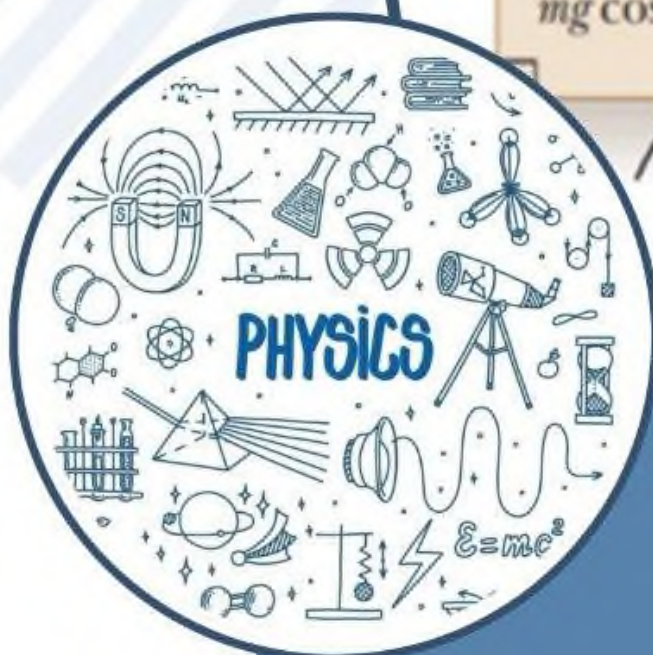
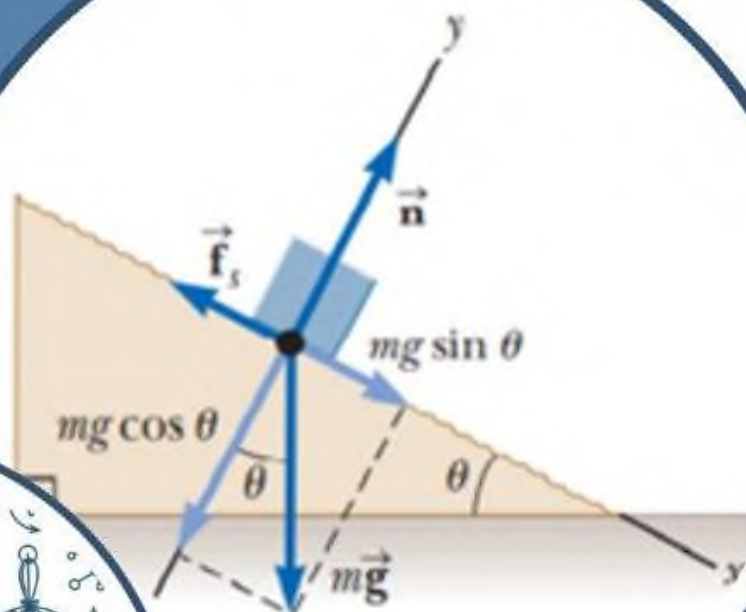


الصف الحادي العاشر

الميسر في الفيزياء

الفصل الدراسي الاول

2026
2027



إعداد معلم الفيزياء
محمد سعيد السكاف

الكميات العددية والكميات المتجهة
Vector and Scalar Quantities

الدرس 1-1

1. الكميات العددية والكميات المتجهة

قارن بين الكميات العددية (القياسية) والكميات المتجهة كما في الجدول التالي :

الكميات المتجهة	الكميات العددية	من حيث التعريف
		أمثلة عليها
		ماهي قواعد الجبر المعتمدة معها

ملاحظات :

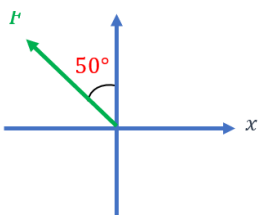
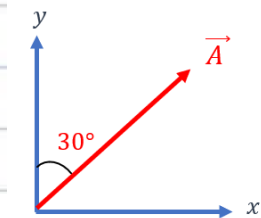
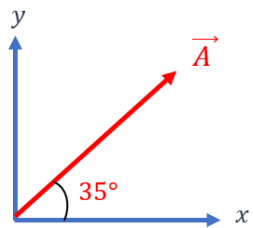
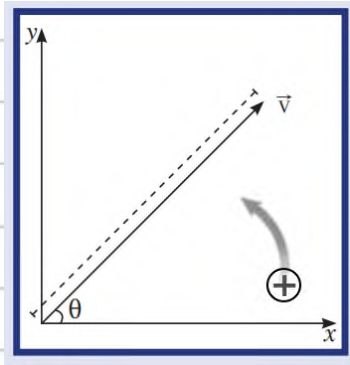
- 1- تمثل الكميات المتجهة بسهم (شعاع) يظهر مقدار الكمية الممثلة واتجاهها
- 2- تكتب الكمية المتجهة بحرف يوضع فوقه سهم مثال $(\vec{V})$ لنميزه عن الكمية العددية
- 3- يحدد مقدار المتجه بعدد ووحدة قياس ويكتب بالشكل التالي $|\vec{V}|$
- 4- يحدد اتجاهه بالزاوية التي يصنعها مع محور الإسناد ويكون قياس الزاوية بدأ من الاتجاه الموجب لمحور السينات وبمعكس اتجاه دوران عقارب الساعة
- 5- يعبر عن الكمية المتجهة رياضيا كما يلي : $\vec{V} = (|\vec{V}|, \theta)$

من خلال المعلومات المدونة على الأشكال التالية عبر رياضيا عن المتجهات التالية:

التمرين الأول: إذا علمت ان $|\vec{A}| = (6) \text{ units}$

التمرين الثاني: إذا علمت ان $|\vec{A}| = (8) \text{ units}$

التمرين الثالث : إذا علمت ان $|\vec{F}| = 20 \text{ N}$

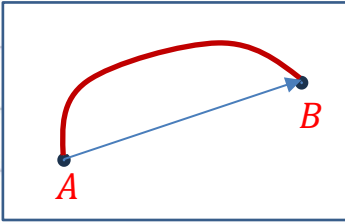


حل التمارين التالية:

1. إذا كانت سرعة الرياح الشمالية في نهار ما تساوي $(60)Km/h$ عبر رياضيا عن المتجه
2. أثرت قوة $\vec{F} = (10N, 45^\circ)$ في جسم كتلته $(2.5) kg$ عبر عن متجه العجلة رياضيا
3. إذا كان جسم يخضع لقوة $(20)N$ باتجاه الشمال عبر عن المتجه رياضيا

1-1 الكميات المتجهة

تخضع الكميات المتجهة عند إجراء العمليات (الجمع - الطرح - الضرب) إلى جبر المتجهات



أ- **الازاحة:** هي المسافة الأقصر بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهاية الحركة وباتجاه من نقطة البداية إلى نقطة النهاية

قارن بين الإزاحة والمسافة كما في الجدول التالي:

المسافة	الإزاحة	
		التعريف
		نوع الكمية

سؤال: احسب كلا من المسافة المقطوعة والإزاحة الحادثة للجسم في الحالات التالية

التطبيق الأول: تحرك جسم مسافة $(300)m$ شرقا ثم تحرك $(100)m$ بنفس الاتجاه

التطبيق الثاني: تحرك جسم مسافة $(300)m$ شرقا ثم تحرك $(100)m$ غربا

التطبيق الثالث: تحرك جسم مسافة $(300)m$ شرقا ثم تحرك $(400)m$ شمالا

ملاحظات: إذا انطبقت بداية الحركة على نهايتها فإن الإزاحة تساوي الصفر وتتساوى الإزاحة مع المسافة إذا تحرك الجسم بخط مستقيم وباتجاه واحد

(ب) السرعة المتجهة

قارن بين السرعة المتجهة والسرعة العددية كما في الجدول التالي:

السرعة العددية	السرعة المتجهة	
		التعريف
		نوع الكمية
		كيف يعبر عنها

2. خصائص المتجهات

1-2 التساوي

يكون المتجهان متساويان عندما يشتركان بالاتجاه ويكون لهما نفس المقدار

2-2 النقل

سؤال: عدد عناصر المتجه :

-1

-2

-3

ملاحظة : من الخواص الهندسية المهمة لبعض المتجهات هي خاصية النقل حيث يمكن نقل المتجه الحر من مكان

لآخر بشرط المحافظة على المقدار والاتجاه

قارن بين المتجهات الحرة والمتجهات المقيدة كما في الجدول التالي:

المتجهات المقيدة	المتجهات الحرة	من حيث
		التعريف
		أمثلة عليها
		إمكانية النقل

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما :

1- يمكن نقل متجه الازاحة ولا يمكن نقل متجه القوة

2- تعتبر الازاحة متجه حر والقوة متجه مقيد

2-3 جمع المتجهات (تركيب المتجهات)

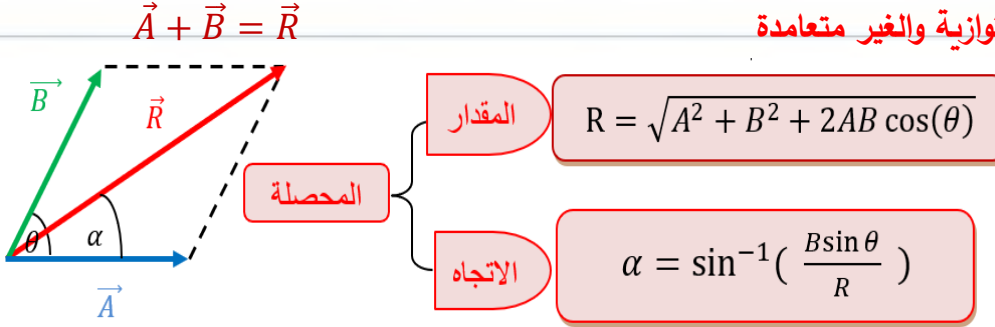
ملاحظة: بما أن للمتجهات مقدار واتجاه فهي تحتاج إلى عملية جبر المتجهات.

جمع المتجهات: هي عملية يتم فيها الاستعاضة عن متجهين أو أكثر بمتجه واحد.

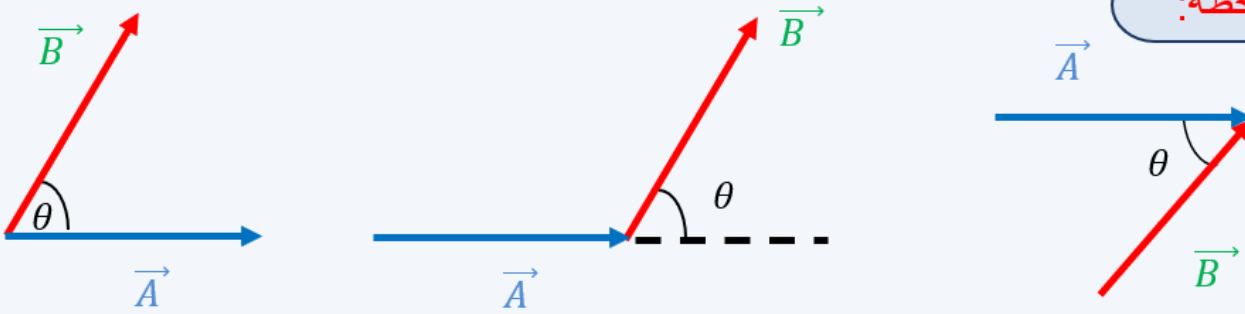
ملاحظة: لا يمكن إيجاد محصلة متجهين إلا إذا كانا يعملان على جسم واحد

ج - جمع المتجهات الغير متوازية والغير متعامدة

ب- بالطريقة الحسابية:

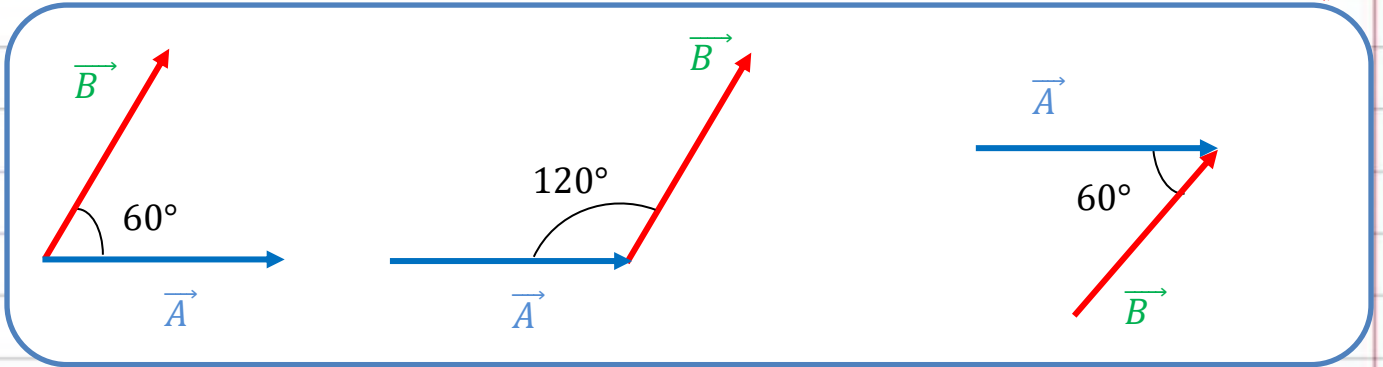


ملاحظة:

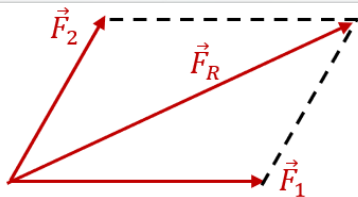


حل التمرين التالي:

متجهان متلاقيتان في مستوي مقداريهما ($A = 4 \text{ Units}, B = 3 \text{ Units}$) المطلوب أوجد مقدار محصلتيهما في كل من الأشكال التالية :



مثال : تؤثر قوتان ($\vec{F}_1, \vec{F}_2$) في جسم فاذا كانت ($F_1 = 20 \text{ N}$) و ($F_2 = 15 \text{ N}$) وتحصران بينهما زاوية (60°) أوجد مقدار واتجاه المحصلة :



تدريب: متجهان متلاقيتان في نقطة مقدارهما ($A = 4 \text{ units}$) و ($B = 3 \text{ units}$) سجل مقدار المحصلة في الجدول التالي حسب الزاوية المحصورة بين المتجهين المعطاة في الجدول :

θ	0°	30°	60°	90°	120°	180°
$R(\text{units})$	7	6.7	6.08	5	3.6	1

بعد ملء الجدول نلاحظ أن

- 1- مقدار محصلة المتجهين تقل كلما زادت الزاوية المحصورة بين المتجهين من صفر حتى 180°
- 2- قيمة محصلة متجهين تقع في المجال التالي ($|A - B| \leq R \leq A + B$)
- 3- أكبر قيمة لمحصلة المتجهين عندما كانا باتجاه واحد أي ($\theta = 0$)
- 4- أصغر قيمة لمحصلة المتجهين عندما كانا باتجاهين متعاكسين أي ($\theta = 180^\circ$)

سؤال: متجهان ($\vec{A}, \vec{B}$) متلاقيان في مستوى عند النقطة (O) يحصران بينهما زاوية (θ) كما في الشكل المجاور

ماذا سيحدث لكل من مقدار واتجاه المحصلة عند زيادة مقدار الزاوية المحصورة بين المتجهين

حتى (180°)

الحدث:

التفسير:

تمرين: تؤثر قوتان مقدارهما على الترتيب $|\vec{F}_1| = 6 \text{ N}$, $|\vec{F}_2| = 10 \text{ N}$ في جسم المطلوب أوجد أكبر مقدار و أصغر مقدار لمحصلة القوتين :

عدد العوامل التي تتوقف عليها محصلة أي متجهين

-2

-1

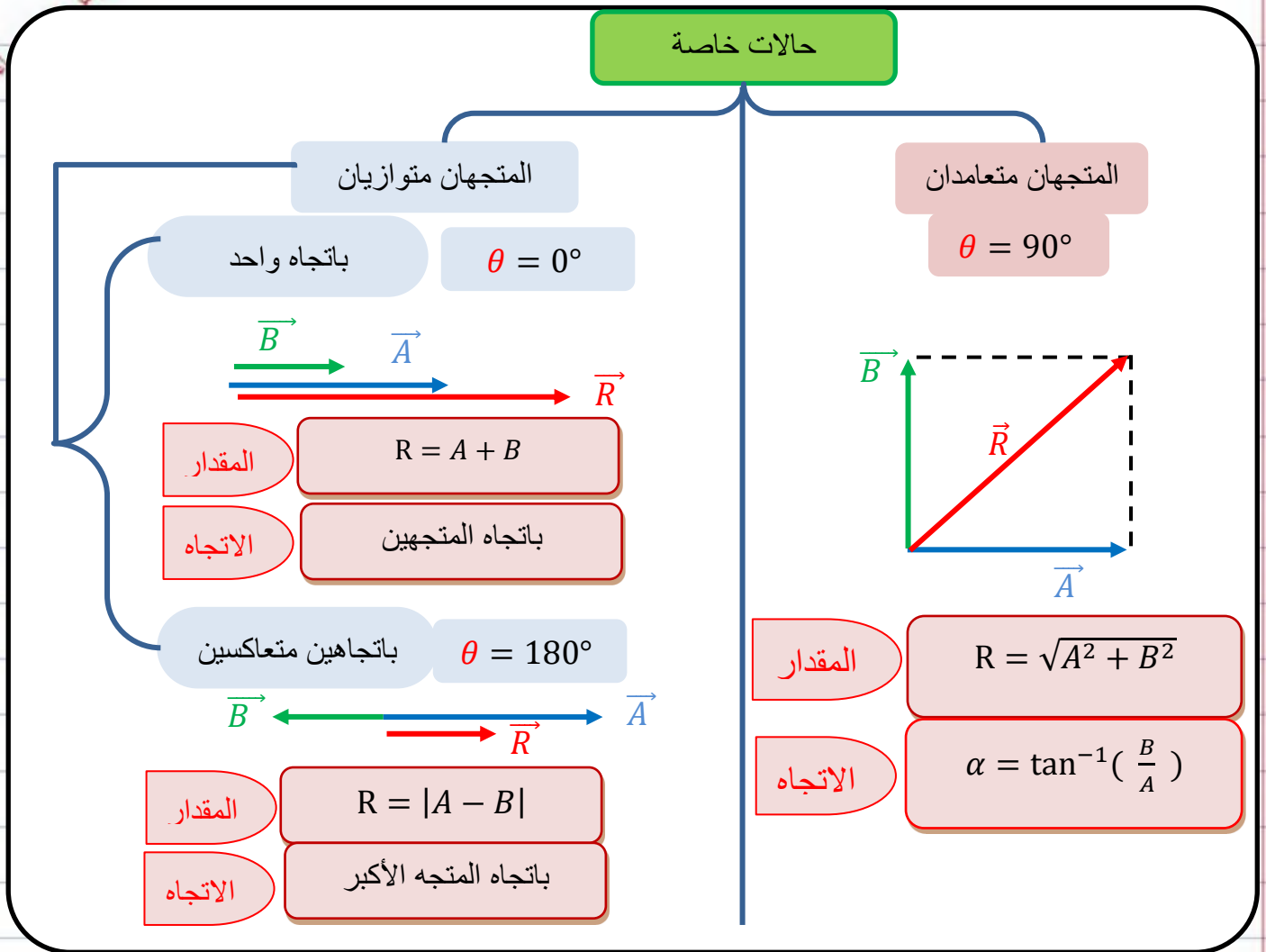
علل لما يأتي تعليلا علميا سليما:

1- بالرغم من عدم تغير مقادري متجهين إلا أن محصلتهما تتغير

2- أكبر قيمة لمحصلة متجهين عندما تكون الزاوية بينهما صفر (المتجهان بنفس الاتجاه)

3- أصغر قيمة لمحصلة متجهين عندما تكون الزاوية بينهما (180°) (المتجهان متعاكسان بالاتجاه)

4- لا يمكن لقيمة محصلة متجهين أن تكون أكبر من مجموعهما



حل المسائل التالية :

المسألة الأولى : طائرة تطير بسرعة 100 km/h بالنسبة إلى الهواء المحيط بها باتجاه الشمال وافترضنا أن رياحا تهب من جهة الذيل باتجاه الشمال أيضا بسرعة 20 km/h أحسب:

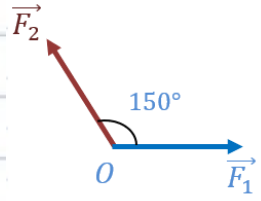
1- السرعة المحصلة للطائرة بالنسبة للأرض

2- السرعة المحصلة للطائرة بالنسبة للأرض إذا استدارت على شكل حرف U وتحركت بالاتجاه المعاكس

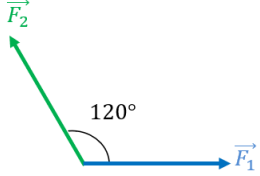
3- السرعة المحصلة للطائرة بالنسبة للأرض إذا استدارت بزاوية (90°) بالنسبة لاتجاه الرياح

4- فسر فيزيائيا لماذا رغم عدم تغير سرعة محرك الطائرة إلا أن سرعة تحليقها بالنسبة للأرض تتغير

المسألة الثانية : $(\vec{F}_1 = 30N, \vec{F}_2 = 40N)$ قوتان متعامدتان وفي مستوى واحد تؤثران على النقطة (O) احسب مقدار محصلة القوتين واتجاهها ثم عبر عن المحصلة رياضيا إذا علمت أن القوة الأولى بالاتجاه الموجب للمحور الأفقي.



