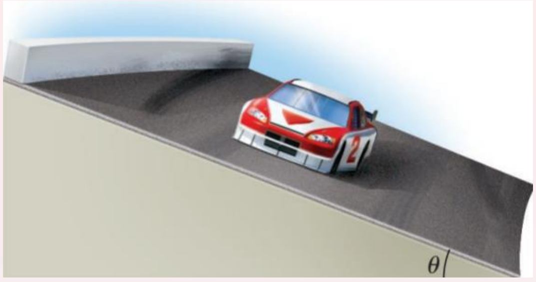


1. The angular velocity for one of the wheels at the initial instant. 2. The number of revolutions each wheel in the last $(115\ m)$ before it stops. 3. The angular acceleration for one of the wheels.	1. السرعة الزاويّة لاحد الإطارات في الحظة الابتدائيّة للحركة. 2. عدد الدورات الذي يدورها كل إطار خلال مسافة التوقف $(115m)$. 3. العجلة الزاويّة لأحد الإطارات.

أمثلة أخرى على الحركة الدائريّة:

مسألة محلولة 9.4:

عندما يسير متسابق مشارك في سباق ناسكار في منحنى مائل. يساعد هذا الميل السائق في تحقيق سرعات أعلى. لنرى كيف يكون ذلك. يوضّح الشكل على اليسار على منحنى المائل.

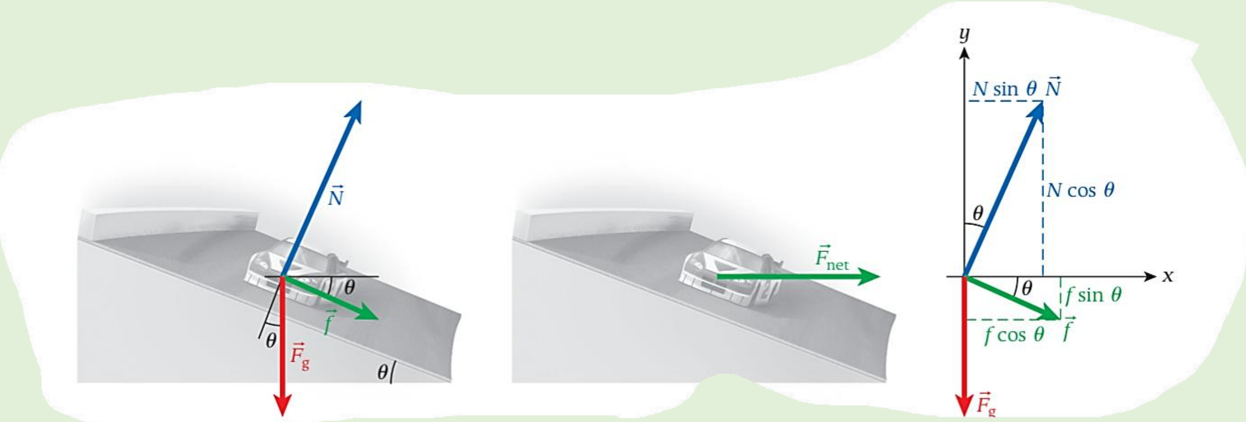


المسألة:

إذا كان معامل الاحتكاك السكوني بين سطح المضمار وإطارات السيارة هو $\mu_s = 0.620$ ونصف قطر المنحنى $R = 110.0m$. فما أقصى سرعة يمكن للسائق التحرّك بها على منحنى مائل بزاوية $\theta = 21.1°$؟ (هذه زاوية مائلة نموذجيّة إلى حد ما لمضامير الناسكار).

الحل:

هناك ثلاث قوى تؤثر في سيارة السباق وهي الجاذبيّة $\vec{F_g}$ والقوّة المتعامدة $\vec{N}$ والاحتكاك $\vec{f}$ يميل المنحنى بزاوية θ. وهي أيضاً الزاوية بين القوّة المتعامدة على سطح المضمار ومتجه قوّة الجاذبيّة. كما هو موضّح بالشكل أدناه.



لرسم متجه قوّة الاحتكاك. افترضنا أنّ السيارة دخلت المنحنى بسرعة عالية، لذا يكون اتجاه قوّة الاحتكاك نحو أسفل الميل. على عكس حالة الاتزان السكوني، لا يكون مجموع هذه القوى الثلاث صفراً، لكن مجموعها هو قوّة محصّلة، كما هو موضّح في الشكل أعلاه $\vec{F}_{net}$، يجب أن توفر القوّة المحصّلة هذه القوّة المركزيّة $\vec{F}_C$ التي تدفع السيارة إلى السير في دائرة. ولذا يجب أن تؤثّر القوّة المحصّلة في الاتجاه الأفقي لأنّه الاتجاه الأفقي لأنه اتجاه مركز الدائرة التي تتحرك فيها السيارة.

ارسم:

يوضّح الشكل أعلاه مخطط الجسم الحر لسيارة السباق على المنحنى المائل، والذي يوضّح مركبات القوى x و y تمّ اختيار اتجاه النظام الإحداثي ليعطي محور x والأفقي y الرأسي.

