2021

الواضح في الفيزياء

تفوقكم هدفنا
و
نجاحكم غايتنا

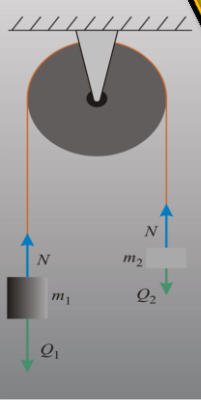
إعداد الاستاذ

مهدي أحمد الشمري

مدرس الفيزياء في

ثانوية الدير للبنين

07712006137

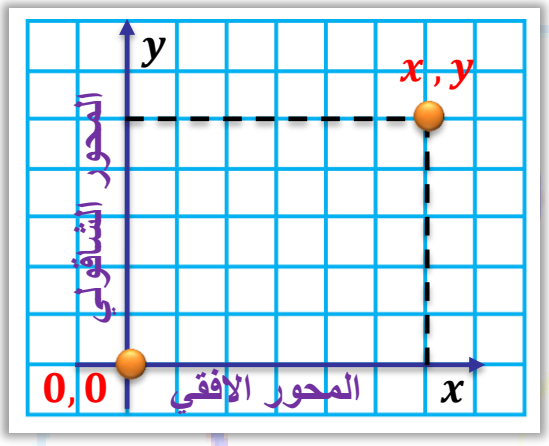


ملزمة فيزياء
للصف الخامس علمي
الفرع التطبيقي

1-1 انظمة الاحداثيات

لتحديد موقع جسم ما سواء ساكناً او متحركاً نستعين بما يعرف بأنظمة الاحداثيات , وهي على نوعين :

a) الاحداثيات الكارتيزية :- تتكون هذه الاحداثيات من محورين هما :



المحور الافقي (x). المحور الشاقولي (y).

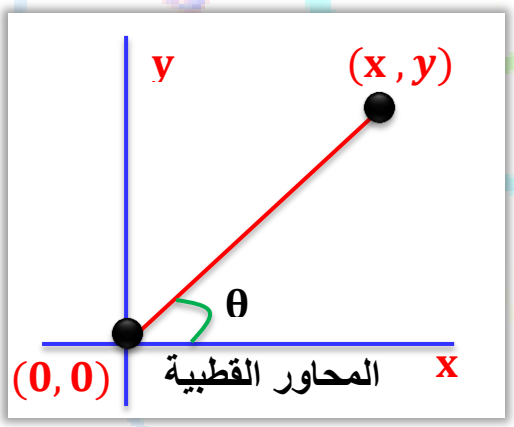
ونعبر عن اي نقطة تقع على هذه المحاور بالزوج المرتب (x, y).

ويكون هذين المحورين متعامدين ومتقاطعين عند نقطة الاصل $(0, 0)$.

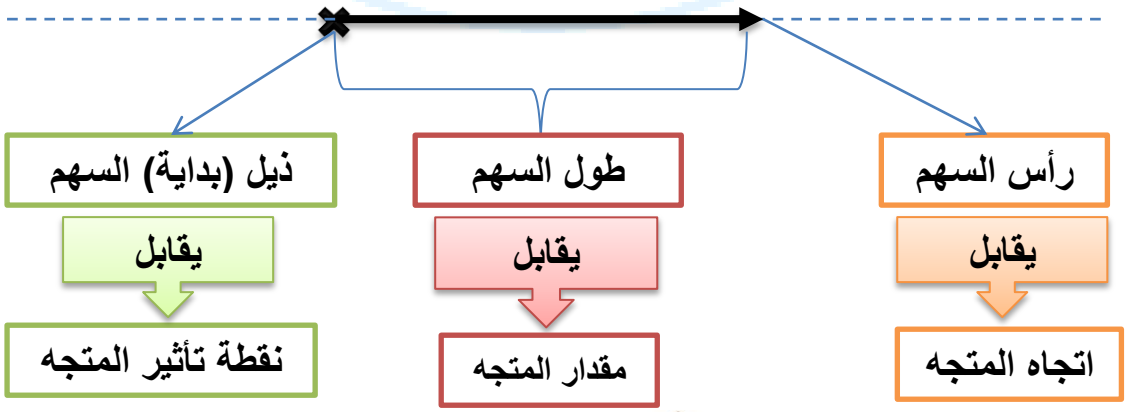
b) الاحداثيات القطبية : ويعبر عن المحاور القطبية لنقطة بالزوج المرتب (r, θ) حيث :

(r) : هو البعد بين نقطة الاصل والنقطة $(0, 0)$ الى النقطة (x, y) في المحاور الكارتيزية.

(θ) : الزاوية المحصورة بين (r) والمحور الافقي (x).