المسألة الثالثة : $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ قوتان متلاقيتان وفي مستوى واحد تؤثران على النقطة (O) احسب مقدار محصلة القوتين واتجاهها علما أن مقداريهما $(F_1 = 8 \text{ N})$ و $(F_2 = 6 \text{ N})$ ويحصران بينهما زاوية (150°)



المسألة الثالثة : $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ متجهان متلاقيتان في النقطة O ويقعان في مستوى واحد مقداريهما $(F_1 = 20 \text{ N})$ و $(F_2 = 20 \text{ N})$ والزاوية المحصورة بينهما (120°) أحسب مقدار المحصلة

ملاحظة : يتساوى الجمع الاتجاهي لمتجهين مع حاصل الجمع العددي لمقدار المتجهين عندما يكون المتجهين باتجاه واحد أي $(\theta = 0)$ ويكون في هذه الحالة : $\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = v_1 + v_2$

حالات خاصة جدا : إذا كانت المتجهان متساويان بالمقدار $(A = B)$

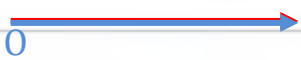
$(\theta = 0)$	$(\theta = 120)$	$(\theta = 180)$	
$R = 2B = 2A$	$R = B = A$	صفر	المحصلة (R)

سؤال: متجهان $(\vec{A}, \vec{B})$ متلاقيان في مستوى عند النقطة (O) متساويان بالمقدار ومقدار كلا منهما (10 uints) أوجد مقدار محصلة المتجهين في الحالات التالية

1- المتجهان باتجاه واحد

2- المتجهان متعاكسان بالاتجاه

3- المتجهان يحصران بينهما زاوية (120°)



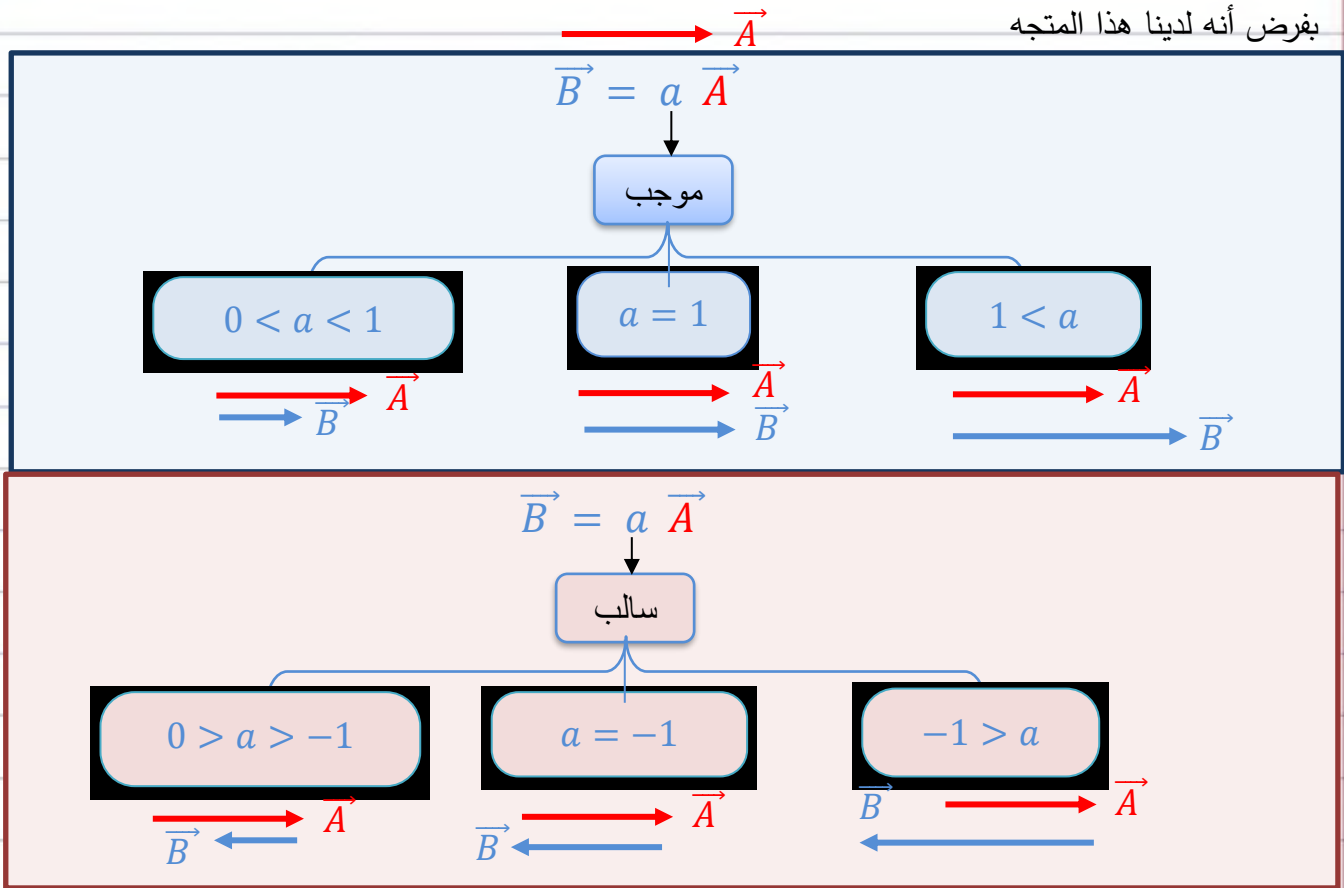
سؤال: متجهان متساويان بالمقدار ومتلاقيان في مستوى عند النقطة (O) وباتجاه واحد ماذا سيحدث لمقدار المحصلة عند عكس اتجاه أحد المتجهين

الحدث:

التفسير :

4.2 ضرب المتجهات بكمية قياسية

بفرض أنه لدينا هذا المتجه



تمرين: يعبر رياضيا عن المتجه $\vec{F} = (20N, 0^\circ)$ المطلوب عبر رياضيا عن المتجهات التالية:

$$-\vec{F} \quad -1$$

$$2\vec{F} \quad -2$$

$$-2\vec{F} \quad -3$$

$$3\vec{F} \quad -4$$

$$-0.5\vec{F} \quad -5$$

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما:

1- تعتبر القوة كمية متجهة

2- القوة دائما باتجاه العجلة

استنتاجات:

1- ناتج ضرب المتجهات بكمية قياسية هو كمية متجهة حتما

2- ضرب المتجه بعدد سالب يعكس اتجاه المتجه الجديد بالنسبة للمتجه الأصلي

3- عندما نضرب متجه ب (-1) نحصل على متجه مساو للأول بالمقدار لكن يعاكسه بالاتجاه

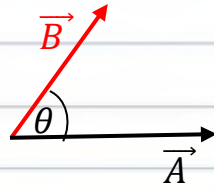
4- ضرب المتجه بعدد قيمته المطلقة أكبر من الواحد فان مقدار المتجه الناتج يكون أكبر من المتجه الأصلي

ينقسم ضرب المتجهات

3- ضرب المتجهات

الضرب الاتجاهي
(التقاطعي)

$$\vec{A} \times \vec{B}$$



$$\vec{A} \cdot \vec{B}$$

الضرب القياسي
(العددي أو النقطي)

1-3 الضرب القياسي

الضرب القياسي: هو حاصل ضرب متجه بمسقط المتجه الآخر عليه

نحسبه من خلال العلاقة:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos(\theta)$$

عدد العوامل التي يتوقف عليها مقدار حاصل الضرب العددي لمتجهين

-2

-1

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما:

1. تسمية هذا النوع من الضرب بالضرب القياسي .

2. الشغل يعتبر كمية عددية؟

3. الضرب العددي (القياسي) عملية إبدالية

مثال (5): احسب الشغل الناتج عن قوة مقدارها $N (50)$ تصنع زاوية 60° مع متجه الازاحة أدت عند تطبيقها إلى ازاحة الجسم مسافة $m (10)$

2-3 الضرب الاتجاهي

يمثل الضرب الاتجاهي بالعلاقة التالية $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$

الناتج هو كمية متجهة نحدده بالشكل التالي

ويمثل مساحة متوازي الأضلاع المكون من المتجهين

المقدار

نحصل عليه من تطبيق العلاقة

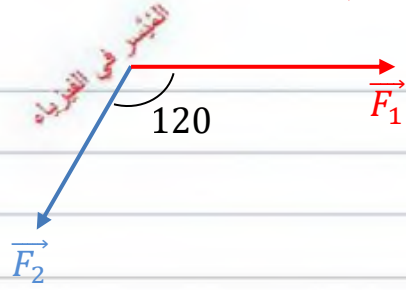
$$\vec{A} \times \vec{B} = AB \sin(\theta)$$

رأسي عمودي على المستوى المكون من المتجهين
يحدد اتجاهه حسب قاعدة اليد اليمنى

الاتجاه

ندور أصابع اليد اليمنى من المتجه الأول إلى المتجه الثاني عبر الزاوية الأصغر بين المتجهين ليشير الإبهام إلى اتجاه المتجه $\vec{C}$

قاعدة اليد اليمنى:



مثال: المتجهان $\vec{F}_1$ ومقداره N (5) و $\vec{F}_2$ ومقداره N (4) يحصران بينهما زاوية (120°) كما في الشكل المجاور احسب حاصل الضرب الاتجاهي $\vec{F}_1 \times \vec{F}_2$

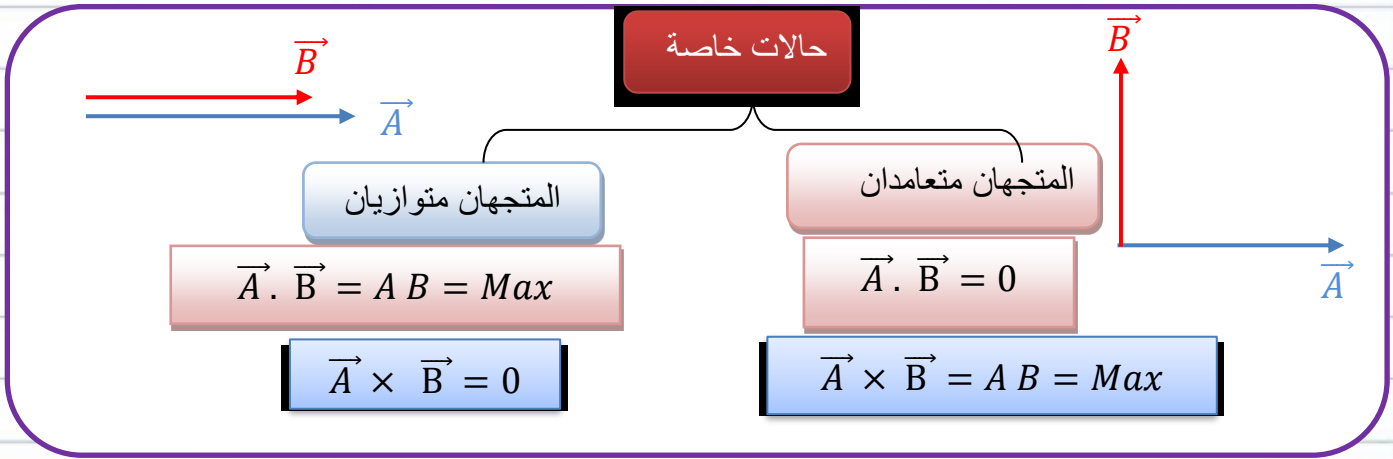
عدد العوامل التي يتوقف عليها مقدار حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهين

1- -2

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما:

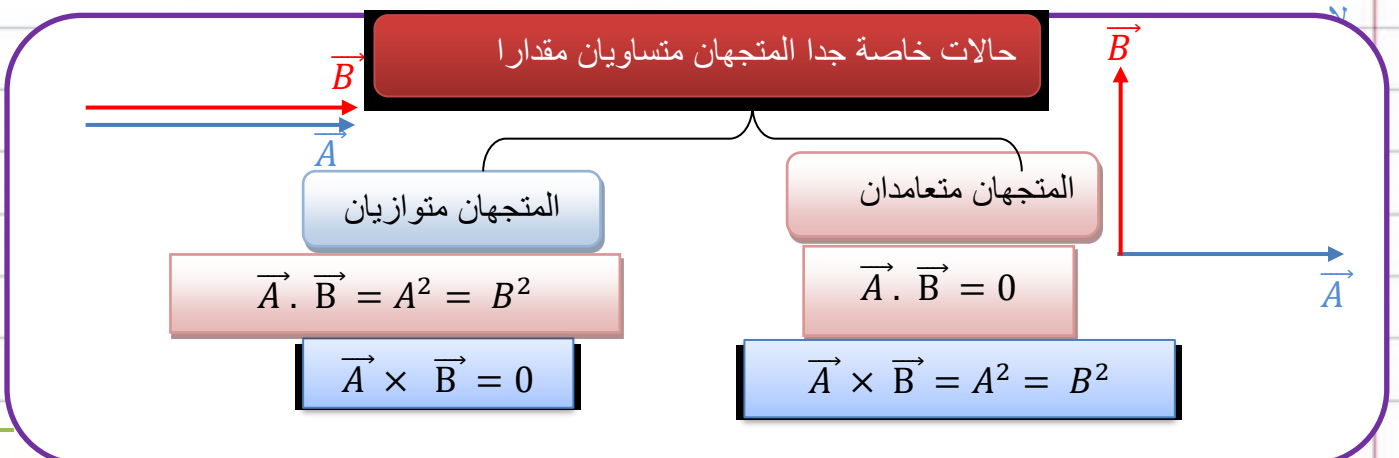
1. يعتبر العزم كمية متجهة

2. يعتبر الضرب الاتجاهي عملية غير إبدالية



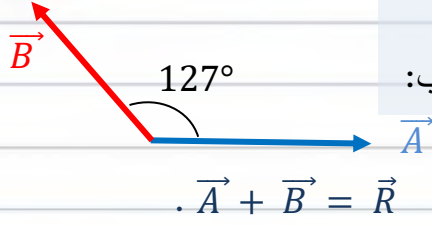
قارن بين الضرب العددي والضرب الاتجاهي لمتجهين

من حيث	الضرب القياسي (النقطي)	الضرب الاتجاهي (التقاطعي)
نوع الكمية الناتجة من الضرب		
نوع العملية (إبدالية أم غير إبدالية)		
العلاقة الرياضية		
أكبر قيمة للضرب		
متى يكون الضرب صفرا		



حل المسائل التالية :

مسألة (1) : متجهان متلاقيان في مستو فاذا كانت $(B = 9 \text{ units})$ و $(A = 12 \text{ units})$ وتحصران بينهما زاوية (127°) المطلوب:

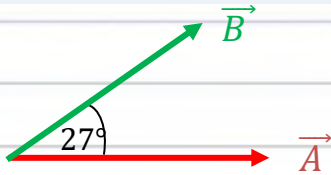


-1

-2

-3

مسألة (2) : متجهان متلاقيان في مستو فاذا كانت $(B = 15 \text{ units})$ و $(A = 10 \text{ units})$ وتحصران بينهما زاوية (27°) المطلوب :

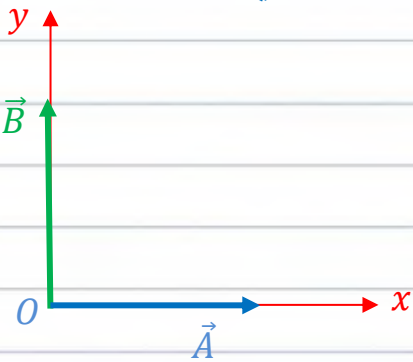


1- مساحة متوازي الأضلاع المحدد بالمتجهين

2- حاصل الضرب القياسي للمتجهين

مسألة (3) : في الشكل المجاور متجهان $(\vec{A}, \vec{B})$ متعامدان وفي مستوى واحد متلاقيان في النقطة (O) إذا علمت أن $(A = 6 \text{ units})$ و $(B = 8 \text{ units})$ المطلوب

1- عبر عن المتجه المحصل رياضيا



2- احسب مقدار حاصل الضرب العددي للمتجهين

3- احسب مقدار حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهين

ملاحظة : لحساب الزاوية بين متجهين معلومي مقدار حاصل الضرب القياسي و مقدار حاصل الضرب الاتجاهي نستخدم العلاقة

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{\vec{A} \times \vec{B}}{\vec{A} \cdot \vec{B}} \right)$$

مراجعة الدرس 1-1

أولاً - عرّف الكميات العددية والكميات المتجهة.

ثانياً - تسير سيارة شمالاً بسرعة عددية تساوي $(80)\text{km/h}$ بينما تسير سيارة أخرى جنوباً بسرعة $(80)\text{km/h}$. هل سرعتاهما المتجهتان متساويتان؟ اشرح.

رابعاً - قوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ تؤثران على جسم فإذا علمت أن مقدار $F_1 = (3)\text{N}$ و $F_2 = (5)\text{N}$.

(أ) ما هو أكبر مقدار لمحصلة هاتين القوتين اعتماداً على اتجاهيهما؟

(ب) ما هو أصغر مقدار لمحصلة هاتين القوتين اعتماداً على اتجاهيهما؟

سادساً - $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ قوتان متعامدتان. احسب حاصل ضربيهما ضرباً قياسيًّا.

سابعاً - في الشكل (16) القوتان $\vec{F}$ و $\vec{F}'$ موجودتان في مستوى واحد تحصران بينهما زاوية 30° .

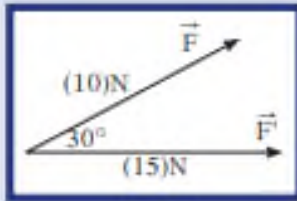
علماً أن $F = (10)\text{N}$ و $F' = (15)\text{N}$ ، احسب مستخدماً الطريقة الحسابية لجبر المتجهات:

$$\vec{F}'' = \vec{F} + \vec{F}' \quad (\text{أ})$$

$$\vec{F} \cdot \vec{F}' \quad (\text{ب})$$

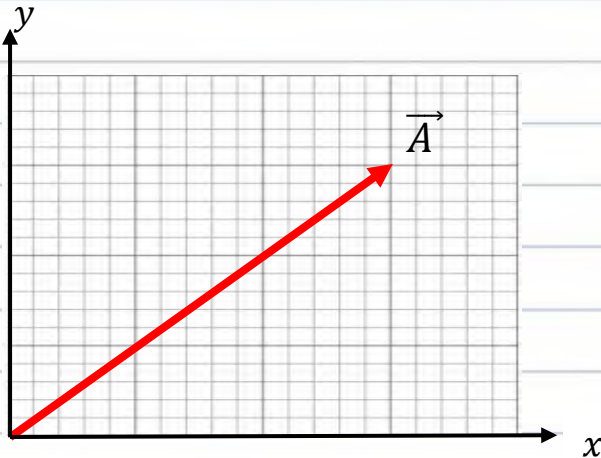
$$\vec{F} \times \vec{F}' \quad (\text{ج})$$

ثامناً - احسب حاصل ضرب المتجهين $\vec{F}_2 \times \vec{F}_1$ إذا كانت القوتان متوازيتين.



(شكل 16)

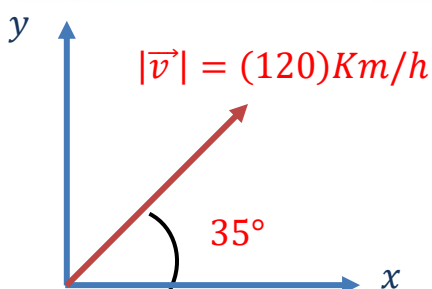
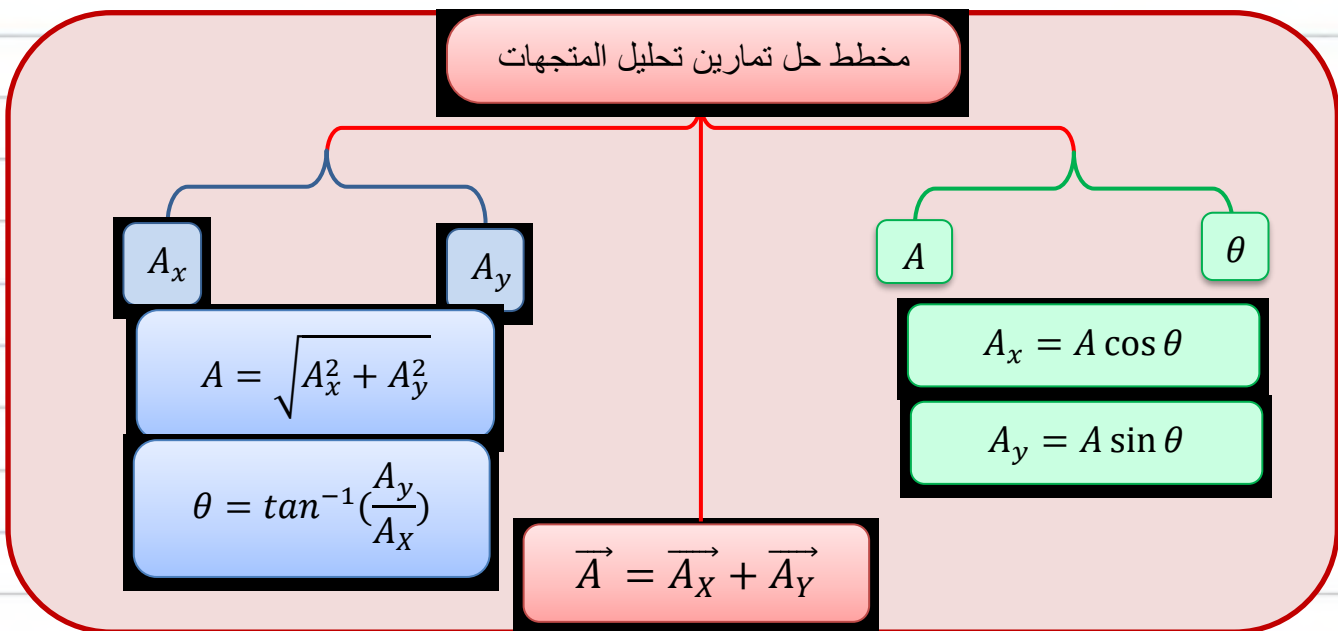
1. تحليل المتجهات



تحليل المتجه: هو عملية استبدال متجه ما بمتجهين متعامدين يسميان مركبتي المتجه بحيث يمثل المتجه المراد تحليله بمحصلة هذين المتجهين ويكون متحدا معهما بنقطة البداية .