ابحث:

كما هو الحال في المسائل التي تشتمل على حركة خطيّة، يمكننا حل المسائل التي تشتمل على حركة دائريّة بالبدء بالقانون الثاني لنيوتن المعروف: $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ وكما هو الحال في الحالة الخطيّة، يمكننا بشكل عام حل المسائل بالمركّبات الديكارتيّة. من مخطط الجسم الحر في الشكل أعلاه. يمكننا ملاحظة أنّ مركبات x للقوى المؤثّرة في سيارة السباق هي:

$$N \sin\theta + f \cos\theta = F_{net} \quad (i)$$

بالمثل القوى المؤثّرة في الاتجاه y هي:

$$N \cos\theta - F_g - f \sin\theta = 0 \quad (ii)$$

يتمثّل مفتاح حل هذه المسألة في إدراك أنّ القوّة المحصّلة يجب ان تكون هي القوّة التي تجعل سيارة السباق تسير في المنحنى بمعنى أنّها توفّر القوّة المركزيّة فيمكننا أن نكتب:

$$F_{net} = F_C = m\frac{v^2}{R}$$

حيث R هي نصف قطر المنحنى.

بسّط:

نعوّض بتعبيرات أقصى قوّة احتكاك وقوّة الجاذبيّة والقوّة المحصّلة في المعادلتين (i) و (ii) والمركبات القوى x و y:

$$N \sin\theta + \mu_s N \cos\theta = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow N(\sin\theta + \mu_s \cos\theta) = m\frac{v^2}{R}$$

$$N \cos\theta - mg - \mu_s N \sin\theta = 0 \Rightarrow N(\cos\theta - \mu_s \sin\theta) = mg$$

نحاوّل أن نقوم بحل نظام المعادلتين من خلال قسمة المعادلة الأولى على الثانية:

$$\frac{N(\sin\theta + \mu_s \cos\theta)}{N(\cos\theta - \mu_s \sin\theta)} = \frac{m\frac{v^2}{R}}{mg}$$

نختصر من الطرف اليسار N ومن الطرف اليمين نختصر m ونعيد كتابتها فتكون:

$$\frac{\sin\theta + \mu_s \cos\theta}{\cos\theta - \mu_s \sin\theta} = \frac{v^2}{Rg}$$

ثمّ نعزل v^2 من خلال الضرب ب Rg للطرفين:

$$v^2 = Rg\left(\frac{\sin\theta + \mu_s \cos\theta}{\cos\theta - \mu_s \sin\theta}\right)$$

نأخذ جزر الطرفين فنجد:

$$v = \sqrt{Rg\left(\frac{\sin\theta + \mu_s \cos\theta}{\cos\theta - \mu_s \sin\theta}\right)}$$

ثمّ نقوم الآن بالتعويض والحصول على النتيجة:

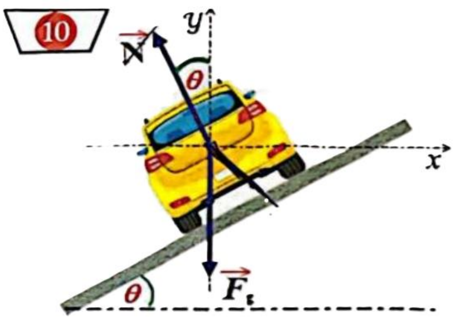
$$v = \sqrt{\frac{(110m)(9.81)(sin(21.1) + 0.620.\, cos(21.1))}{cos\ 21.1 - 0.620.\, sin(21.1)}}$$

وبالحساب والتقريب نجد:

$$v \approx 37.8\ m/s$$

أسئلة كتابيّة من هذا القسم:

34	
A civil engineer wants to design a curved roadway so that the car can move without skidding at a specified speed. He designs the road to be tilted toward the inside of the curve, as shown in the figure. Suppose the specified speed for the road is $59 km/h$, the radius of the curve is $40\ m$. (Ignore all friction force).	يرغب مهندس مدني في تصميم طريق منحن بحيث يمكن للسيارة التحرك عليه بسرعة محددة دون إنزلاق عندما يكون مغطى بالجليد. فيصمم الطريق بحيث يكون مائلاً نحو الجزء الداخلي من المنحنى كما هو في الشكل. افترض أنّ السرعة المحدّدة للطريق $59 km/h$ ونصف قطر المنحنى $40m$. (أهمل جميع قوى الاحتكاك).



1. Draw a vector on the figure showing thedirection of the net force on the car. 2. At what angel θshould the curve bebanked ? 3. Do trucks (Larger Masses) skid when they move with same specified speed on this road? (Explain your answers)	1. ارسم على الشكل متجه يدل على اتجاه القوّة المحصلة المؤثرة على السيارة. 2. بأي زاوية θ يجب أن يكون المنحنى مائلاً؟ 3. هل تنزلق الشاحنات (كتل أكبر) عندما تتحرك بنفس مقدار السرعة المحدّدة على هذا الطريق؟ (فسّر إجابتك)

35	
A speedway turn with radius of curvature R, is banked at an angle θ above the horizontal.	منعطف على مضمار السباق نصف قطر انحنائه R، ويميل بزاوية θ فوق المستوى الأفقي.
1. What is the optimal speed at which to take the turn if the track's surface is iced over (that is, if there is very little friction between tires and the track). 2. If the track surface is ice-free and there is a cofficient of friction μ_s between tires and the track, what are the maximum and minimum speeds at which this turn can be taken? 3. Evaluate the result of parts (1) and (2) for $R = 400\ m, \theta = 45.0°$,and $\mu_s = 0.700$.	1. ما السرعة المثلى التي يتم اجتياز المنعطف بها إذا كان سطح المضمار مغطى بالجليد (أي هناك احتكاك بسيط للغاية بين الإطارات والمسار)؟ 2. إذا كان سطح المضمار خالياً من الجليد وكان هناك معامل احتكاك μ_s بين الإطارات والمضمار. فما الحد الأقصى والحد الأدنى للسرعات التي يمكن اجتياز هذا المنعطف بها؟ 3. احسب ناتج الجزء (1) والجزء (2) عندما يكون $R = 400m$ و $\theta = 45.0°$ و $\mu_s = 0.700$.