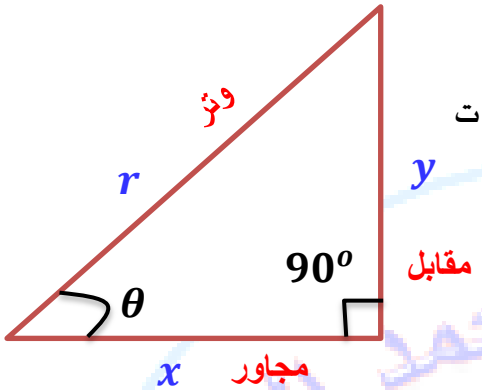


الخلاصة يمكن تمثيل المتجه بسهم



2-1 العلاقة بين الاحداثيات القطبية والكارتيزية

العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية (x, y) والاحداثيات القطبية (r, θ) يمكن ان ملاحظتها في المثلث الموضح في الشكل .



اولاً : لتحويل النقطة من الاحداثيات القطبية (r, θ) الى الاحداثيات الى الاحداثيات الكارتيزية (x, y) نستخدم العلاقات التالية :

$$\cos\theta = \frac{x}{r} \qquad \sin\theta = \frac{y}{r}$$

$$x = r\cos\theta \qquad y = r\sin\theta$$

ثانياً : لتحويل النقطة من الاحداثيات الكارتيزية (x, y) الى الاحداثيات القطبية (r, θ) نستخدم العلاقات التالية :

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

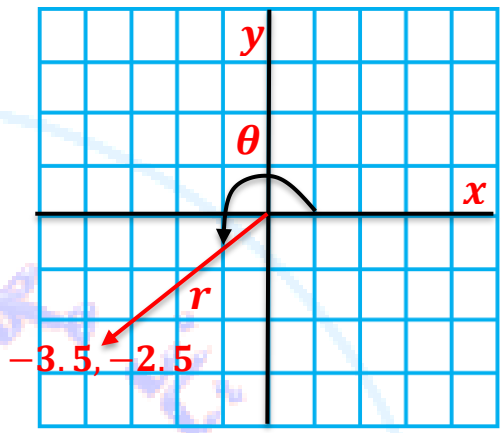
حسب نظرية فيثاغورس

لإيجاد الزاوية (θ) المحصورة بين البعد (r) والمحور (x) نستخدم $(\tan\theta)$ وكما يلي :

$$\tan\theta = \frac{y}{x} \quad or \quad \theta = \tan^{-1}\frac{y}{x}$$

مثال 1

اذا كانت المحاور الكارتيزية لنقطة تقع في المستوي (x, y) هي $(-3.5\ ,\ -2.5)$ كما موضح في الشكل , عين المحاور القطبية علماً ان $(tan35.53^o)$.



$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-3.5)^2 + (-2.5)^2}$$

$$r = \sqrt{12.25 + 6.25} = 4.3\ m$$

$$\tan\theta = \frac{x}{y} = \frac{-2.5}{-3.5} = 0.714$$

$$\theta = 35.53^o$$

∵ (θ) تقع في الربع الثالث

$$\therefore\ \theta = 180^o + 35.53^o = 215.53^o$$

المحاور القطبية لها (r, θ) تساوي $(4.3, 215.53^o)$.

س/ حول النقطة $(4, 3)$ الى الصورة القطبية ؟

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

$$r = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5\ units$$

$$\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore\ \theta = 37^o$$

س/ حول النقطة $(4, 30^o)$ الى الاحداثيات الكارتيزية ؟

$$x = r\ cos\theta = 4 \times cos30^o$$

$$x = 4 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}$$

$$y = r\ sin\theta = 4 \times sin30^o$$

$$y = 4 \times 0.5 = 2$$

الاحداثيات الكارتيزية هي $(2, 2\sqrt{3})$.

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

س/ حول النقطة $(2, 60^o)$ الى الصورة الكارتيزية ؟

س/ حول النقطة $(2\sqrt{3}, 150^o)$ الى الصورة الكارتيزية .

س/ حول النقطة $(1, \sqrt{3})$ الى الصورة القطبية.

س/ حول النقطة $(-1, 1)$ الى الصورة القطبية.

3-1 الكميات القياسية والكميات المتجهة

الكميات القياسية (المقدارية) : هي الكميات التي يمكن تحديدها بمعرفة مقدارها ووحدة قياسها مثل الكتلة والوزن والطول ودرجة الحرارة وغيرها.