ملاحظات :

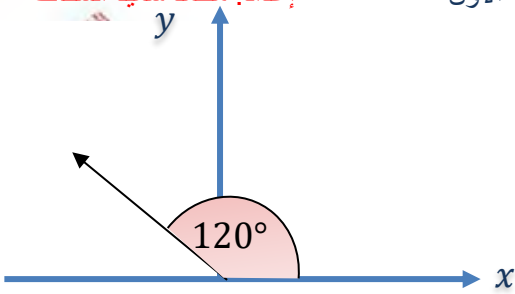
- 1- محصلة مركبتي المتجه يمثل المتجه الأصلي
- 2- تحليل المتجهات هي العملية المعاكسة لجمع (تركيب المتجهات) وليس طرح المتجهات
- 3- يمثل المتجه المراد تحليله محصلة المركبتين الناتجتين من عملية التحليل المتعامد ويكون متحدا معهما في نقطة البداية



حل التمارين التالية

التمرين الأول : من خلال الشكل المجاور أوجد مركبتي السرعة الموضحة

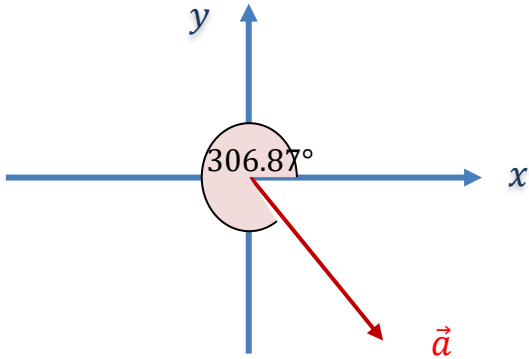
التمرين الثاني: أوجد مركبتي متجه القوة $F = (50) N$ التي تميل بزاوية (120°) عن المحور x



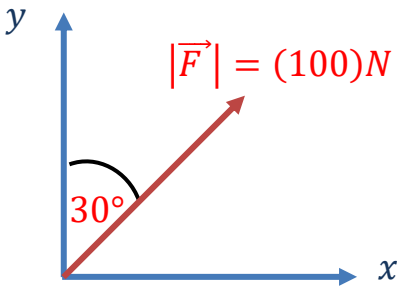
التمرين الثالث: إذا كانت مركبتا العجلة

$$a_x = (3) m/s^2, a_y = (-4) m/s^2$$

أوجد مقدار واتجاه العجلة



التمرين الرابع: من خلال الشكل المجاور أوجد مركبتي القوة الموضحة

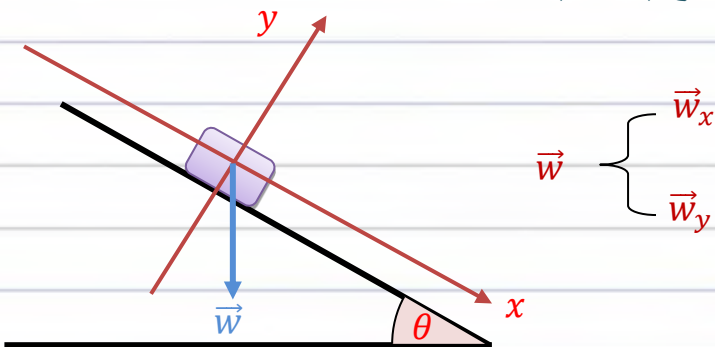


علل لما يأتي تعليلا علميا سليما:

1- لا يمكن لمتجه أن تكون قيمة أي من مركبتيه أكبر من قيمة المتجه الأصلي

2- إذا كانت الزاوية بين المتجه ومحور السينات (45°) فإن قيمة المركبتين متساويتين

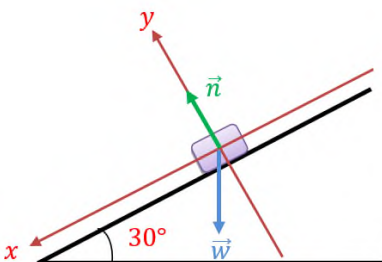
3- لماذا تعتبر عملية تحليل المتجهات هي العملية المعاكسة لجمع (تركيب) المتجهات



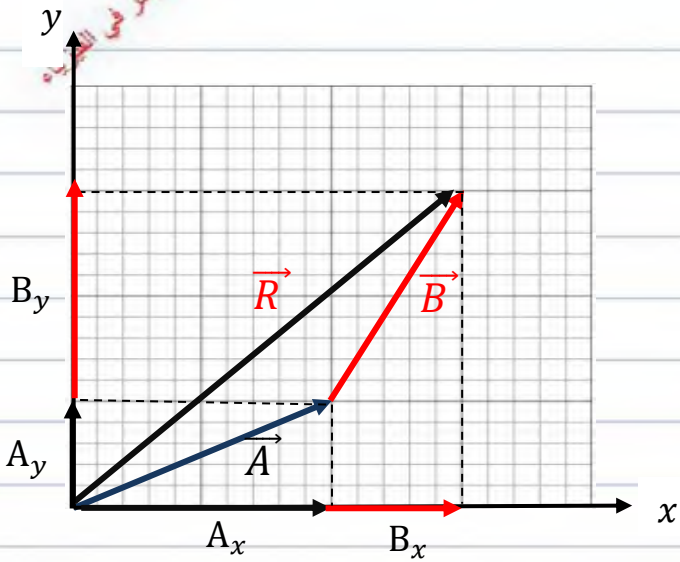
جسم يتحرك على مستوى مائل

تمرين: جسم وزنه $(100N)$ موضوع على سطح مستوى أملس يميل على الأفق بزاوية (30°) والمطلوب احسب :

1- مقدار مركبتي الوزن



2- قوة رد فعل المستوى على الجسم.



1.1 إيجاد المحصلة بتحليل المتجهات

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

$$\vec{R}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x$$

$$\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y$$

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

ملاحظة: إذا كان $\vec{A}_x$ و $\vec{B}_x$ بنفس الاتجاه تجمع وبالعكس تطرح وبنفس الأسلوب مع المحور y

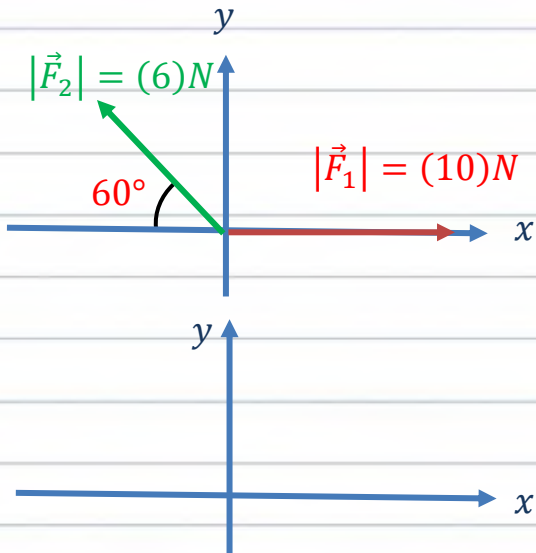
مسائل متدرجة

المسألة (1):

تؤثر على الحلقة في الشكل المجاور قوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ المطلوب:

1- احسب مقدار محصلة القوى المؤثرة على الحلقة مستخدماً تحليل المتجهات

2- احسب اتجاه المحصلة



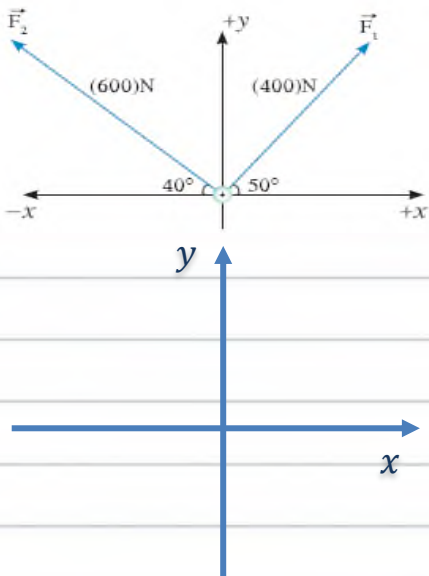
F_y	F_x	F
		F_1
		F_2
		F_{eq}

المسألة (2):

تؤثر على الحلقة في الشكل المجاور قوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$

1- احسب مقدار محصلة القوى المؤثرة على الحلقة مستخدماً تحليل المتجهات

2- احسب اتجاه المحصلة

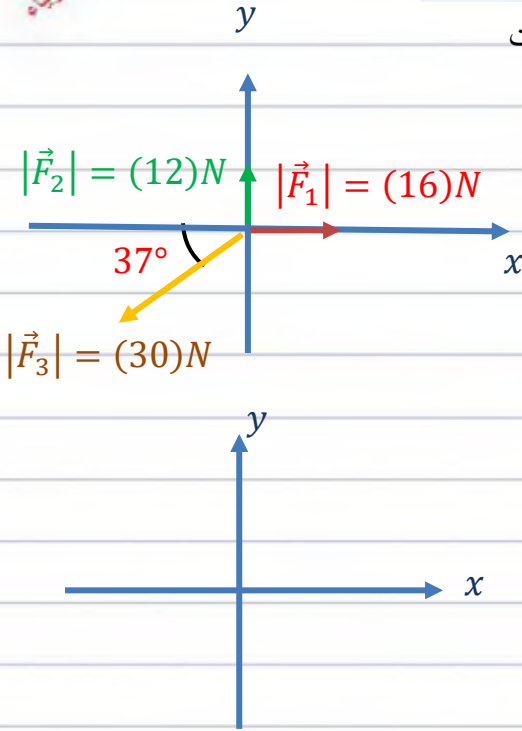


F_y	F_x	F
		F_1
		F_2
		F_{eq}

المسألة (3): تؤثر على الحلقة في الشكل المجاور ثلاث قوى $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$

1- احسب مقدار محصلة القوى المؤثرة على الحلقة مستخدما تحليل المتجهات

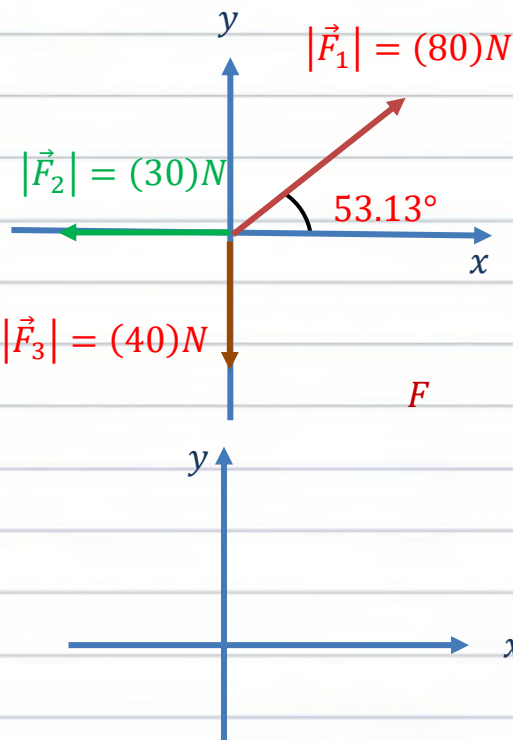
2- احسب اتجاه المحصلة



F_y	F_x	F
		F_1
		F_2
		F_3
		F_{eq}

المسألة (4): تؤثر على الحلقة في الشكل المجاور ثلاث قوى $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ و $\vec{F}_3$ المطلوب:

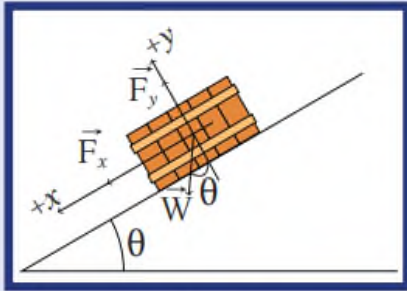
3- احسب مقدار محصلة القوى المؤثرة على الحلقة مستخدما تحليل المتجهات ثم احسب اتجاه المحصلة



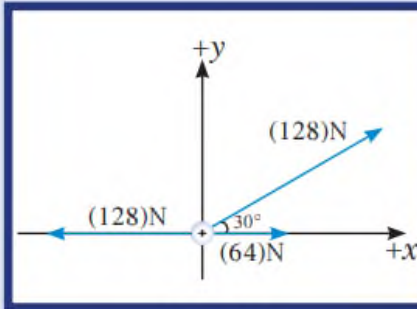
F_y	F_x	F
		F_1
		F_2
		F_3
		F_{eq}

فسر لماذا جمع المتجهات بطريقة تحليل المتجهات أسهل من الطريقة الحسابية

مراجعة الدرس 1-2



(شكل 20)



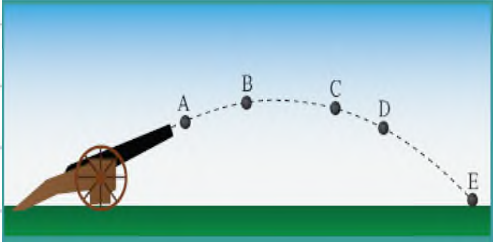
(شكل 21)

أولاً - هل المتجه بزاوية 45° مع المحور الأفقي أكبر أم أصغر من مركبتي الرأسية والأفقية؟ وما هي نسبة الواحد إلى الآخر؟
 ثانياً - ما مقدار الزاوية مع المحور الأفقي والتي تجعل:
 (أ) المركبة الأفقية مساوية لمقدار المتجه الأصلي؟
 (ب) المركبة الرأسية مساوية لمقدار المتجه الأصلي؟
 (ج) المركبة الأفقية مساوية لمقدار المتجه الأصلي واتجاهها معاكس؟
 ثالثاً - يستقر جسم كتلته 50kg على سطح مائل بزاوية 30° مع الخط الأفقي. علماً أن عجلة الجاذبية $g = 10\text{m/s}^2$ ، أحسب مقدار مركبتي الوزن بالنسبة إلى المحورين x و y الموضحين في الشكل (20).
 رابعاً - استخدم تحليل المتجهات لحساب محصلة القوى المؤثرة على الحلقة في الشكل (21).

1. مسار حركة القذيفة

تعريف المقذوفات: هي أجسام تقذف أو تطلق في الهواء وتتعرض لقوة جاذبية الأرض

ملاحظات:



1- تتبع المقذوفات مساراً منحنياً بالقرب من سطح الأرض

2- تتم دراسة حركة المقذوفات بتحليلها على مركبتين

3- شكل مسار حركة المقذوفات عبارة عن قطع مكافئ عند إهمال مقاومة الهواء

2. مركبتا حركة القذيفة

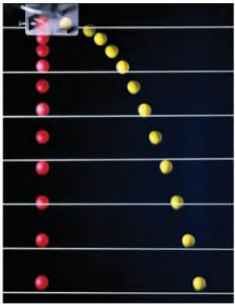
نشاط: لدينا كرتان موجودتان بنفس الارتفاع عن سطح الأرض اسقطت الكرة الأولى بدون سرعة

ابتدائية (سقوطاً حراً) والثانية قذفت بسرعة أفقية بنفس اللحظة ماذا تتوقع أن يحدث

الحدث :

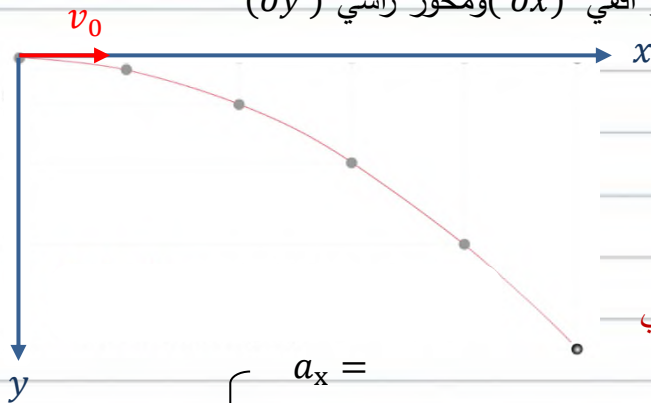
ما تفسير ذلك :

القذف الأفقي



لدراسة الحركة سوف نحلل الحركة على محورين متعامدين محور أفقي (ox) ومحور رأسي (oy)

من خلال تحليل متجه السرعة الابتدائية



$$v_0 \begin{cases} v_{0x} = \\ v_{0y} = \end{cases}$$

نلاحظ أن : لا يوجد مركبة للسرعة الابتدائية على المحور الرأسي

من خلال تحليل متجه العجلة نستنتج أن :

حركة المسقط على (ox) هي:

علل ذلك :

حركة المسقط على (oy) هي:

علل ذلك :

$$a \begin{cases} a_x = \\ a_y = \end{cases}$$

$$w \begin{cases} w_x = \\ w_y = \end{cases}$$

$$v \begin{cases} v_x = v_0 = \text{constant} \\ v_y = gt \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = v t \\ \Delta y = \frac{1}{2} gt^2 \end{cases}$$

من تحليل متجه السرعة نلاحظ أن السرعة

ثابتة المقدار على المحور :

متغيرة المقدار على المحور :

نجد أن المسافة التي يقطعها الجسم المقذوف خلال أزمنة متساوية:

على المحور الأفقي تكون :

على المحور الرأسي تكون :

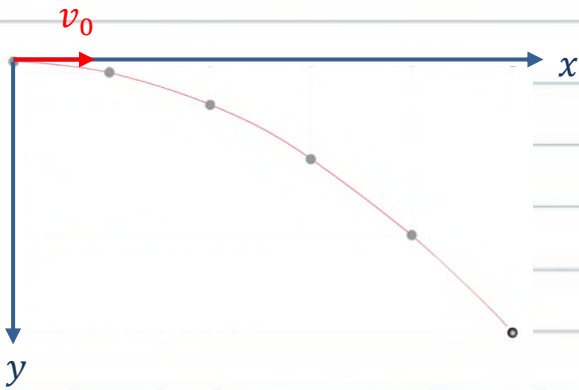
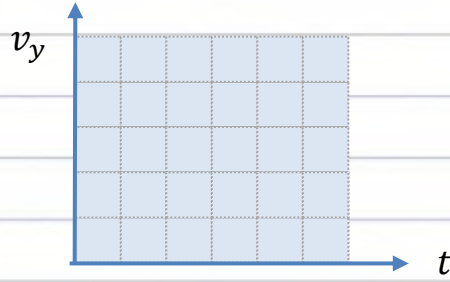
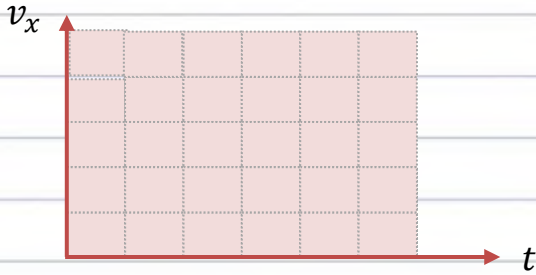
ملاحظة : الحركة الأفقية للقذيفة والحركة الرأسية غير مترابطتين (أنيتين)

علل تتبع المقذوفات مساراً منحنيًا ؟

نشاط : لنفرض أن جسم قذف بسرعة أفقية مقدارها 40 m/s وتم تسجيل القيم التالية الموجودة في الجدول المطلوب

ارسم العلاقات البيانية التالية

t (s)	0	1	2	3	4
v_x	40	40	40	40	40
v_y	0	10	20	30	40
v	40	41.23	44.72	50	56.56



سؤال : صف ماذا يحدث للسرعة ومركباتها عند الانتقال من نقطة القذف إلى الوصول للهدف

الحدث :

- 1- المركبة الأفقية للسرعة:
- 2- المركبة الرأسية للسرعة:
- 3- السرعة الكلية للجسم :

ملاحظات لحل المسائل :

المقذوفات الأفقية

oy

t

ox

$$x = v_0 t$$

$$v_y = g t$$

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

$$v_x = v_{0x} = v_0 = \text{const}$$

$$v_y = g t$$

(1) لحساب سرعة القذيفة بعد زمن:

- 1- المركبة الأفقية للسرعة بعد زمن تساوي السرعة الابتدائية
- 2- نحسب المركبة الرأسية للسرعة بعد زمن من خلال العلاقة:

المقدار

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

الاتجاه

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

السرعة

$$x = v_0 t$$

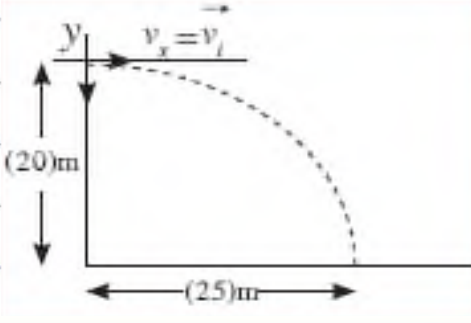
(x, y)

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

(2) لحساب موقع الجسم بعد زمن معين نستخدم :

حل المسائل التالية :

المسألة الأولى: رمي جسم من ارتفاع $m(20)$ عن سطح الأرض وبسرعة أفقية مقدارها (v) وكانت إزاحة الكرة الأفقية تساوي $m(25)$ بإهمال مقاومة الهواء المطلوب احسب :



1- زمن وصول الجسم إلى الأرض

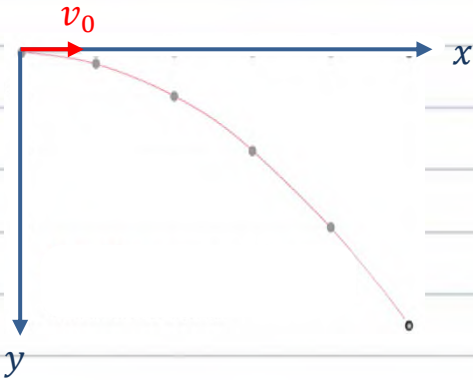
2- احسب مقدار (v)

المسألة الثانية: رمي جسم من ارتفاع $m(500)$ عن سطح الأرض وبسرعة أفقية $m/s(20)$ المطلوب:

1- الزمن اللازم للوصول للأرض

2- المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم.

3- مقدار واتجاه السرعة الكلية للجسم التي يصل بها للأرض:



المسألة الثالثة: قذف جسم من ارتفاع ما عن سطح الأرض وبسرعة أفقية

$m/s(20)$ وعندما وصل إلى الأرض كانت إزاحته الأفقية تساوي

$m(40)$ المطلوب:

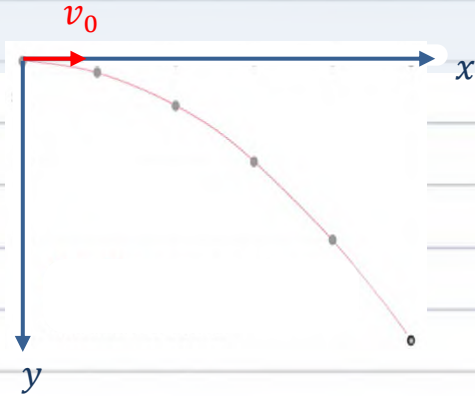
1- الزمن اللازم للوصول للأرض

2- الارتفاع الذي قذف منه.

3- موقع الجسم بعد ثانية من بدء الحركة

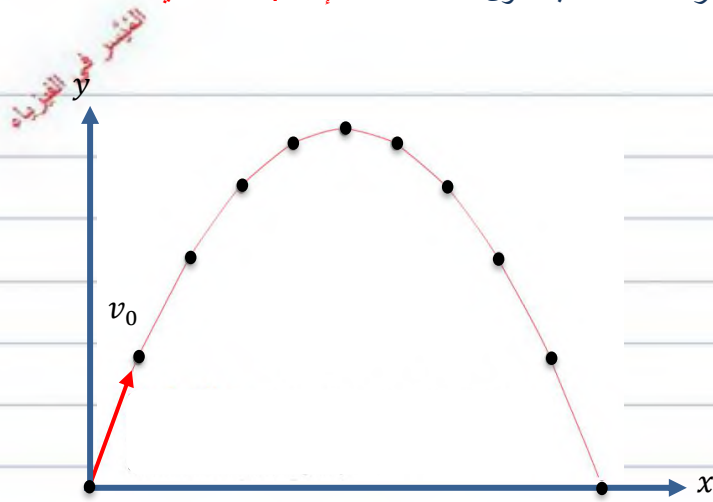
4- سرعة الجسم بعد ثانية من بدء الحركة

5- سرعة الجسم على المحور الرأسي التي يصل بها الجسم للأرض.



1. حركة قذيفة أطلقت بزاوية :

تحليل متجه السرعة الابتدائية :



$$v_0 \begin{cases} v_{0x} = \\ v_{0y} = \end{cases}$$

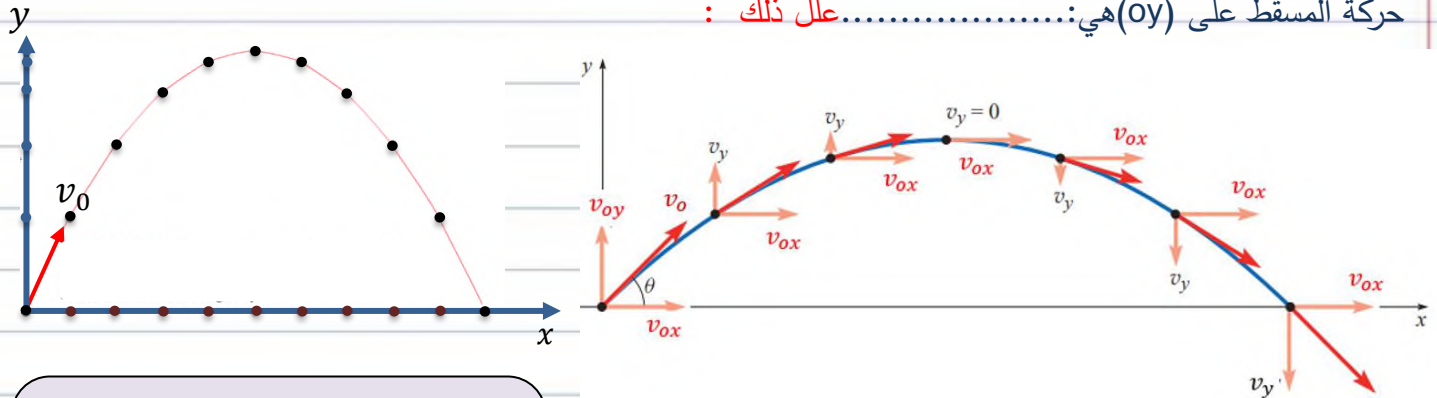
تحليل متجه العجلة والوزن :

$$a \begin{cases} a_x = \\ a_y = \end{cases} \quad w \begin{cases} w_x = \\ w_y = \end{cases}$$

من خلال تحليل متجه العجلة نستنتج أن :

حركة المسقط على (OX) هي:.....عل ذلك:

حركة المسقط على (OY) هي:.....عل ذلك :



$$\begin{cases} x = (v_0 \cos \theta)t \\ y = (v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

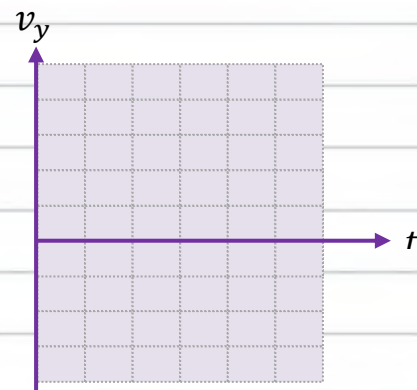
$$v \begin{cases} v_x = v_0 \cos \theta \\ v_y = (v_0 \sin \theta) - gt \end{cases}$$

نشاط : لنفرض أن جسم قذف بسرعة m/s (60) بزاوية مع الأفق (30) المطلوب أكمل الجدول التالي :

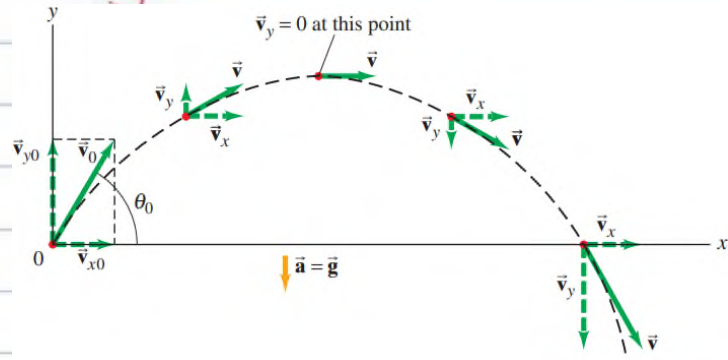
t (s)	0	1	2	3	4	5	6
v_x	$30\sqrt{3}$	$30\sqrt{3}$	$30\sqrt{3}$	$30\sqrt{3}$	$30\sqrt{3}$	$30\sqrt{3}$	$30\sqrt{3}$
v_y	30	20	10	0	-10	-20	-30
V	60	55.6	52.9	$30\sqrt{3}$	52.9	56.6	-60



ارسم الخط البياني للعلاقة بين المركبة الأفقية للسرعة مع الزمن



ارسم الخط البياني للعلاقة بين المركبة الرأسية للسرعة مع الزمن

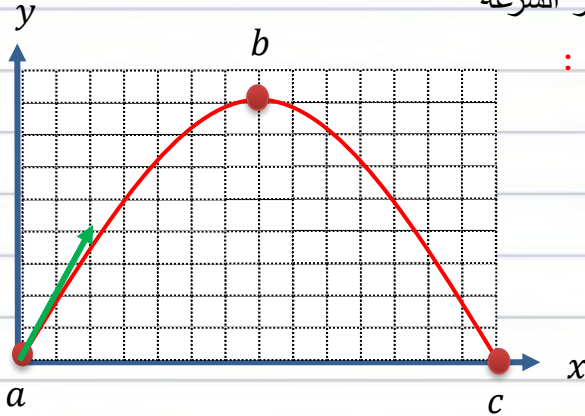


ملاحظات حول القذف بزاوية مع الأفق

- 1- المركبة الأفقية للسرعة ثابتة المقدار دائما
- 2- المركبة الرأسية للسرعة تقل إلى أن تصبح صفرا عند أقصى ارتفاع ثم تغير اتجاهها وتزداد قيمتها
- 3- السرعة الكلية تقل حتى تصبح أقل ما يمكن عند أقصى ارتفاع وفي هذه الحالة تكون مساوية للمركبة الأفقية للسرعة الابتدائية ثم تغير اتجاهها وتزداد بالمقدار

4- على ارتفاعات متساوية من مستوى القذف يكون للجسم نفس مقدار السرعة

ماذا يحدث لكل من سرعة الجسم ومركبتي السرعة في كل مما يلي :



1- عند انتقال المقذوف من النقطة (a) إلى النقطة (b) فإن

- أ- مقدار المركبة الأفقية لـ سرعة الجسم
- ب- مقدار المركبة الرأسية لـ سرعة الجسم
- ت- مقدار سرعة الجسم

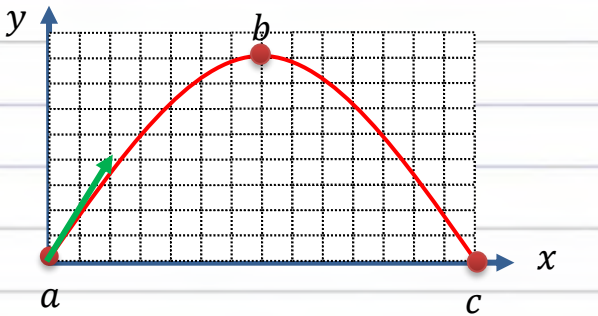
2- عند انتقال المقذوف من النقطة (b) إلى النقطة (c) فإن

- أ- مقدار المركبة الأفقية لـ سرعة الجسم
- ب- مقدار المركبة الرأسية لـ سرعة الجسم
- ت- مقدار سرعة الجسم

3- المواضع التي تكون فيها سرعة الجسم أكبر ما يمكن هي

تمرين : اطلق جسم بسرعة ابتدائية يصنع متجه السرعة زاوية (θ) مع الأفق المطلوب اختر الإجابة الصحيحة

وضع حولها دائرة :



$ v_a $	$<, >, =$	$ v_b $	1.
$ v_c $	$<, >, =$	$ v_b $	2.
$ v_c $	$<, >, =$	$ v_a $	3.
$ v_{xa} $	$<, >, =$	$ v_{xb} $	4.
$ v_{xc} $	$<, >, =$	$ v_{xb} $	5.
$ v_{xc} $	$<, >, =$	$ v_{xa} $	6.

تمرين : اطلق جسم بسرعة ابتدائية مقدارها $(20) \text{ m/s}$ يصنع متجه السرعة زاوية (60°) مع الاتجاه

الموجب للمحور الأفقي (ox) المطلوب

1- المركبة الأفقية للسرعة الابتدائية.

2- المركبة الأفقية للسرعة عند أقصى ارتفاع.

3- سرعة الجسم عند أقصى ارتفاع

4- المركبة الرأسية للسرعة عند أقصى ارتفاع.

1-3 معادلة المسار:

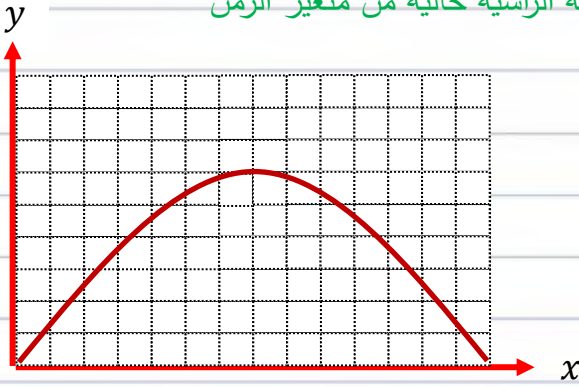
معادلة المسار: هي علاقة بين مركبة الحركة الأفقية ومركبة الحركة الرأسية خالية من متغير الزمن

معادلة المسار تعطى بالعلاقة التالية :

$$y = (\tan \theta)x - \left(\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2$$

ارسم العلاقة البيانية التي تربط بين (x) و (y)

ما هو شكل المسار: **قطع مكافئ**



عندما تكون زاوية الإطلاق

$$0^\circ < \theta < 90^\circ$$

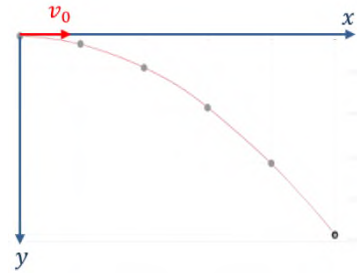
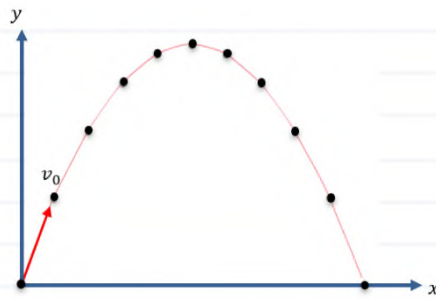
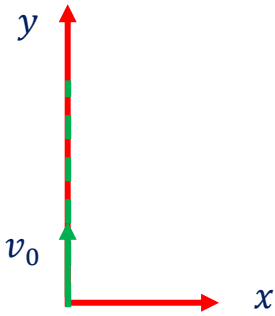
$$(\theta = 90^\circ)$$

$$(\theta = 0^\circ)$$

شكل المسار خطاً رأسياً

شكل المسار قطع مكافئ

شكل المسار نصف قطع مكافئ



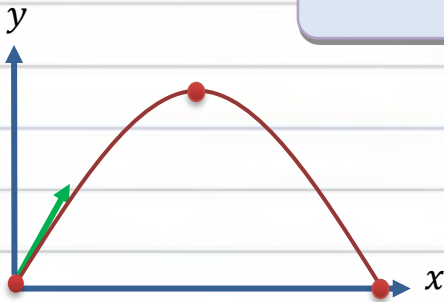
2-3 أقصى ارتفاع :

$$t = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

العلاقة التي تعطي الزمن اللازم للوصول إلى أقصى ارتفاع لمقذوف بزاوية مع الأفق :

$$h_{max} = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g}$$

العلاقة التي تعطي أقصى ارتفاع لمقذوف بزاوية مع الأفق :



عدد العوامل التي يتوقف عليها الزمن اللازم للوصول إلى أقصى ارتفاع يصل

اليه المقذوف بزاوية مع الأفق

عدد العوامل التي يتوقف عليها أقصى ارتفاع يصل اليه المقذوف بزاوية مع

الأفق

-3

-2

-1

علل الزمن اللازم للوصول لأقصى ارتفاع يساوي الزمن اللازم للانتقال من أقصى ارتفاع إلى المرور من النقطة

المقابلة لنقطة القذف

ارسم العلاقات البيانية التالية :



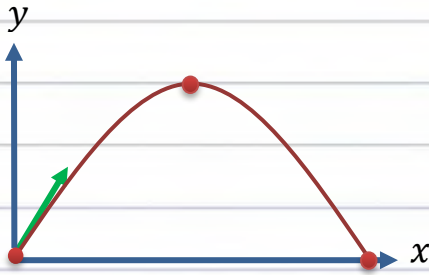
حل المثال التالي: قذف جسم من سطح الأرض بسرعة ابتدائية $(20) \text{ m/s}$ وبزاوية (45°) مع المحور الأفقي ليعود للأرض احسب أقصى ارتفاع يصل اليه الجسم عن مستوى القذف وكذلك الزمن اللازم لبلوغ هذا الارتفاع ابتداء من لحظة القذف

ماذا سيحدث لأقصى ارتفاع عند زيادة السرعة الابتدائية إلى المثلين بثبات باقي العوامل

3-3 المدى

المدى: هو المسافة الأفقية التي تقطعها القذيفة بين نقطة الإطلاق ونقطة الوصول على الخط الأفقي المار بنقطة الإطلاق

العلاقة التي تعطي المدى لجسم قذف بسرعة تصنع زاوية مع الأفق



$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

عدد العوامل التي يتوقف عليها مدى المقذوف بزاوية مع الأفق

-3 -2 -1

ارسم العلاقات البيانية التالية :

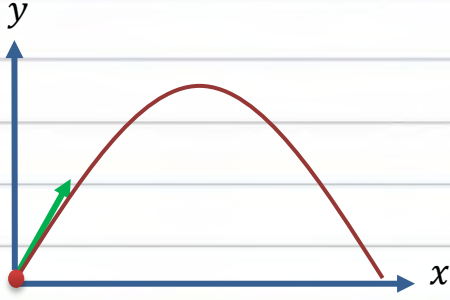


ماذا تستنتج :

المدى وأقصى ارتفاع والزمن اللازم للتخليق لا تتوقف على كتلة الجسم عند اهمال مقاومة الهواء

سؤال: قذف جسم في مجال الجاذبية الأرضية بسرعة ابتدائية تصنع زاوية مع الأفق ماذا يحدث لكل من المدى وأقصى ارتفاع يصل إليه الجسم المقذوف وزمن التحليق في حال زدنا مقدار السرعة الابتدائية مع المحافظة على زاوية الإطلاق

الحدث:

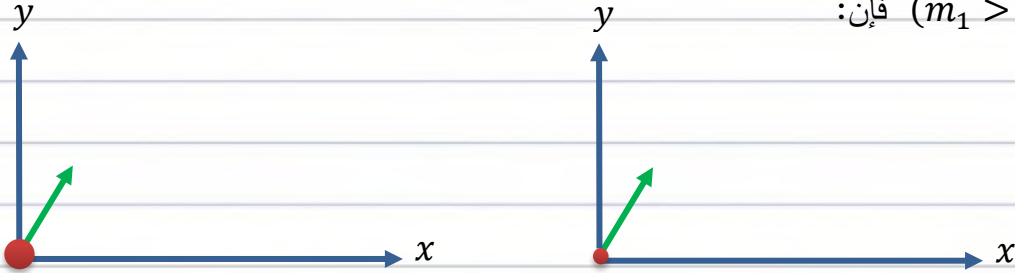


أ- المدى :

ب- أقصى ارتفاع :

ت- زمن التحليق :

سؤال: قذف جسمان مختلفان في الكتلة من نفس المكان بنفس مقدار السرعة الابتدائية ونفس زاوية القذف علما أن $(m_1 > m_2)$ فإن:



R_1	$<, >, =$	R_2	1.
h_{max1}	$<, >, =$	h_{max2}	2.

ماذا سيحدث للمدى عند زيادة السرعة الابتدائية إلى المثلين مع الحفاظ على باقي العوامل

الحدث :

التفسير :

تم اجراء تجربة لقذف جسم بزاوية مع الأفق على سطح الأرض بإهمال مقاومة الهواء وسجلنا النتائج الذي حصلنا عليها تخيل أننا أعدنا التجربة على سطح القمر ماذا سيحدث لكل من مقدار المدى ومقدار أقصى ارتفاع

الحدث :

التفسير :

حل المثال التالي: أطلق جسم بسرعة ابتدائية 100 m/s وبزاوية (40°) مع الأفق من النقطة $(0, 0)$

بإهمال مقاومة الهواء المطلوب:

1- أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم عن مستوى القذف

2- المدى

3- الزمن اللازم للوصول إلى أقصى ارتفاع

العلاقة بين زاوية الإطلاق (θ) والمدى الأفقي (R)

بعد اجراء تجربة قذف جسم بسرعة ابتدائية $v_0 = (44.3) \text{ m/s}$ بعدة زوايا كانت النتائج كما بالجدول التالي

الزمن الكلي لقطع المدى	اقصى ارتفاع	المدى	المركبة الرأسية للسرعة الابتدائية	المركبة الافقية للسرعة الابتدائية	θ
$t' = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$	$h_{max} = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g}$	$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$	$v_{0y} = v_0 \sin \theta$	$v_{0x} = v_0 \cos \theta$	
2.29	6.57	98.12	11.46	42.79	15
4.43	24.53	169.95	22.15	38.37	30
6.26	49.04	196.2	31.32	31.32	45
7.67	73.59	169.95	38.37	22.15	60
8.55	91.55	98.12	42.79	11.46	75
8.86	98.12	0	44.3	0	90

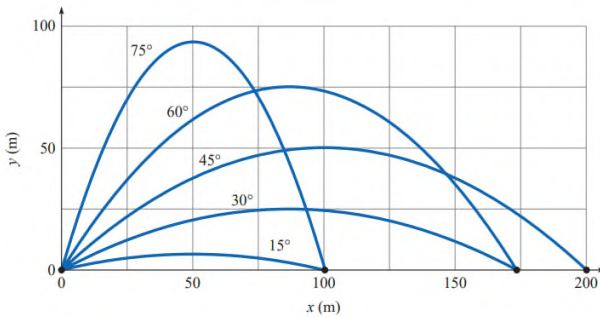
من خلال النتائج التي حصلنا عليها نستنتج انه كلما ازدادت زاوية الاطلاق فإن :

- 1- المركبة الافقية للسرعة الابتدائية
- 2- المركبة الرأسية للسرعة الابتدائية
- 3- زمن تحليق المقذوف
- 4- أقصى ارتفاع
- 5- المدى الذي يصل اليه المقذوف

θ	0°		45°		90°
R		يزداد	max	يقل	

6- أكبر مدى عندما تكون زاوية القذف (45°)

7- إذا كان مجموع زاويتي الاطلاق للجسم المقذوف بنفس السرعة (90°) فإنه يكون لهما نفس المدى والمقذوف الذي يملك زاوية أكبر يكون كلا من ارتفاعه وزمن تحليقه أكبر



ماذا يحدث لشكل المسار ومدى و سرعة المقذوف بزاوية مع

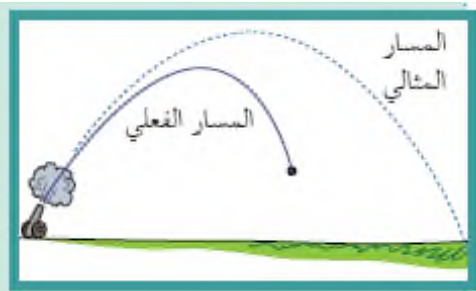
الأفق عندما يصل إلى الهدف :

عندما يكون مقاومة الهواء غير مهمة في المقذوفات

الحدث:

- أ- شكل المسار يصبح
- ب- السرعة:
- ت- المدى
- ث- الارتفاع

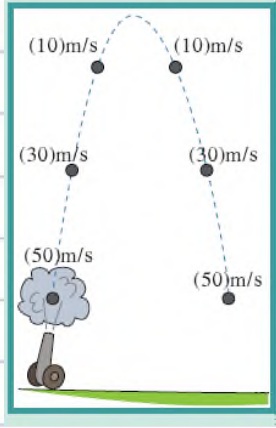
تفسير جميع ما سبق :



علل لما يأتي تعليلا علميا سليما

1. كلما زادت زاوية الإطلاق للقذيفة يزداد الارتفاع .