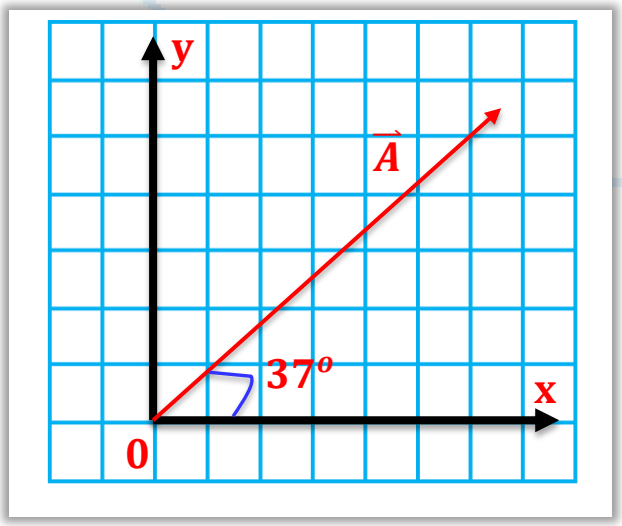
الكميات الاتجاهية : وهي الكميات التي يمكن تحديدها بمعرفة مقدارها و اتجاهها ووحدة قياسها مثل القوة والسرعة والتعجيل وغيرها.

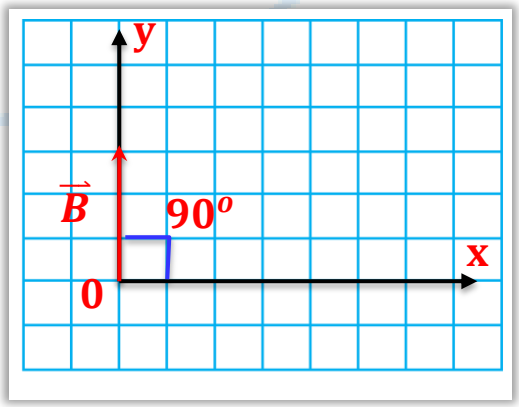
ملاحظة / نعبر عن الكمية الاتجاهية برمز فوقه سهم صغير للدلالة على كونها كمية اتجاهية فنرمز للمتجه (A) بالرمز $(\vec{A})$ ونرمز للقوة بالرمز $(\vec{F})$ وهكذا اما مقدار المتجه (A) فنرمز له بالرمز $|A|$ او (A) والقيمة المطلقة تعني ان مقدار المتجه كمية قياسية دائماً موجبة.

سؤال ما هي صفات السهم الذي يمثل الكميات الاتجاهية ؟

الجواب 1) طول السهم لمقياس معين يمثل الكمية الاتجاهية. 2) اتجاه السهم يشير الى اتجاه الكمية الاتجاهية. 3) بداية السهم هي نقطة تأثير الكمية الاتجاهية.

مثال مثل بالرسم المتجه $(\vec{A})$ والذي مقداره (10) وحدات ويتجه (37^o) مع الاتجاه الموجب للمحور (x) ويؤثر في نقطة الاصل , والمتجه $(\vec{B})$ والذي مقداره (3) وحدات وزاوية قياسه (90^o) مع المحور (y) ويؤثر في نقطة الاصل.





سؤال

صنف الكميات التالية الى متجهة وقياسية , معبراً عنها باستعمال رمز مناسب لها ((المسافة , القوة , التيار الكهربائي , التعجيل , المجال الكهربائي , الزمن , الشحنة الكهربائية)) .

الجواب

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	نوع الكمية
المسافة	$d \ or \ \vec{x}$	كمية مقدارية
القوة	$\vec{F}$	كمية اتجاهية
التيار الكهربائي	I	كمية مقدارية
التعجيل	$\vec{a}$	كمية اتجاهية
المجال الكهربائي	$\vec{E}$	كمية اتجاهية
الزمن	t	كمية مقدارية
الشحنة الكهربائية	q	كمية مقدارية

مثال كتاب 2

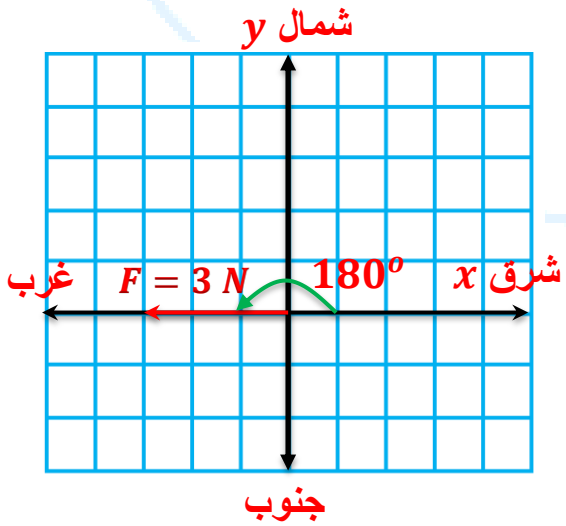
عبر عن الكميات المتجهة الاتية رياضياً وبيانياً :-

1) القوة $(\vec{F})$ مقدارها $(3\ N)$ تؤثر في جسم باتجاه الغرب.

2) جسم سرعته $(\vec{v})$ مقدارها $(5\ m/s)$ باتجاه يصنع زاوية قياسها (37^o) غرب الشمال.