في حالة اهمال مقاومة الهواء فإن سرعة القذيفة عند ارتفاعات متساوية تكون متساوية لكن باتجاه معاكس وتصل للأرض بنفس مقدار السرعة التي قذفت بها لكن باتجاه معاكس



ملاحظات لحل المسائل

1- لحساب مركبتا السرعة الابتدائية

المركبة الأفقية	$v_{0x} = v_0 \cos \theta$
المركبة الرأسية	$v_{0y} = v_0 \sin \theta$

السرعة الابتدائية

2- لحساب الزمن اللازم للوصول أقصى ارتفاع بالنسبة لمستوى القذف

$$t = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

لحساب الزمن اللازم للوصول المدى (زمن التحليق)

$$t' = 2t$$

3- حساب ارتفاع الذروة أو أقصى ارتفاع عن مستوى القذف نستخدم

$$h_{max} = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g}$$

4- لحساب المدى الأفقي (أقصى مسافة أفقية) (بعد الهدف) نستخدم:

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

5- لحساب سرعة القذيفة بعد زمن

نحسب مركبتا السرعة

المركبة الأفقية

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta = \text{const}$$

المركبة الرأسية

$$v_y = -gt + (v_0 \sin \theta)$$

السرعة

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

المقدار

الاتجاه

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

$$y = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \theta) t$$

$$x = (v_0 \cos \theta) t$$

7- لحساب موقع الجسم بعد زمن نستخدم :

$$y = (\tan \theta) x - \left(\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} \right) x^2$$

8- لمعرفة المسافة الأفقية بمعلومية الارتفاع أو العكس نستخدم معادلة المسار

حل المسائل التالية :

المسألة الأولى: أطلق جسم بسرعة ابتدائية 30 m/s وبزاوية (37°) مع الأفق من النقطة $(0, 0)$ بإهمال مقاومة الهواء المطلوب:

1- الزمن اللازم للوصول إلى أقصى ارتفاع

2- المدى

3- أقصى ارتفاع يصل اليه الجسم عن مستوى القذف

4- أكتب معادلة المسار

المسألة الثانية : أطلق جسم بسرعة ابتدائية 20 m/s وبزاوية (53°) مع الأفق من النقطة $(0, 0)$ بإهمال مقاومة الهواء المطلوب أحسب:

1- أقصى ارتفاع يصل اليه الجسم عن مستوى القذف

2- المدى

3- الزمن اللازم للوصول إلى أقصى ارتفاع

المسألة الثالثة : أطلقت قذيفة بزاوية (60°) مع المحور الأفقي من النقطة $(0, 0)$ وبسرعة ابتدائية

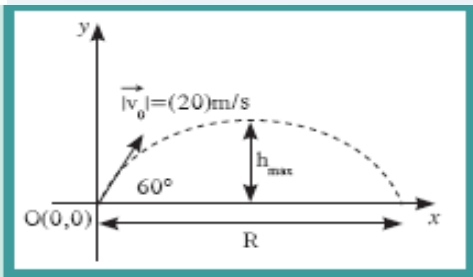
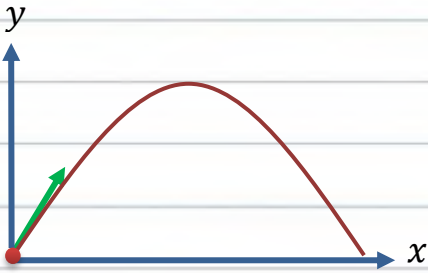
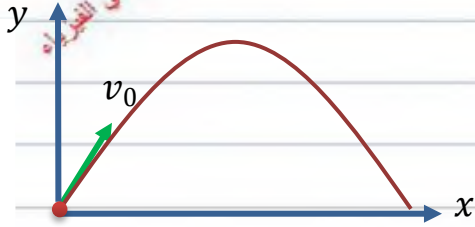
$v_0 = (20) \text{ m/s}$ أهمل مقاومة الهواء المطلوب:

1- أحسب الزمن الذي تحتاجه للوصول إلى أقصى ارتفاع

2- استنتج أقصى ارتفاع تبلغه القذيفة

3- أحسب المدى الأفقي الذي تبلغه القذيفة علما أنها اصطدمت بالأرض عند نقطة تقع على الخط المار بنقطة القذف

4- سرعة الجسم عند أقصى ارتفاع يصل اليه



مراجعة الدرس 1-3

يُعتبر تأثير الهواء مهملاً في الأسئلة التالية.

أولاً - ماذا يمثل مدى مسار القذيفة؟

ثانياً - بم تُميَّز النقطة الأعلى في مسار قذيفة أُطلقت بزاوية θ بالنسبة إلى المحور الأفقي؟

ثالثاً - أُطلقت قذيفتان لهما كتلتان مختلفتان m_1 و m_2 ، إذا علمت أن $(m_1 < m_2)$ ، بالسرعة الابتدائية نفسها v_0 وبزاوية θ بالنسبة إلى المحور الأفقي نفسه، قارن بين مدى المسار والارتفاع الأعلى الذي تبلغه كل قذيفة من القذيفتين.

رابعاً - في إطار مباراة إطلاق السهم، أرسل أحد المتبارين السهم بسرعة ابتدائية v_0 قيمتها $(50)\text{m/s}$ ، وذلك لكي يصل إلى هدفه الموجود على مسافة $(80)\text{m}$. علمًا بأن مركز الهدف هو على المستوى الأفقي نفسه مع يد المتباري، وبإهمال تأثير الهواء،

(أ) حدّد قيمة زاوية θ بالنسبة إلى المحور الأفقي لكي يتمكن المتباري من إصابة مركز الهدف الموجود على بعد $(80)\text{m}$.

(ب) إذا تمّ الإطلاق بزاوية 9° (دائمًا بالنسبة إلى المحور الأفقي)،

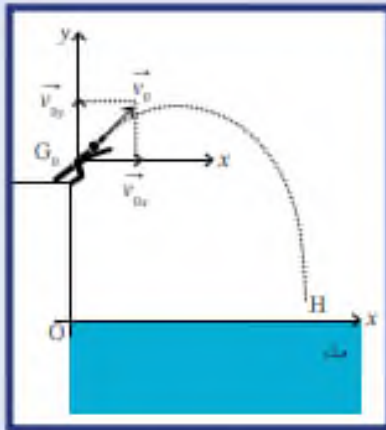
أحسب قيمة المسافة الأفقية التي قطعها السهم. هل يصل السهم إلى الهدف؟ قيم إجابتك.

خامساً - لدراسة حركة مركز الثقل لغطّاس خلال قفزه إلى الماء عن خشبة (شكل 37)، نفترض أن الغطّاس ترك الخشبة في اللحظة صفر $(t = 0)$ بسرعة ابتدائية v_0 وبزاوية قدرها 40° بالنسبة إلى المحور الأفقي. في لحظة الإنطلاق، كان الغطّاس في النقطة G_0 ، التي ترتفع $(6)\text{m}$ عن سطح الماء $(y_0 = 6\text{m}, x_0 = 0)$.

(أ) إذا كانت أعلى نقطة يصل إليها الغطّاس هي على مسافة $(1)\text{m}$ من

مستوى الإطلاق، احسب سرعة الغطّاس الابتدائية v_0 .

(ب) أكتب معادلة المسار لحركة مركز ثقل الغطّاس.



(شكل 37)

تحقق من فهمك

ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام العبارة الصحيحة في كل مما يلي:

1. تحدّد الكمية المتجهة:

☐ مقدار ووحدة قياس	☐ اتجاه ووحدة قياس ونقطة تطبيق
☐ اتجاه ومقدار ووحدة قياس	☐ اتجاه ومقدار ونقطة تأثير ووحدة قياس
2. تحدّد الكمية العددية:

☐ مقدار ووحدة قياس	☐ اتجاه ونقطة تأثير ووحدة قياس
☐ اتجاه ومقدار ووحدة قياس	☐ اتجاه ومقدار ونقطة تأثير ووحدة قياس
3. المركبة الأفقية لمتجه قوة مقداره $5N$ يميل بزاوية 60° مع المحور الرأسي بوحدة (N) تساوي:

☐ (4.333)	☐ (2.5)	☐ (3)	☐ (4)
----------------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------
4. المركبة الرأسية لمتجه قوة مقداره $5N$ يميل بزاوية 60° مع المحور الأفقي بوحدة (N) تساوي:

☐ (4.333)	☐ (2.5)	☐ (3)	☐ (4)
----------------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------

تحقق من معلوماتك

أجب عن الأسئلة التالية:

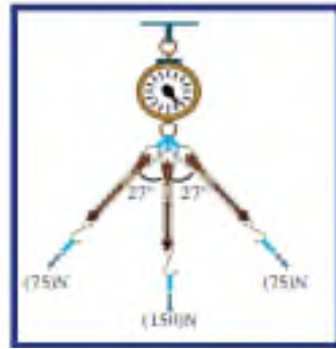
1. ما الفرق بين السرعة العددية والسرعة المتجهة؟
3. تحلق طائرة بسرعة 80 km/h ، هل تتوقع أن تصبح سرعتها أكبر أو أقل من 80 km/h إذا هبت عليها رياح اتجاهها عمودي على اتجاه طيرانها؟
4. احسب مساحة متوازي الأضلاع الناشئ عن متجهين الإزاحة D_1 ومقداره 4 m والمتجه D_2 ومقداره 6 m علماً أنهما يحصران في ما بينهما زاوية 150° .

تحقق من مهاراتك

حل المسائل التالية:

1. (أ) استخدم طريقة الرسم البياني ومقياس رسم مناسب لتجد المحصلة v_R (مقدار واتجاه) لمتجهي السرعة المتلاقين في النقطة O ، علماً أن مقدار $v_1 = 5 \text{ m/s}$ ومقدار $v_2 = 5 \text{ m/s}$ ، ويحصران بينهما زاوية مقدارها 120° .
- (ب) أوجد المحصلة $\vec{v}_R$ (مقدار واتجاه) مستخدماً الطريقة الحسابية.
- (ج) مثل هذه السرعة رياضياً.
- (د) قارن بين نتائج الطريقتين.

الطلب أ- والطلب د معلق

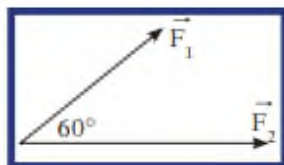


2. حلقة جهاز ميزان زنبركي يتم شدّها بواسطة ثلاثة حبال بقوى مختلفة، كما يوضح الشكل المقابل.
أوجد مقدار المحصلة التي سيقراها الميزان الزنبركي.



4. دفع ولد سيارته عن حافة طاولة ارتفاعها 120 cm (تسقط وتصلطم بالأرض عند نقطة تبعد أفقيًا 30 cm) عن الطاولة
كما هو موضح في الشكل المقابل.
(أ) أحسب الزمن الذي تحتاجه السيارة لتصلطم بالأرض.
(ب) أحسب سرعة السيارة لحظة انطلاقها مبتعدة عن سطح الطاولة.
(ج) أحسب مقدار سرعتها واتجاهها لحظة اصطدامها بالأرض. (علّمنا أن $g = 10 \text{ m/s}^2$)

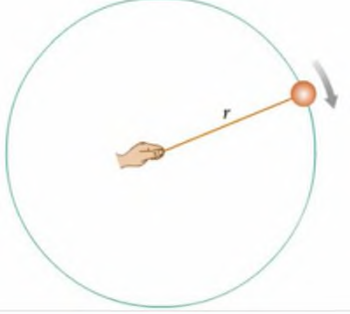
5. أطلقت قذيفة بزاوية 30° مع المحور الأفقي من النقطة $O (0,0)$ بسرعة ابتدائية $v_0 = 30 \text{ m/s}$.
أهمل مقاومة الهواء.
(أ) أكتب معادلة المسار للقذيفة.
(ب) أحسب الزمن الذي تحتاجه للوصول إلى أقصى ارتفاع.
(ج) أحسب مقدار أقصى ارتفاع تبلغه القذيفة.
(د) أحسب المدى الأفقي الذي تبلغه القذيفة علّمنا أنها اصطدمت مع الأرض بنقطة تقع على الخط المار بنقطة القذف.
(هـ) أحسب متجه السرعة لحظة اصطدامها بالأرض.



7. المتجهان $\vec{F}_1$ ومقداره 3 N و $\vec{F}_2$ مقداره 4 N ، يحصران بينهما زاوية 60° وموجودان في المستوى نفسه كما في الشكل المقابل.
(أ) احسب حاصل الضرب القياسي للمتجهين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$.
(ب) احسب حاصل الضرب الاتجاهي $\vec{F}_1 \times \vec{F}_2$ وحدد عناصر متجه المحصلة $\vec{F}$ ومثله بيانيًا.
(ج) احسب حاصل الضرب الاتجاهي $\vec{F}_2 \times \vec{F}_1$ وحدد عناصر متجه المحصلة $\vec{F}$ ، ومثله بيانيًا
(د) ما العلاقة بين المتجهين $\vec{F}$ و $\vec{F}$ ؟

وصف الحركة الدائرية
Describing Circular Motion

الدرس 1-2



نشاط : نأخذ جسما ونربطه بطرف خيط ثم نجعله يدور

ما شكل المسار:

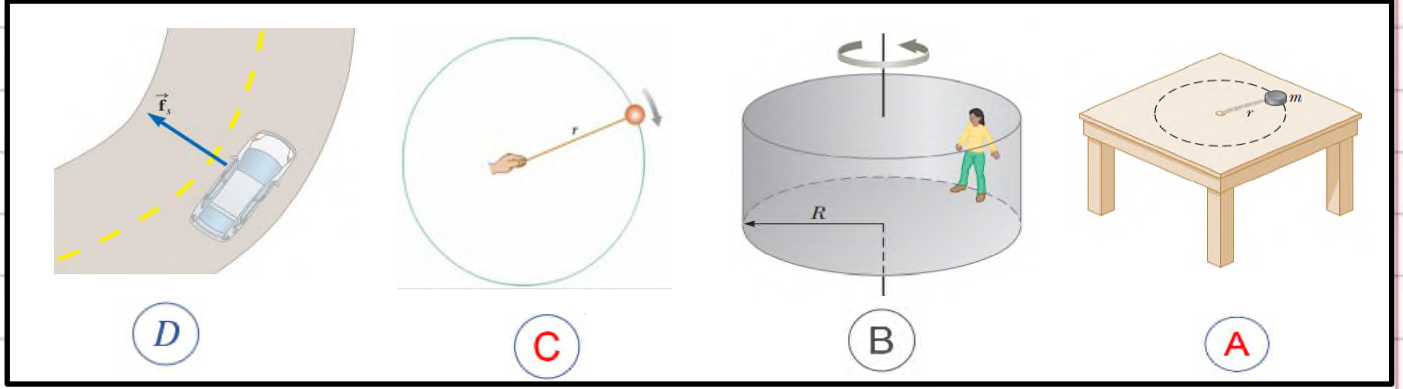
هل ستتغير المسافة بين محور الدوران والجسم :

الحركة الدائرية: حركة الجسم على مسار دائري حول مركز دوران مع المحافظة على مسافة ثابتة منه

الحركة الدائرية المنتظمة: هي حركة الجسم على مسار دائري بسرعة ثابتة القيمة.

1. الدوران المحوري والدوران المداري

من خلال التدقيق في الأشكال المرفقة والتي تمثل اجسام تدور أجب عن الأسئلة التالية:



1- حدد موضع محور الدوران لكل جسم

2- عرف محور الدوران: هو الخط المستقيم الذي تتم حوله الحركة الدائرية

3- ما هي الأجسام التي محور دورانها ينتمي لها وماذا نسمي هذه الحركة ؟

4- ما هي الأجسام التي محور دورانها لا ينتمي لها وماذا نسمي هذه الحركة ؟

محور الدوران: الخط المستقيم الذي تحدث حوله الحركة الدائرية

محور دوران خارجي

الخط المستقيم الذي يستقر خارج الجسم والذي تحدث حوله الحركة الدائرية، أي محور الدوران يقع خارج الجسم.

محور دوران داخلي

الخط المستقيم الذي يستقر داخل الجسم والذي تحدث حوله الحركة الدائرية، أي محور الدوران يستقر داخل الجسم.

من حيث	الحركة الدائرية المحورية (المغزلية)	الحركة المدارية
التعريف		
نوع المحور		
مثال عليها		

اعطي تفسيراً علمياً سليماً لكل مما يلي:

1- تعتبر حركة الساقية الدوارة حركة دائرية محورية (حركة مغزلية) بينما تعتبر حركة الركاب في الساقية الدوارة حركة مدارية :

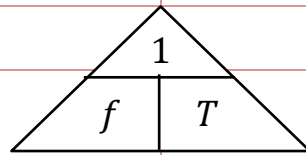


2- لماذا تخضع الأرض لنوعي الحركة الدائرية (المدارية و المحورية)



التردد والزمن الدوري في الحركة الدائرية المنتظمة

قارن بين التردد والزمن الدوري		
من حيث	الزمن الدوري (T)	التردد (f)
التعريف		
وحدة القياس		
العلاقة الرياضية		



حل التمارين التالية :

التمرين الأول: جسم يعمل (50) دورة خلال عشر ثوان المطلوب احسب

1- تردد الجسم

2- الزمن الدوري

التمرين الثاني : جسم تردده 20 Hz احسب زمنه الدوري

التمرين الثالث : الزمن الدوري لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة s (0.5) احسب تردد الجسم بوحدة الهرتز

2. الإزاحة الزاوية

الحركة : هي تغير موقع الجسم بالنسبة للزمن

علل استخدام الزاوية في الحركة الدائرية يكفي لتحديد موقع الجسم

الإزاحة الزاوية (θ) : الزاوية التي تقاس بين الخط المرجعي و الخط المار بالنقطة و المركز .

ملاحظات :

1- تقاس الزوايا عادة بالدرجات Degree ($^\circ$) والدرجة تساوي (60) دقيقة والدقيقة تساوي (60) ثانية

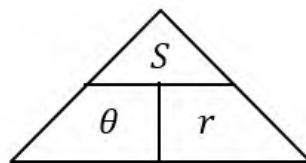
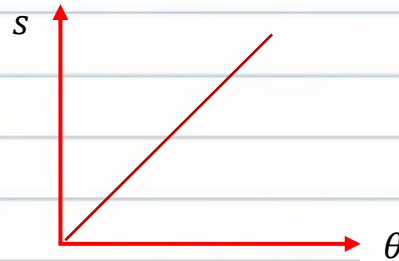
2- وحدة قياس الزوايا في النظام الدولي للوحدات (SI) هي الراديان (rad)

$$\theta^\circ \times \frac{\pi}{180} \rightarrow \theta \text{ rad}$$

إذا قطع جسم قوسا من دائرة فان الزاوية المركزية تعطى بالعلاقة : $\theta = \frac{s}{r}$

ارسم العلاقة بين الإزاحة الخطية مع الإزاحة الزاوية لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة

ميل الخط البياني يمثل نصف القطر



$$\theta = 2\pi N$$

الإزاحة الزاوية

$$\theta = \frac{s}{r}$$

الإزاحة الخطية

$$s = 2\pi N r$$

إذا دار الجسم دورة واحدة

زاوية دائرة

$$\theta = 2\pi$$

$$N = 1$$

$$L = 2\pi r$$

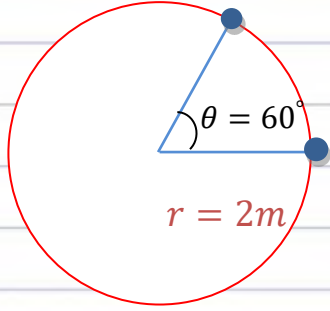
محيط دائرة

ملاحظة : في العلاقات السابقة يجب ان تكون الزاوية مقدرة بالراديان

حل التمارين التالية :

التمرين (1) : يدور جسم في مسار دائري نصف قطره cm (20) احسب بالدرجات الزاوية المركزية التي يمسحها نصف القطر عندما يقطع مسافة تساوي cm (10)

التمرين (2) : يدور جسم في مسار دائري نصف قطره m (2.5) فيمسح نصف القطر زاوية مقدارها rad (2) احسب مقدار الازاحة الخطية الحاصلة للجسم



التمرين (3) : من خلال المعطيات المدونة على الشكل احسب طول القوس الذي يقطعه الجسم

التمرين (4) : جسم يتحرك حركة دائرية نصف قطر مسارها m (4) فيعمل خمس دورات احسب المسافة التي يقطعها الجسم

التمرين (5) : جسم يتحرك على مسار دائري نصف قطره cm (10) فخلال ربع دورة احسب الزاوية المركزية التي يمسحها نصف القطر

التمرين (6) : دراجة نارية نصف قطر عجلتها cm (50) تتحرك بخط مستقيم فتقطع مسافة m (31.4) احسب عدد الدورات التي انجزتها عجلة الدراجة

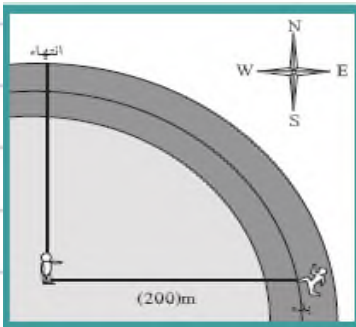
التمرين (7) : دراجة نارية نصف قطر عجلة الدراجة cm (70) تتحرك بخط مستقيم تدور عجلتها خمس دورات كاملة احسب المسافة التي قطعتها الدراجة.

حل المثال التالي : يقف حكم مباراة الركض في منتصف المسار الدائري المخصص

للسباق على بعد m (200) من لاعب يقف على الخط المرجعي باتجاه الشرق ويستعد للركض بالاتجاه الدائري الموجب كما في الشكل ركض اللاعب على المسار حتى نهاية النقطة التي تقع على شمال الحكم على المحور الرأسي المطلوب

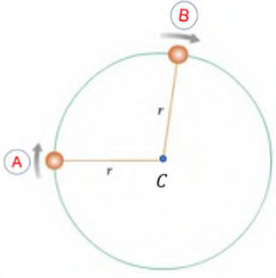
1- المسافة التي قطعها اللاعب

2- كم تكون المسافة لو كان على اللاعب إكمال دورة كاملة



3. السرعة في الحركة الدائرية

سؤال: أيهما يتحرك أسرع في لعبة داوهر الخيل الخشبية الحصان القريب من الحاجز الخارجي أم القريب من الحاجز الداخلي



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

1.3 السرعة في الحركة الدائرية

تعريف السرعة الخطية (العديّة) :

طول القوس الذي يقطعه الجسم من محيط الدائرة في وحدة الزمن

صفات السرعة الخطية في الحركة الدائرية :

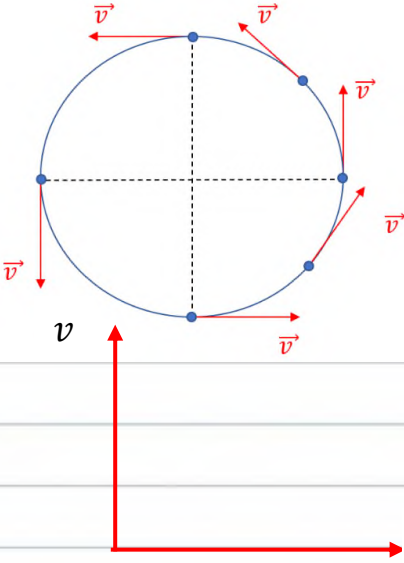
1- متغيرة الاتجاه لحظياً

2- مماسة للدائرة عند كل نقطة

3- عمودية على نصف القطر

علل تسمى السرعة الخطية أيضاً السرعة المماسية :

المُيسّر في الفيزياء



سؤال : ارسم العلاقات البيانية التالية و ماذا يمثل ميل المنحني إن وجد ؟

الميل يمثل السرعة الخطية



العلاقة بين السرعة الخطية والزمن لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة

العلاقة بين الإزاحة الخطية مع الزمن لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة

عدد العوامل التي تتوقف عليها السرعة الخطية في الحركة الدائرية

1- 2-

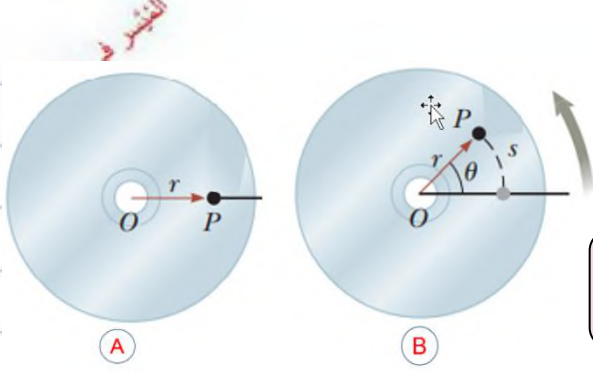
حل التمارين التالية :

1- يتحرك جسم حركة دائرية فيقطع مسافة من محيط الدائرة مقدارها $cm (50)$ خلال $s (10)$ احسب مقدار سرعة الجسم الخطية

2- يتحرك جسم حركة دائرية نصف قطر المسار الدائري $cm (80)$ بتردد $Hz (4)$ احسب مقدار سرعة الجسم الخطية

3- يتحرك جسم حركة دائرية نصف قطر المسار الدائري $cm (20)$ والزمن الدوري للحركة $s (0.5)$ احسب مقدار سرعة الجسم الخطية .

4- تدير بنت جسماً على محيط دائرة وبسرعة خطية منتظمة فإذا كان نصف قطر الدائرة $cm (50)$ وأكملت البنت (30) دورة خلال ربع دقيقة احسب مقدار السرعة الخطية



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

2.3 السرعة الدائرية (الزاوية) (ω) :

السرعة الدائرية (الزاوية):

مقدار الزاوية المركزية التي يمسحها نصف القطر خلال وحدة الزمن

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

يمكن حساب معدل السرعة الدائرية من العلاقة :

تقاس بوحدة (rad/s)

عدد العوامل التي تتوقف عليها السرعة الزاوية

-2

-1

ملاحظة : من الشائع التعبير عن السرعة الدائرية بالدورة المدارية في الدقيقة

الراديان: زاوية مركزية طول قوسها يساوي طول نصف قطرها

ملاحظة : $\pi (rad) = 180^\circ$ و $1 rad \approx 57.32^\circ$

ارسم العلاقات البيانية التالية

$$\text{rev/min} \times \frac{2\pi}{60} = \text{rad/sec}$$



العلاقة بين السرعة الزاوية مع الزمن لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة

العلاقة بين الإزاحة الزاوية مع الزمن لجسم يتحرك حركة دائرية منتظمة

حل التمارين التالية :

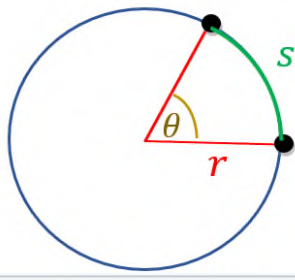
1- يتحرك جسم حركة دائرية نصف قطر المسار $cm (50)$ فيمسح نصف القطر زاوية مقدارها $rad (\frac{\pi}{3})$ خلال $s (10)$ احسب مقدار سرعة الجسم الزاوية

2- يتحرك جسم حركة دائرية نصف قطر المسار $m (2)$ فيمسح نصف القطر زاوية مقدارها (30°) خلال $s (5)$ احسب مقدار سرعة الجسم الزاوية

3- يتحرك جسم حركة دائرية نصف قطر المسار الدائري $m (2)$ بتردد $Hz (4)$ احسب مقدار سرعة الجسم الزاوية

4- يتحرك جسم حركة دائرية نصف قطر المسار الدائري $cm (20)$ والزمن الدوري للحركة $s (0.5)$ احسب مقدار سرعة الجسم الزاوية

5- تدير بنت جسما على محيط دائرة وبسرعة خطية منتظمة فإذا كان نصف قطر الدائرة $cm (50)$ وأكملت البنت (30) دورة خلال ربع دقيقة احسب مقدار السرعة الزاوية



4. العلاقة بين السرعة المماسية والسرعة الزاوية

العلاقة التي تربط السرعة الزاوية بالسرعة الخطية لجسم يتحرك حركة دائرية

$$v = \omega r$$

حل التمرين التالي : يتحرك جسم حركة دائرية منتظمة نصف قطر المسار $m(5)$

ويتحرك بسرعة زاوية مقدارها 2 rad/s احسب مقدار سرعة الجسم الخطية

قارن بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية

السرعة الزاوية	السرعة الخطية	وجه المقارنة
		التعريف
		وحدة القياس في النظام الدولي للوحدات

ملاحظات:

أ- تطبق العلاقة $v = \omega r$ على النظام الدوار فحسب مثل القرص الجاسئ الدائري أو القضيب الجاسئ

لأن السرعة الزاوية (الدائرية) متساوية لجميع نقاط السطح الدوار لأن لها معدل الدوران

نفسه ولا يمكن تطبيقها على الكواكب لأن لكل كوكب سرعة دائرية مختلفة عن الآخر

ب- تتعلق السرعة المماسية والسرعة الدائرية الوحدة بالأخرى

ت- كلما زادت السرعة الدائرية تزداد السرعة الخطية

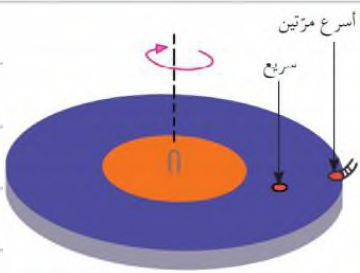
ث- يمكن التعبير عن السرعة الدائرية بالدورة المدارية في الدقيقة (RPM) .

ج- السرعة الدائرية (ω) تتناسب طرديا مع السرعة المماسية $v = \omega \cdot r$.

ح- السرعة المماسية عند مركز دوران المسطح الدائري تساوي الصفر وتزداد قيمتها كلما ابتعدنا عن المركز لأنها تعتمد

على (r) , لكن السرعة الدائرية (ω) ثابتة لا تتغير قيمتها بتغير (r)

ارسم العلاقات البيانية التالية



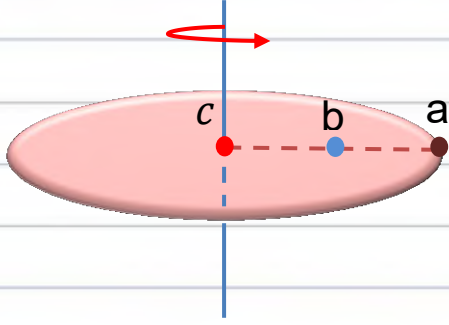
العلاقة بين السرعة الخطية مع بعد النقطة عن محور الدوران لجسم جاسئ يتحرك حركة دورانية منتظمة

العلاقة بين السرعة الزاوية مع بعد النقطة عن محور الدوران لجسم جاسئ يتحرك حركة دورانية منتظمة

العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية لجسم يتحرك حركة دائرية بثبات نصف القطر

سؤال: لديك قرص تسجيل الفوتوغرافي كانت تدور فتنجز مئة دورة خلال ثلاث دقائق المطلوب :

1- احسب معدل السرعة الدائرية للقرص بوحدة الدورة في الدقيقة ثم حولها لوحدة rad/s



2- قارن بين السرعة الدورانية للنقاط الثلاثة وفسر ما توصلت إليه

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما

1. السرعة المماسية عند مركز دوران المسطح الدائري تساوي الصفر لكن توجد سرعة دورانية

2. تزداد السرعة المماسية للمسطح الدائري كلما ابتعدت النقطة عن مركز الدوران لكن السرعة دورانية لا تتغير

3. في أي نظام جاسئ تكون السرعة الدائرية نفسها على الرغم من أن السرعة المماسية (الخطية) تتغير

4. فسر لماذا لجميع الأجزاء الصلبة للعبة دوارة الخيل الخشبية والمنضدة الدوارة السرعة الزاوية ذاتها



وضح ماذا يحدث في الحالات التالية :

1. لمقدار السرعة الخطية (المماسية) ومقدار السرعة الزاوية لنقاط القرص الدوار (نظام جاسئ) بتغيير بعدها عن المركز

الحدث :

التفسير :

2. لمقدار السرعة الخطية لكتلة صغيرة موجودة عند منتصف المسافة بين محور قرص يدور وحافته في الحالات التالية:

أ- زدنا السرعة الزاوية للمثلين

الحدث:

التعليل:

ب- جعلنا النقطة تصبح عند الحافة

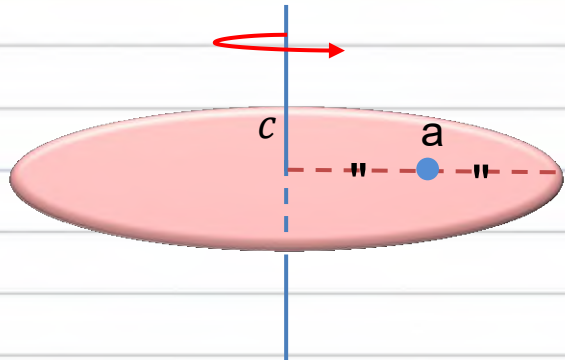
الحدث:

التعليل:

ت- زدنا السرعة الزاوية للمثلين وجعلنا النقطة تصبح عند الحافة:

الحدث:

التعليل:



حل المسائل التالية:

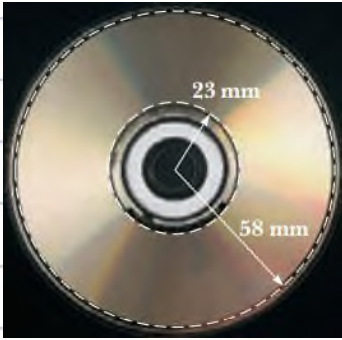
المسألة الأولى: في لعبة دوار الخيل التي تدور بسرعة دائرية منتظمة تساوي دورة واحدة كل (45) ثانية يجلس ولدان على حصانين الأول يبعد m (2) عن محور الدوران والثاني m (4) عن محور الدوران والمطلوب



1- احسب السرعة الدائرية للولدين

2- السرعة الخطية لكل ولد

المسألة الثانية: يدور قرص مدمج في جهاز الاستريو بسرعة دورانية ثابتة تساوي (200) دورة في الدقيقة



1- احسب الزمن الذي يحتاجه ليقوم بدورة واحدة

2- احسب السرعة الخطية لنقطة موجودة على القرص تبعد cm (23) عن مركز

الدوران ونقطة تبعد cm (56)

المسألة الثالثة: إطار دراجة نصف قطره cm (50) يدور بسرعة (30) دورة في الدقيقة أحسب

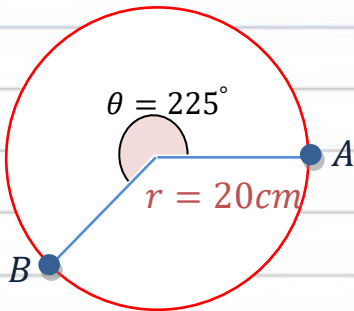


1- أحسب مقدار السرعة الزاوية لأي نقطة موجودة على حافة الإطار

2- احسب السرعة الزاوية لنقطة (M) موجودة على بعد cm (10) من محور الدوران

3- احسب السرعة الخطية للنقطة (M)

المسألة الرابعة: تتحرك كتلة نقطية على محيط دائرة نصف قطرها cm (20) بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة فتنتقل من النقطة (A) إلى النقطة (B) خلال ثانيتين مستفيدا من المعلومات على الشكل المطلوب أحسب :

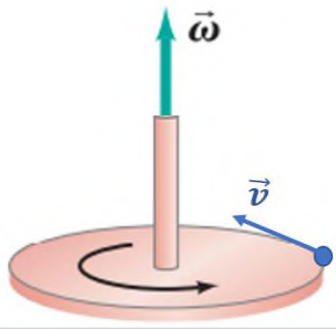


1- مقدار السرعة الزاوية التي تحركت بها الكتلة النقطية

2- مقدار السرعة الخطية التي تحركت بها الكتلة النقطية

3- مقدار الزاوية المركزية التي سيمسحها نصف القطر خلال ثلاث ثوان .

4- الزمن اللازم لإنجاز دورة واحدة كاملة .



إعداد: محمد سعيد السكاف

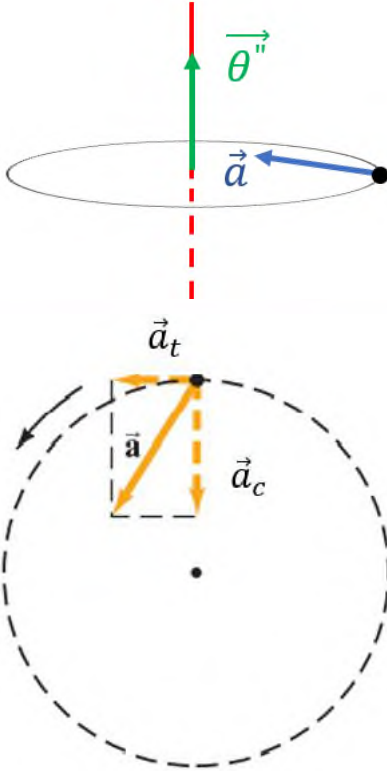
العجلة الخطية و العجلة الزاوية

في الحركة الدائرية يمكن التعبير عن:

سرعة الجسم باستخدام السرعة الخطية أو السرعة الزاوية $v = \omega \cdot r$

عجلة الجسم باستخدام العجلة الخطية أو العجلة الزاوية

العجلة

العجلة الزاوية
($\vec{\theta}''$)العجلة الخطية
($\vec{a}$)العجلة المركزية
($\vec{a}_c$)العجلة المماسية
($\vec{a}_t$)

1.5 العجلة الخطية :

العجلة الخطية : التغير في متجه السرعة الخطية كل ثانية

تحسب باستخدام العلاقة

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

علل تعتبر العجلة كمية متجهة

لأنها مشتق كمية متجهة هي السرعة خلال الزمن

تحلل إلى مركبتين متعامدتين :

$$\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t$$

عجلة مماسية (a_t) :

1- لها اتجاه السرعة الخطية وتكون مماسة للمسار

2- تتغير قيمتها بتغير مقدار السرعة المماسية وتعطى بالعلاقة :

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

عجلة مركزية (a_c) :

1- هي عمودية على المركبة المماسية

2- تتجه نحو مركز المسار وتعطى بالعلاقات التالية :

$$a_c = \omega^2 r$$

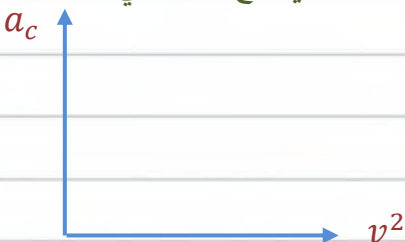
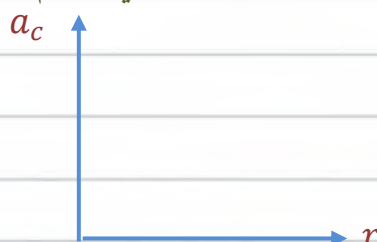
$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

عدد العوامل التي تتوقف عليها العجلة المركزية

-2

-1

ارسم الخطوط والمنحنيات البيانية المعبرة عن تغير العجلة المركزية لجسم يتحرك حركة دائرية مع كل مايلي:

مع مربع السرعة الخطية بثبات
نصف القطرمع نصف القطر بثبات
السرعة الخطيةمع نصف القطر بثبات
السرعة الزاوية

سؤال: جسم كتلته (m) يتحرك حركة دائرية منتظمة نصف قطر مسارها (r) بسرعة مقدارها (v)
صف ماذا يحدث لمقدار العجلة المركزية في الحالات التالية

1- زدنا مقدار السرعة الخطية للمثلين مع تثبيت نصف القطر

الحدث:

التفسير:

2- زدنا نصف قطر المسار الدائري للمثلين مع تثبيت مقدار السرعة الخطية

الحدث:

التفسير:

3- زدنا كلا من مقدار السرعة الخطية للمثلين ونصف القطر للمثلين

الحدث:

التفسير:

4- استبدلنا الجسم بآخر كتلته مثلي كتلة الجسم الأول وحافظنا على نصف قطر المسار الدائري ومقدار السرعة الخطية

الحدث:

التفسير:

قارن بين العجلة المماسية والعجلة المركزية في الحركة الدائرية

من حيث	العجلة المركزية	العجلة المماسية
الرمز		
العلاقة الرياضية		
منشأها (سبب توليدها)		
الاتجاه		

حل المسألة التالية : تتحرك كتلة نقطية على محيط دائرة نصف قطرها cm (50) حركة دائرية منتظمة فتتجز (1800) دورة خلال ثلاث دقائق المطلوب أحسب :

1- تردد الحركة

2- السرعة الزاوية للكتلة

3- السرعة الخطية

4- العجلة المركزية

5.2 العجلة الزاوية :

العجلة الزاوية : : تغير السرعة الزاوية خلال وحدة الزمن (أي معدل تغير السرعة الزاوية)

❖ تحسب باستخدام العلاقة

❖ تقاس بوحدة (rad/s^2) .

$$\theta'' = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

قارن بين العجلة الزاوية والعجلة الخطية

من حيث	العجلة الزاوية	العجلة الخطية
الرمز		
العلاقة الرياضية		
وحدة القياس		
سبب وجودها (منشأها)		

العجلة في الحركة الدائرية

6 . العجلة والحركة الدائرية المنتظمة

العجلة الزاوية
 $\theta'' = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

العجلة الخطية
 $\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

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

العجلة المماسية
 $(a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t})$

العجلة في الحركة الدائرية المنتظمة

السرعة الزاوية في الحركة الدائرية المنتظمة ثابتة المقدار والاتجاه

السرعة الخطية في الحركة الدائرية المنتظمة ثابتة المقدار متغيرة الاتجاه

العجلة الزاوية
 $\theta'' = \frac{\Delta\omega=0}{\Delta t} = 0$

العجلة المركزية
 $a_c = \frac{v^2}{r} = \text{const}$

العجلة المماسية
 $a_t = \frac{\Delta v=0}{\Delta t} = 0$

العجلة الخطية

$\vec{a} = \vec{a}_c = \text{const}$

قارن بين مقدار العجلة الزاوية ومقدار العجلة الخطية في الحركة الدائرية المنتظمة

من حيث	العجلة الزاوية	العجلة الخطية
المقدار		

قارن بين مقدار العجلة المركزية ومقدار العجلة المماسية في الحركة الدائرية المنتظمة

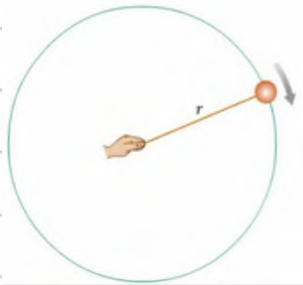
من حيث	العجلة المركزية	العجلة المماسية
المقدار		

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما

- 1- بالرغم من أن السرعة الخطية في الحركة الدائرية المنتظمة ثابتة المقدار إلا أن الحركة معجلة والعجلة لا تساوي الصفر
- 2- العجلة المماسية في الحركة الدائرية المنتظمة تساوي الصفر
- 3- إن العجلة الوحيدة الموجودة في الحركة الدائرية المنتظمة هي العجلة المركزية
- 4- العجلة الزاوية في الحركة الدائرية المنتظمة تساوي الصفر

حل المسائل التالية

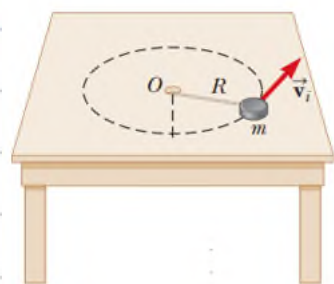
المسألة الأولى: كرة كتلتها $g (150)$ مربوطة بطرف خيط تدور بحركة دائرية منتظمة على مسار دائري نصف قطره يساوي $cm (60)$ تصنع دورتين كاملتين في الثانية الواحدة.



1- أحسب مقدار السرعة الخطية للكرة

2- أحسب العجلة المركزية

المسألة الثانية: جسم كتلته $g (50)$ يتحرك على محيط دائرة قطرها $cm (40)$ حركة دائرية منتظمة فإذا كان الجسم يستغرق $s (5)$ لعمل عشر دورات احسب :



1- تردد الحركة .

2- السرعة الزاوية.

3- السرعة الخطية.

4- العجلة المركزية

مراجعة الدرس 1-2

أولاً - عرّف الإزاحة الزاوية .

ثانياً - ما الفرق بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية؟

ثالثاً - عند مسافة معينة من محور الدوران ، كيف تتغير السرعة الخطية (أو المماسية) بتغير السرعة الزاوية؟

رابعاً - جسم يتحرك بسرعة منتظمة على مسار دائري نصف قطره 10m . إذا رُسم قوسًا كما في الشكل (49) ، أُنسب:

(أ) الإزاحة الزاوية للجسم .

(ب) السرعة الزاوية لحركة الجسم إذا استغرقت الإزاحة ثابنتين .

خامساً - قرص يدور حول مركزه بسرعة 600 دورة في الدقيقة .

(أ) أُنسب السرعة الزاوية لأي نقطة على حافة القرص .

(ب) أُنسب السرعة الخطية v لهذه النقطة إذا كان نصف قطر القرص 40cm .

سادساً - كتلة مقدارها 2kg تدور بسرعة دائرية (زاوية) قدرها

5rad/s على مسار دائري نصف قطره 1m .

(أ) أُنسب سرعتها الخطية .

(ب) أُنسب العجلة المركزية .

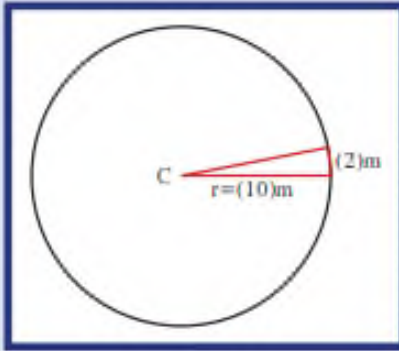
سابعاً - يدور جسم مربوط بخيط في دائرة قطرها 240cm بسرعة

زاوية بحيث تعمل 30 دورة في الدقيقة (شكل 50) .

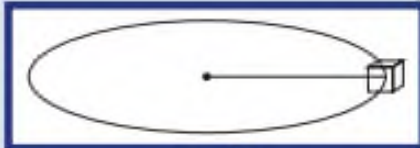
(أ) أُنسب سرعته الخطية .

(ب) أُنسب عدد الدورات التي يصنعها الجسم خلال دقيقتين .

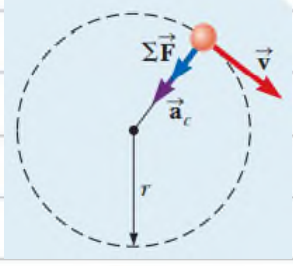
(ج) أُنسب مقدار العجلة المماسية والعجلة الزاوية والعجلة المركزية .



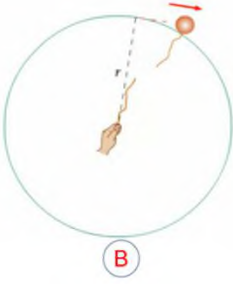
(شكل 49)



(شكل 50)



بالرغم من أن مقدار السرعة الخطية في الحركة الدائرية المنتظمة ثابتة المقدار إلا أن الجسم يمتلك عجلة أعطي تفسيراً علمياً سليماً



1. القوة الجاذبة المركزية:

ماذا سيحدث للجسم المربوط بخيط ويتحرك حركة دائرية عند افلات الخيط كما في الشكل المجاور

الحدث :

التعليل :

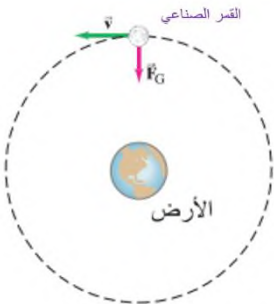
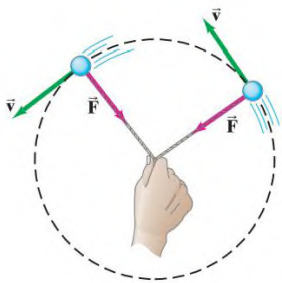
ماذا نستنتج :

القوة الجاذبة المركزية :

هي القوة التي تسبب الحركة الدائرية للكتلة ويكون اتجاهها دائماً نحو مركز الدائرة .

2. أنواع القوة الجاذبة المركزية :

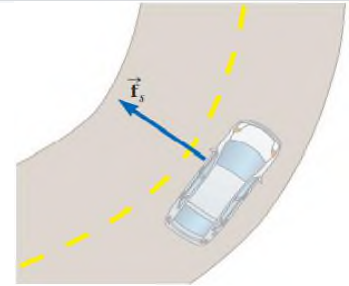
ملاحظة: كل قوة تكون عمودية على المسار الدائري للجسم المتحرك تسمى قوة جاذبة مركزية



قوة الجاذبية الأرضية قوة جاذبة مركزية تجعل القمر يدور حولها في مدار شبه دائري.



قوة التجاذب الكهربائية بين النواة والإلكترونات قوة جاذبة مركزية تجعل الإلكترونات تدور حول النواة.



قوة الاحتكاك بين عجلات السيارة والأرض قوة جاذبة مركزية تمنع السيارة من الانزلاق على المسار الدائري

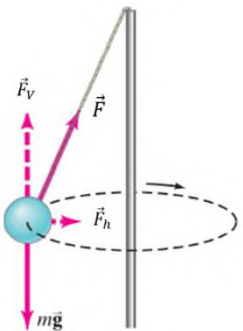
3. مقدار القوة الجاذبة المركزية :

عدد القوى المؤثرة على الكتلة المربوطة بخيط تدور في مسار دائري كما في الشكل المجاور

-2

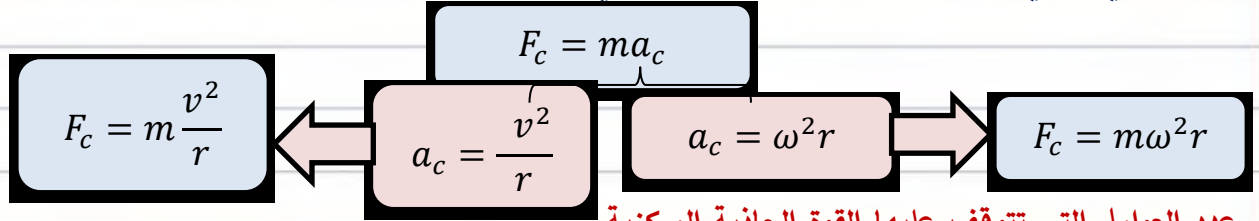
-1

ما هي القوة الجاذبة المركزية ؟



علل المركبة الرأسية لقوة الشد تساوي الوزن

العلاقة التي تعطي القوة الجاذبة المركزية لكتلة مثبتة في نهاية خيط وتتحرك حركة دائرية



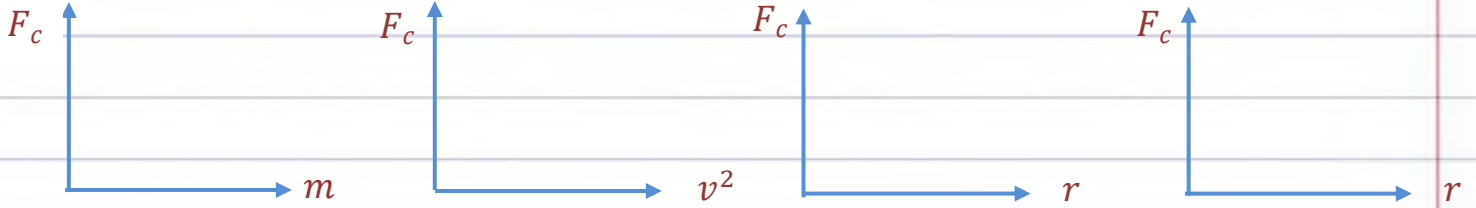
عدد العوامل التي تتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية

-3

-2

-1

ارسم الخطوط أو المنحنيات البيانية التالية المعبرة عن تغير القوة الجاذبة المركزية في الحركة الدائرية بتغير كلا مما يلي



مع كتلة الجسم بثبات باقي العوامل

مع مربع السرعة الخطية بثبات باقي العوامل

مع نصف القطر بثبات السرعة الخطية وكتلة الجسم

مع نصف القطر بثبات السرعة الزاوية وكتلة الجسم

حل التمارين التالية :

1- يتحرك جسم كتلته $(0.2)Kg$ حركة دائرية منتظمة نصف قطر المسار $(50)cm$ بعجلة مركزية مقدارها

$(4)m/s^2$ احسب مقدار القوة الجاذبة المركزية المؤثرة في الجسم

2- يتحرك جسم كتلته $(4)Kg$ حركة دائرية منتظمة نصف قطر المسار $(50)cm$ بسرعة خطية مقدارها

$(10)m/s$ احسب مقدار القوة الجاذبة المركزية المؤثرة في الجسم

3- يتحرك جسم كتلته $(0.1)Kg$ حركة دائرية منتظمة قطر مساره $(0.4)m$ بتردد مقداره $(10)Hz$ احسب مقدار

القوة الجاذبة المركزية المؤثرة في الجسم

حل المسألة التالية : تدور كرة حديدية كتلتها $(0.8)Kg$ مربوطة بخيط طوله $(1.5)m$ في

دائرة أفقية وكانت قوة الشد المؤثرة تساوي $(12)N$ المطلوب احسب

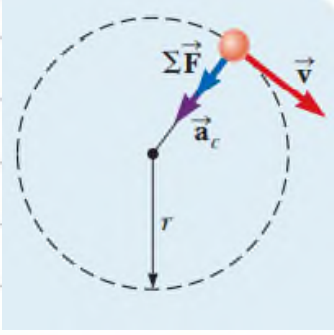
1- سرعة الكرة الخطية

2- السرعة الزاوية للكرة

3- إذا علمت أن الخيط سينقطع إذا كانت قوة الشد عليه $(15)N$ كم يجب ان يكون أقصر طول للخيط يجب استخدامه



سؤال : جسم كتلته (m) يتحرك حركة دائرية منتظمة نصف قطر مسارها (r) بسرعة مقدارها (v)



صف ماذا يحدث لمقدار القوة الجاذبة المركزية في الحالات التالي

1- زدنا مقدار السرعة الخطية للمثلين مع تثبيت نصف القطر

الحدث:

التفسير:

2- زدنا نصف قطر المسار الدائري للمثلين مع تثبيت السرعة الخطية

الحدث :

التفسير:

3- زدنا كلا من مقدار السرعة الخطية للمثلين ونصف القطر للمثلين

الحدث :

التفسير:

4- استبدلنا الجسم بآخر كتلته مثلي كتلة الجسم الأول وحافظنا على نصف قطر المسار الدائري والسرعة الخطية

الحدث :

التفسير:

ملاحظة: تؤدي القوة الجاذبة المركزية الدور الأساسي في عمليات الطرد المركزي.

أعطي تفسيراً علمياً لكل مما يلي

1- لماذا تتحرك الملابس داخل الغسالة الأوتوماتيكية في مسار دائري

2- كيف يخرج الماء من الملابس المبللة في حوض غسالة الأوتوماتيك



حل التمارين التالية :

1- سيارة كتلتها 1500 kg تتحرك بسرعة منتظمة على طريق دائري نصف قطره $m(50)$ أحسب القوة المركزية المؤثرة على السيارة إذا أكملت خمس دورات خلال $s(314)$

2- يطير طيار بطائرته الصغيرة بسرعة $m/s(56.6)$ في مسار دائري نصف قطره $m(188.5)$ احسب كتلة الطائرة إذا علمت أن القوة الجاذبة المركزية اللازمة لإبقائها على مسارها تساوي $N(1.89 \times 10^4)$

3- حتى تستدير طائرة كتلتها $Kg(3000)$ في مسار دائري نصف قطره $m(900)$ تحتاج لتحافظ على حركتها الدائرية إلى قوة جاذبة مركزية مقدارها $N(20000)$ احسب مقدار سرعتها أثناء تحليقها

4- تطبيقات حول القوة الجاذبة المركزية في الحياة العملية :

1.5 الانزلاق على المنعطفات الأفقية :

عدد القوى التي تؤثر على السيارة أثناء دورانها على منعطف دائري أفقي

1- 2- 3-

- لتدور أو تتعطف سيارة كتلتها (m) بأمان على طريق أفقي يجب ان تكون هناك قوة جاذبة مركزية

- القوة التي تسبب دوران السيارة على مسار أفقي هي قوة الاحتكاك

$$f = \mu N$$

معامل الاحتكاك (μ) : هو النسبة بين قوة الاحتكاك (f) وقوة رد الفعل (N)

$$\mu = \frac{f}{N}$$

يُعبّر عنه رياضياً بالعلاقة:

حل التمرين التالي : سيارة كتلتها 1000 kg تتعطف على مسار دائري قطره 100 m على طريق أفقية بسرعة 14 m/s حيثما لزم اعتبر أن $g = 10 \text{ m/s}^2$

هل تستطيع السيارة الالتفاف أم أنها ستزلق في الحالتين التاليتين

1- معامل الاحتكاك بين الطريق والسيارة والطريق جاف $\mu_1 = 0.66$

2- معامل الاحتكاك بين الطريق والسيارة في يوم ماطر $\mu_2 = 0.25$

السيارة تدور

$$f \geq F_c = \frac{mv^2}{r} > f$$

السيارة لا تدور

ماذا نستنتج :

إن أقصى سرعة آمنة يمكن لسيارة أن تتعطف بها بأمان على طريق دائري أفقي تعطى بالعلاقة : $v_{max} = \sqrt{r g \mu}$

السيارة تدور

$$v \leq \sqrt{r g \mu} < v$$

السيارة لا تدور

أعد حل التمرين باستخدام أقصى سرعة آمنة

ما هو شرط السرعة لتدور المركبة

عدد العوامل التي تتوقف عليها أقصى سرعة آمنة لسيارة تتحرك على مسار دائري

1- -2- -3-

ملاحظة : أقصى سرعة آمنة لسيارة تسير على طريق دائري أفقي لا تتوقف على كتلة السيارة

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما

1- تكثر الحوادث في الأيام الممطرة

2- تجعل الطرق خشنة عند المنعطفات الدائرية؟

3- لجميع السيارات السرعة الآمنة ذاتها على المنعطفات الدائرية (بفرض أن معامل الاحتكاك ذاته)

حل المسائل التالية : حيثما لزم اعتبر أن $g = 10 \text{ m/s}^2$

المسألة الأولى: سيارة كتلتها 2000 kg تتعطف على مسار دائري نصف قطره 80 m على طريق أفقية فإذا

علمت ان معامل الاحتكاك بين الطريق وعجلات السيارة يساوي $\mu = (0.6)$

1- قيمة رد فعل الطريق على السيارة

2- أحسب مقدار قوة الاحتكاك

3- كم هي أقصى سرعة آمنة للسيارة بحيث لا تنزلق

4- إذا علمت أن سرعة السيارة عند دخولها للمنعطف كانت 24 m/s

أ- هل ستتوقف السيارة أم ستجنح

ب- كم يجب ان يكون أقل معامل احتكاك بين إطارات السيارة والطريق لتدور أمان

المسألة الثانية: تدخل سيارة كتلتها 1600 kg منعطفا دائريا أفقيا نصف قطره 40 m بسرعة 10 m/s

فإذا كان معامل الاحتكاك (0.36) المطلوب أحسب

1- قيمة قوة الاحتكاك

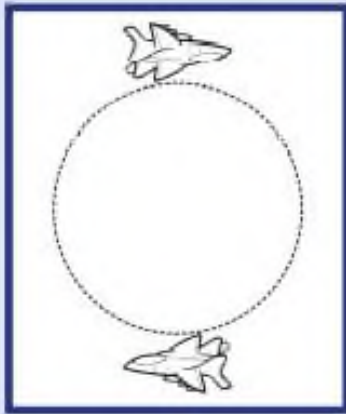
2- القوة الجاذبة المركزية للسيارة وهل ستدور أم تنجح

3- كم قيمة أصغر معامل احتكاك بين إطارات السيارة والطريق لتكون سرعة السيارة هي أقصى سرعة آمنة

مراجعة الدرس 2-2



(شكل 60)



(شكل 61)

أولاً - عند جعل كتلة مثبتة في نهاية خيط تدور في مسار دائري، ما اتجاه القوة المؤثرة على الكتلة؟

ثانياً - سيارة كتلتها 1000 kg تتحرك على مسار دائري نصف قطره يساوي 32.5 m (شكل 60). إذا كان مقدار القوة الجاذبة المركزية على السيارة 2500 N ، أحسب السرعة المماسية للسيارة.

ثالثاً - يجلس ولد كتلته 25 kg على بعد 1.1 m من محور دوران الأرجوحة الدوارة التي تتحرك بسرعة 1.25 m/s .

(أ) أحسب العجلة المركزية للولد.

(ب) أحسب محصلة القوى الأفقية التي تؤثر على الولد.

رابعاً - ما هي السرعة القصوى التي يمكن أن يقود بها السائق سيارته التي كتلتها 1500 kg بحيث يستطيع أن ينعطف على مسار دائري نصف قطره 70 m على طريق أفقية، علماً أن معامل الاحتكاك السكوني بين العجلات والطريق يساوي 0.8 ؟

خامساً - أحسب مقدار القوة الجاذبة المركزية التي تحتاجها طائرة كتلتها 4000 kg أثناء تحليقها بسرعة 50 m/s على مسار دائري قطره 360 m لتحافظ على حركتها الدائرية على هذا المسار (شكل 61).

سابعاً - سيارة كتلتها 1350 kg تنعطف بسرعة 50 km/h على مسار دائري أفقي قطره 400 m .

(أ) أحسب العجلة المركزية للسيارة.

(ب) أحسب مقدار القوة الجاذبة المركزية.

(ج) ما هو مقدار أصغر معامل الاحتكاك بين العجلات والطريق، والذي يسمح للسيارة بالالتفاف بدون انزلاق؟

تحقق من فهمك

- ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام العبارة الصحيحة في كلِّ مما يلي:
1. تتحرك كتلة نقطية على مسار دائري نصف قطره يساوي $m(25)$ بزاوية 30° ، فإنَّ المسافة التي تقطعها الكتلة على المسار بوحدة (m) تساوي:

☐ (7.5)	☐ (13)
☐ (750)	☐ (1.2)
 2. الإزاحة الزاوية التي تقطعها كتلة نقطية عندما تتحرك على مسار دائري نصف قطره $m(100)$ مسافة $m(157)$ تساوي:

☐ 60°	☐ 1.57°
☐ 30°	☐ 90°
 3. تسير سيارة كتلتها $kg(1000)$ على مسار دائري قطره $m(300)$ بسرعة خطية ثابتة المقدار تساوي $m/s(25)$ ، فإنَّ الزمن الذي تحتاجه السيارة لتكمل دورة كاملة بوحدة (s) يساوي:

☐ (37.68)	☐ (1.04)
☐ (18.84)	☐ (25.12)
 4. القوة الجاذبة المركزية التي تحفظ السيارة على مسارها الدائري في السؤال السابق بوحدة (N) تساوي:

☐ (830)	☐ (83.3)
☐ (4166.6)	☐ (3802)

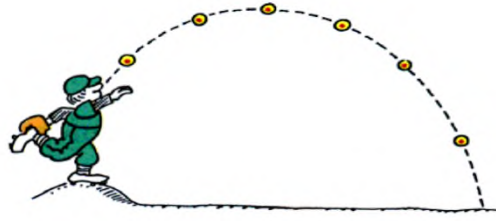
تحقق من معلوماتك

- أجب عن الأسئلة التالية:
1. هل دوران الطفل الجالس على الخيل في لعبة دَوَّارة الخيل هو دوران محوري أم دوران مداري؟ علِّل إجابتك.
 2. يتحرك قطار على قضيبين. أيّ قضيب يكون أكبر عند مسار منحنٍ، القضيب الداخلي أم الخارجي؟ اشرح.

تحقق من مهاراتك

حل المسائل التالية:

1. كتلة صغيرة موجودة عند منتصف المسافة بين محور قرص مدمج وحافته . ماذا سيحدث لسرعة النقطة الخطية:
(أ) إذا تضاعفت السرعة الزاوية؟
(ب) إذا وجدت النقطة عند حافة القرص المدمج؟
(ج) إذا تضاعفت السرعة الزاوية ووجدت النقطة عند حافة القرص المدمج؟
2. تدور كرة حديدية كتلتها 1 kg مربوطة بحبل طوله 2 m في دائرة أفقية بسرعة تساوي 2 m/s . أحسب:
(أ) قوة الشد التي تحدثها الكرة على الحبل .
(ب) إذا علمت أن الحبل قد ينقطع إذا كانت قوة الشد عليه تساوي 1.8 N . كم يساوي طول الحبل الأقصر الذي يمكن استخدامه؟
4. أحسب عدد دورات عجلة دراجة قطرها 70 cm عندما تقطع الدراجة مسافة 22 m .



سؤال : من خلال التدقيق بالشكل المجاور صف حركة الكرة

الوصف:

سؤال : من خلال التدقيق بالشكل المجاور صف حركة مضرب البيسبول

الوصف:



ماذا نستنتج: تعتبر حركة المضرب حركة مركبة من محصلة حركتين

أ- حركة دورانية لجميع نقاط المضرب حول نقطة تسمى مركز ثقل المضرب

ب- حركة انتقالية في الهواء يبدو فيه ثقل المضرب مركز في هذه النقطة (مركز الثقل)

1. تعريف مركز الثقل

ثقل الجسم : هو القوة التي يخضع لها الجسم بسبب جذب الأرض له

أما مركز ثقل الجسم

1- هو نقطة تأثير محصلة القوى المؤثرة على كل جزء من أجزاء الجسم

2- هو نقطة تأثير ثقل الجسم

3- هو نقطة توازن الجسم

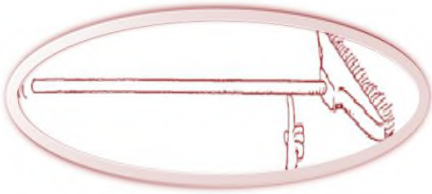
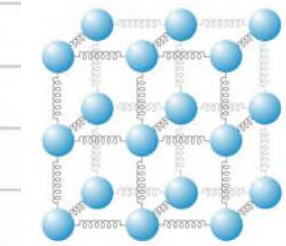
سؤال : ماذا يحدث عندما نطبق قوة على الجسم في مركز

ثقله بحيث تكون معاكسة لقوة ثقله بالاتجاه ومساوية لها بالمقدار

الحدث:

التفسير:

مركز ثقل الجسم : النقطة التي تقع عند الموضع المتوسط لثقل الجسم الصلب المتجانس



مركز ثقل أجسام
تتكون من أكثر من مادة

مثال

مطرقة



مواد مختلفة
الكثافة

مركز ثقل الأجسام متماثلة التكوين

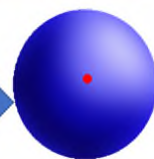
غير منتظمة الشكل

منتظمة الشكل

مثال

مضرب كرة القاعدة

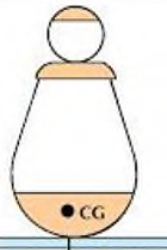
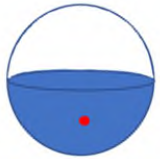
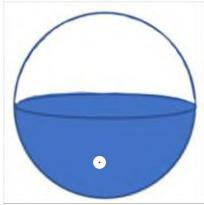
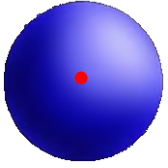
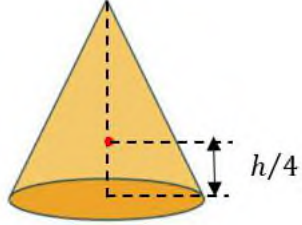
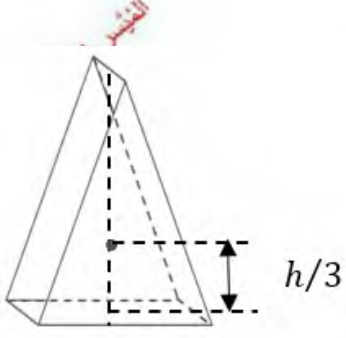
كرة القاعدة



يكون أقرب إلى الجزء الأثقل

يقع عند المركز الهندسي

يكون أقرب إلى الجزء الأثقل



سؤال : حدد موضع مركز ثقل الأجسام التالية مفسرا ذلك

1- قطعة رخامية مثلثة الشكل

موقع مركز الثقل:

التفسير :

2- مخروط مصمت

موقع مركز الثقل:

التفسير :

3- كرة مصمتة

موقع مركز الثقل : في المركز الهندسي

التفسير :

4- مضرب كرة القاعدة

موقع مركز الثقل :

التفسير :

5- مطرقة

موقع مركز الثقل :

التفسير :

6- كرة ملئت حتى منتصفها بالرصاص

موقع مركز الثقل :

التفسير :

سؤال : لديك كرة مجوفة ملئت حتى منتصفها بمعادن الرصاص

1- ماذا يحدث عندما تهتز

الحدث :

التفسير :

2- إذا جعلنا هذه الكرة على شكل لعبة مهرج ماذا نلاحظ عند ازاحتها عن الوضع العمودي

الملاحظة:

2. مسار مركز ثقل الجسم

ماذا نلاحظ عندما نرمي مفتاح إنكليزي على سطح أفقي أملس ونصور لقطات متتابعة من الأعلى

نلاحظ أن : المفتاح ينزلق أثناء دورانه على نفسه ونقطة واحدة

منه هي مركز الثقل تتحرك بخط مستقيم وبسرعة ثابتة وباقي

أجزاء الجسم تتحرك حركة دورانية حول مركز الثقل



علل مركز ثقل الجسم المتحرك على نضد(مضمار) هوائي يقطع مسافات متساوية خلال أزمنة متساوية

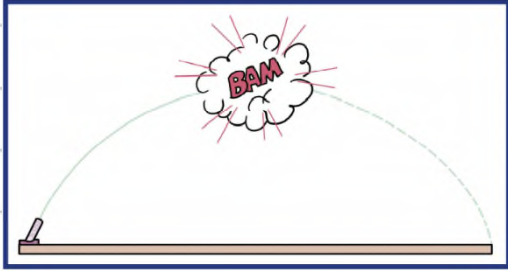
قارن بين مركز ثقل جسم غير متجانس وباقي أجزاء الجسم من حيث :

وجه المقارنة	مركز الثقل	باقي أجزاء الجسم
الحركة		
المسار		

قارن بين رمي جسم غير متجانس في الهواء و على سطح أفقي أملس من حيث :

وجه المقارنة	حركة مركز الثقل	حركة باقي أجزاء الجسم
انزلاق مفتاح إنكليزي على سطح أفقي أملس		
رمي مفتاح إنكليزي في الهواء		

سؤال: صف حركة مركز ثقل مقذوف قبل الانفجار وبعده



علل تسلك مركز ثقل الألعاب النارية الصاروخية مساراً منتظماً على شكل قطع مكافئ قبل الانفجار وبعده وبإهمال مقاومة الهواء فإن الشظايا تحتفظ بمركز الثقل نفسه كما لو أن الانفجار لم يحدث

مراجعة الدرس 3-1

- أولاً - عرّف مركز الثقل لجسم .
- ثانياً - لماذا لا يقع مركز ثقل مضرب كرة القاعدة على نقطة الوسط للمضرب؟
- ثالثاً - ما الجزء من الجسم الذي سيتبع مسار قطع مكافئ عند دوران الجسم في الهواء أو سيتبع خطاً مستقيماً أثناء انزلاق الجسم على سطح أملس؟
- رابعاً - هل ينطبق مركز الثقل دائماً على المركز الهندسي للجسم؟ أعط أمثلة تعلّل إجاباتك .
- خامساً - صف حركة مركز ثقل مقذوف قبل انفجاره في الهواء وبعده .

1. تعريف مركز الكتلة

مركز الكتلة : هو الموضع المتوسط لكل كتل جميع الجزيئات التي يتكون منها الجسم

2. الفرق بين مركز الكتلة ومركز الثقل

مركز الكتلة و مركز الثقل مفهومان يمكن استخدام احدهما مكان الآخر في الأجسام الصغيرة والقريبة من سطح الأرض ولا يمكن في الأجسام الكبيرة

علل لما يأتي تعليلا علميا سليما

1. يكون هناك فرق بسيط بين مركز الكتلة ومركز الثقل في الأجسام الكبيرة جدا والمباني العالية

2. مركز ثقل المركز التجاري العالمي والذي يبلغ ارتفاعه (541) سيكون أسفل مركز كتلته

3. يمكن استخدام أي من المصطلحين مركز الثقل أو مركز الكتلة كلا مكان الآخر في تعاملاتنا حتى مع المباني العالية



الأجسام الغير متجانسة

مركز الكتلة أقرب إلى المنطقة التي تحوي كتلة أكبر



مطرقة حديدية

الأجسام المتجانسة: التي تتوزع كتلتها بشكل متجانس ولا تتغير كثافتها من نقطة لأخرى
مركز الكتلة يقع عند المركز الهندسي

إذا كان الجسم مفرغ



حلقة دائرية

نقطة خارج الجسم

إذا كان الجسم ممتلئا



قرص مصمت

نقطة مادية من الجسم

مثال

1- قرص مصمت

موقع مركز الكتلة

التفسير :

2- حلقة مفرغة :

موقع مركز الكتلة :

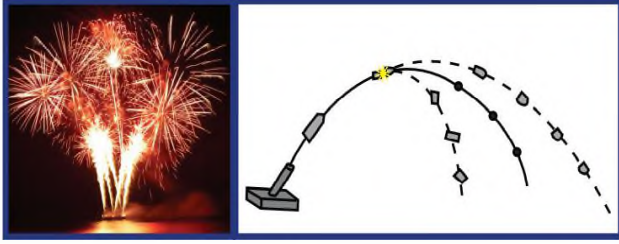
التفسير :



قارن بين مركز كتلة كرة مجوفة وكرة مصمتة من حيث :

وجه المقارنة	كرة مجوفة	كرة مصمتة
مركز الكتلة نقطة مادية من الجسم		

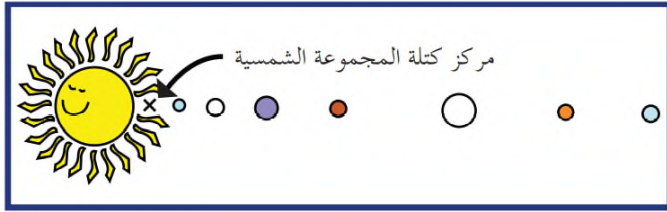
صف شكل مسار مركز كتلة الألعاب النارية قبل الانفجار وبعده



كيف ستتحرك الشظايا بعد الانفجار

3. مركز الكتلة وتأرجح النجوم

1. لا تدور كواكب المجموعة الشمسية حول مركز الشمس، بل حول مركز كتلة المجموعة الشمسية
2. مركز كتلة المجموعة الشمسية ينطبق تقريباً على مركز الشمس عندما تكون الكواكب مبعثرة في جميع الاتجاهات
3. إذا اصطفت جميع الكواكب على خط مستقيم من جانب واحد



بالنسبة للشمس فعندها سيبتعد مركز كتلة المجموعة الشمسية مسافة (800) ألف كيلو متر عن سطح الشمس وعن مركز الشمس (1.5) مليون كيلو متر

ما هو الاستنتاج الذي توصل إليه العلماء أثناء مراقبتهم للنجوم أنها تتأرجح في الفراغ حول مركز كتلتها

فسر فيزيائياً تبدو حركة الدوران للمراقب البعيد على شكل تأرجح بسيط للشمس بين نقطتين

مراجعة الدرس 2-3

أولاً - عرّف مركز الكتلة .

ثانياً - متى ينطبق مركز كتلة الجسم مع مركز الثقل؟

ثالثاً - عند دراسة مركز الكتلة لأجسام مختلفة، يتبين لنا أنّ مركز الكتلة في بعض الأجسام يكون نقطة مادية موجودة على الجسم، ويكون في أجسام أخرى نقطة غير موجودة على الجسم. أعط أمثلة توضّح فيها الحاليتين.

رابعاً - في بعض الحالات لا ينطبق مركز الثقل مع مركز الكتلة. أعط مثالاً توضّح فيه هذه الحالة وشرح السبب في ذلك.

خامساً - يلاحظ علماء الفلك أثناء مراقبتهم للنجوم أنها تتأرجح في الفراغ حول مركز كتلتها. ما هو الاستنتاج الذي توصل إليه العلماء من خلال هذا التأرجح؟

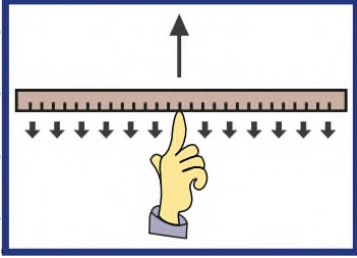
تحديد موضع مركز الكتلة أو مركز الثقل

Determining the Position of the Center of Mass or Center of Gravity

1. مركز ثقل وتوازن الجسم

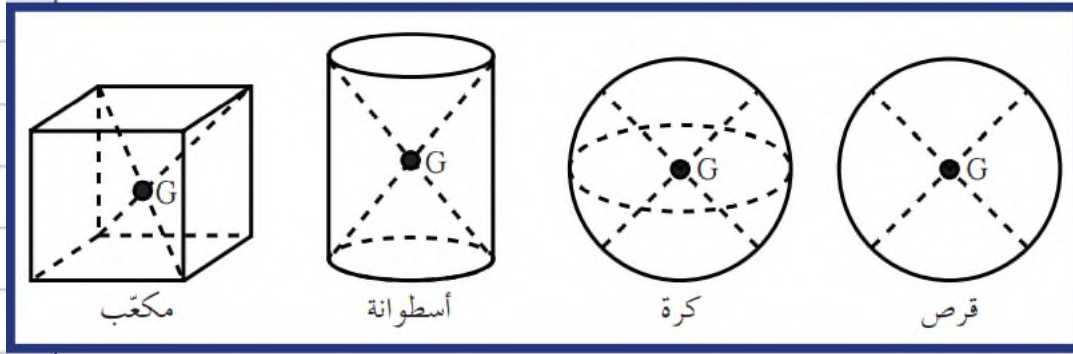
- ❖ نقطة توازن الجسم هي نقطة مركز الثقل المادية الموجودة على الجسم.
- ❖ مركز الثقل لجسم ما هو نقطة ارتكاز محصلة قوى الجاذبية المؤثرة على الجسم.

فسر سبب اتزان المسطرة الموضحة بالشكل المجاور



2. مركز ثقل الأجسام منتظمة الشكل

في الأجسام المنتظمة يكون مركز الثقل أو مركز الكتلة منطبقا على مركزه الهندسي مثل (مسطرة - الكرة - المكعب - الأسطوانة متوازي مستطيلات)



مركز ثقل الجسم المنتظم

نقطة ليست مادية تقع خارج الجسم
إذا كان الجسم مفرغا

مثال

حلقة دائرية - كرة مفرغة



نقطة مادية داخل الجسم
إذا كان الجسم ممتلئا وغير مفرغ

مثال

القرص - مسطرة



3. مركز ثقل الأجسام غير المنتظمة

مركز ثقل الجسم غير المنتظم

نقطة ليست مادية تقع خارج الجسم
إذا كان الجسم مفراغا

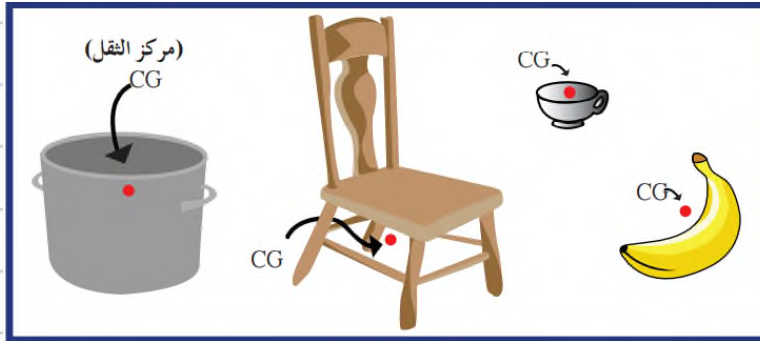
مثال

فنجان

قد تكون نقطة مادية داخل الجسم أو خارجه إذا
كان الجسم ممتلئا وغير مفرغ

مثال

مضرب الكرة - موزة



4. حساب موقع مركز كتلة جسمين نقطيين

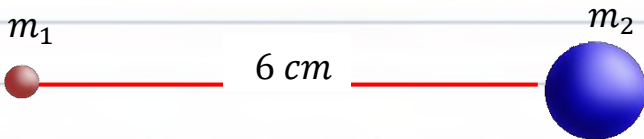
نأخذ كتلتين نقطيتين (m_1, m_2) على المحور السيني كما في الشكل المجاور

ونعوض احداثيات الكتلتين في العلاقة التالية

$$x_{cm} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

حل المسألة التالية :

ا $m_1 = (2) Kg$ و $m_2 = (8) Kg$ كتلتان نقطيتان على محور السينات تبعدان الواحدة عن الأخرى $(6) cm$ احسب أين يقع مركز كتلة الجسمين



5. مركز كتلة عدة كتل موجودة في مستوى واحد

لنأخذ مجموعة من الكتل النقطية ($m_1, m_2, m_3, m_4, \dots$)محدد موضعها في المستوي بمتجهات الموقع التالي ($\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \vec{r}_4, \dots$)

ونستخدم العلاقات التالية لتحديد مركز الكتلة

1- متجه مركز الكتلة

$$\vec{R}_{cm} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

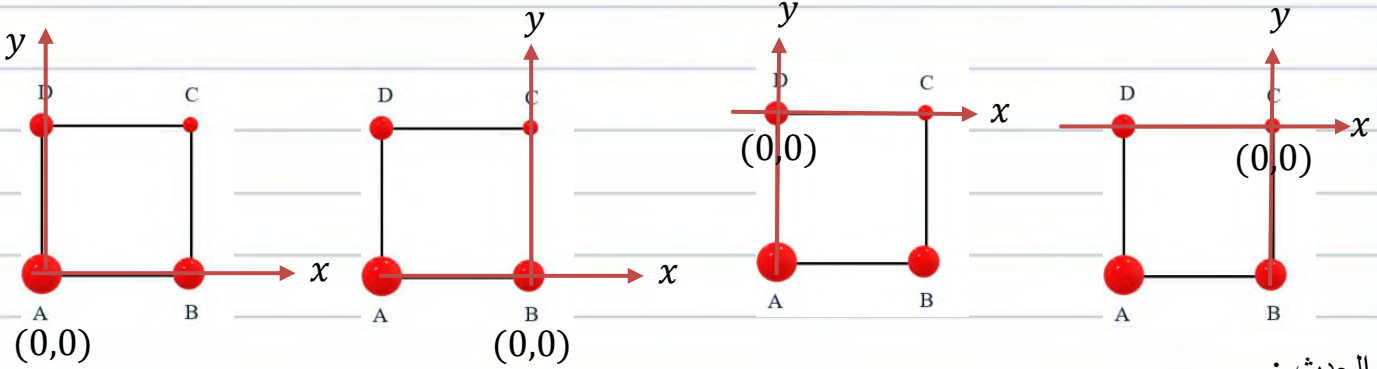
$$x_{cm} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

$$y_{cm} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2}{m_1 + m_2}$$

2- يمكن حساب مركبات مركز الكتلة

سؤال : لديك نظام مؤلف من أربع كتل مختلفة تم توزيعها على رؤوس مربع ماذا يحدث لموقع مركز الكتلة

1- إذا غيرنا اختيار محاور الإحداثيات كما في الشكل :



الحدث :

التفسير :

1- إذا غيرنا توزيع الكتل كما في الشكل المجاور :

2- الحدث :

3- التفسير :

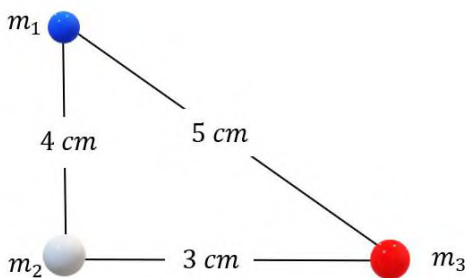
نستنتج أن :

موقع مركز الكتلة لا يعتمد على طريقة اختيار محاور الإحداثيات، بل على توزيع الجسيمات المؤلفة للنظام

حل المسائل التالية:

المسألة الأولى: وضعت ثلاث كتل نقطية ($m_1 = 2 \text{ Kg}, m_2 = 3 \text{ Kg}, m_3 = 5 \text{ Kg}$)

على رؤوس مثلث قائم الزاوية المبين على الشكل المجاور أحسب أين يقع مركز كتلة النظام

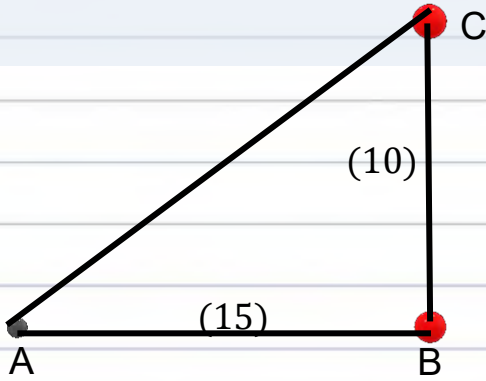


المسألة الثانية: وضعت ثلاث كرات كتلة كل منها

$m_A = 2 \text{ Kg}$ و $m_B = 3 \text{ Kg}$ و $m_C = 5 \text{ Kg}$ على رؤوس

مثلث قائم الزاوية كما في الشكل المجاور المطلوب أوجد إحداثيات

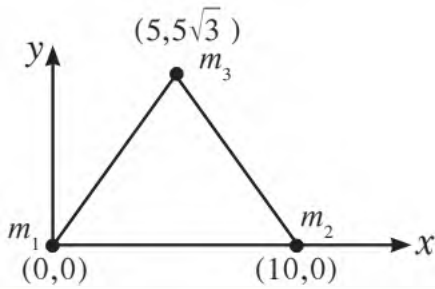
مركز كتلة النظام



المسألة الثالثة: أوجد موضع مركز كتلة ثلاث كتل $m_1 = (1) \text{ Kg}$

و $m_2 = (2) \text{ Kg}$ و $m_3 = (3) \text{ Kg}$ موضوعة على رؤوس مثلث

متساوي الأضلاع طول ضلعه $(10) \text{ cm}$



مراجعة الدرس 3-3

أولاً - أذكر مثالاً لجسم يكون مركز ثقله عند نقطة لا تحتوي على أي مادة.

ثانياً - هل يمكن وجود أكثر من مركز ثقل لجسم واحد؟ علّل إجابتك.

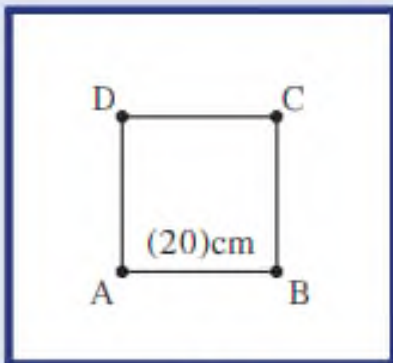
ثالثاً - كيف يمكن تعيين موضع مركز الكتلة لجسم غير منتظم الشكل؟

خامساً - أحسب موضع مركز الكتلة لنظام مؤلف من أربع كتل:

$m_A = (1) \text{ kg}$ و $m_B = (2) \text{ kg}$ و $m_C = (3) \text{ kg}$ و $m_D = (4) \text{ kg}$ ، موزعة

على أطراف مربع طول ضلعه $(20) \text{ cm}$ ومهمل الكتلة كما في الشكل

(95).



(شكل 95)

تحقق من فهمك

ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام العبارة الصحيحة في كلِّ مما يلي:

1. كتلتان نقطيتان $m_1 = (500)g$ و $m_2 = (100)g$ تبعدان الواحدة عن الأخرى $(30)cm$. فإنَّ

موضع مركز الكتلة يقع:

☐ بين m_1 و m_2 ، والأقرب إلى m_1 داخل القطعة بينهما.

☐ عند متوسط المسافة بين m_1 و m_2 .

☐ بين m_1 و m_2 ، والأقرب إلى m_2 داخل القطعة بينهما.

☐ على الخطِّ الحامل للكتلتين لجهة m_1 وخارج القطعة بينهما.

2. موقع مركز الكتلة لكتلتين m_A و m_B يبعدان الواحدة عن الأخرى L ، وحيث $m_A > m_B$ يُحدَّد بالنسبة إلى نقطة إسناد على الكتلة A بالعلاقة:

$$x_{CG} = \frac{L m_A}{m_B} \quad \square$$

$$x_{CG} = \frac{L m_B}{m_A} \quad \square$$

$$x_{CG} = \frac{L m_A}{m_A + m_B} \quad \square$$

$$x_{CG} = \frac{L m_B}{m_A + m_B} \quad \square$$

تحقق من مهاراتك

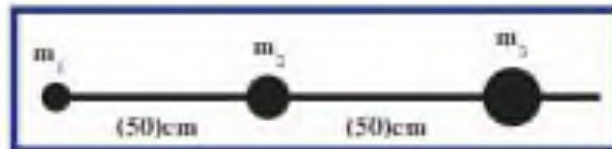
حل المسائل التالية:

1. كتلتان نقطيتان $m_1 = (200)g$ و $m_2 = (400)g$ موضوعتان على محور السينات، وتبعدان

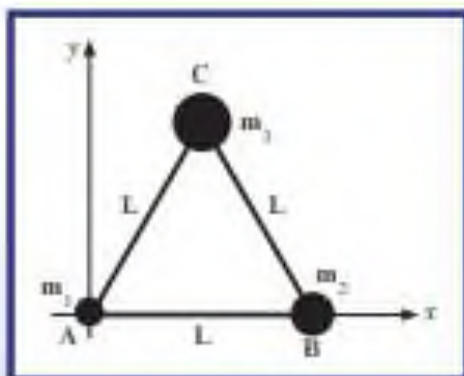
الواحدة عن الأخرى $(50)cm$. احسب أين يقع مركز كتلة الجسمين؟

2. ثلاث كتل نقطية $m_1 = (10)g$ و $m_2 = (20)g$ و $m_3 = (30)g$. أحسب أين يقع مركز الكتلة.

(أ) إذا وُضعت على خطٍّ مستقيم، وتبعد الواحدة عن الأخرى $(50)cm$ كما في الشكل (126).



(شكل 126)



(شكل 127)

(ب) إذا وُضعت على رؤوس مثلث متساو الأضلاع،

طول ضلعه L ، بحيث نضع m_1 على الرأس A و m_2

على الرأس B و m_3 على الرأس C ، علماً بأنَّ A هي

نقطة ارتكاز المحورين المتعامدين Ax و Ay

(شكل 127).