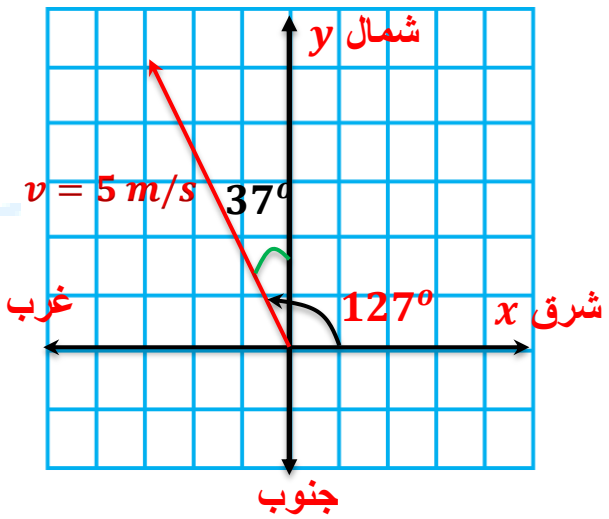
1) $F = 3\ N \quad or \ |\vec{F}| = 3\ \text{N}$

$\theta = 180^o$



2) $v = 5\dfrac{m}{s} \quad or \ |\vec{v}| = 5\ \text{m/s}$

$\theta = 37^o + 90^o = 127^o$



سؤال

قارن بين الكميات الاتجاهية والكميات القياسية ؟

الجواب

ت	الكميات الاتجاهية	الكميات القياسية (المقدارية)
1	لها مقدار و اتجاه.	لها مقدار فقط وليس لها اتجاه.
2	لا تخضع الى قاعدة الجمع الجبري و انما تخضع الى جبر المتجهات.	تخضع الى قاعدة الجمع الجبري.
3	يرمز لها برمز فوقه سهم دلالة على الاتجاه.	يرمز لها برمز من غير سهم.
4	مثل الازاحة والسرعة والتعجيل والقوة.	مثل الكتلة والمسافة والزمن والشحنة.

سؤال

لماذا لا تخضع الكميات الاتجاهية الى قاعدة الجمع الجبري كما هو الحال بالكميات القياسية ؟

الجواب

لان للكمية الاتجاهية مقداراً و اتجاهاً بخلاف الكمية القياسية التي لها مقدار فقط وليس لها اتجاه .

سؤال

ما هي خصائص المتجهات ؟

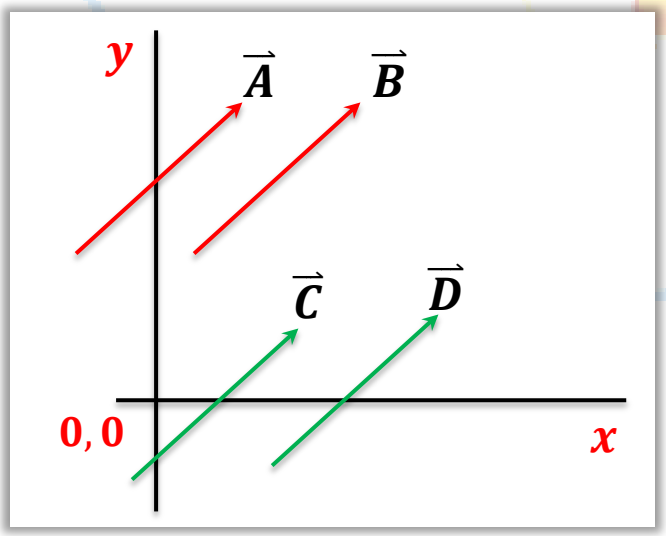
الجواب

1) التساوي. 2) سالب المتجه. 3) ضرب المتجه بكمية مقدارية (قياسية).

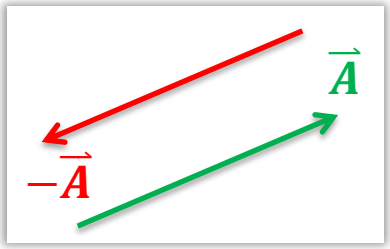
1) تساوي المتجه : يقال عن متجهين بأنهما متساويان اذا كان لهما نفس المقدار والاتجاه نفسه بغض النظر عن نقطة بداية كل منهما .

من الشكل المجاور فأن : $(\vec{A} = \vec{B} = \vec{C} = \vec{D})$.

وهي متجهات متساوية.



2) سالب المتجه : هو متجه يساوي المتجه الاصلي بالمقدار ويعاكسه بالاتجاه (الاشارة) اي ان المتجه وسالب المتجه يكونان متساويان بالمقدار مختلفان بالاتجاه.



مثل سالب المتجه $(\vec{A})$ يساوي المتجه $(\vec{A})$ بالمقدار ويعاكسه بالاتجاه ويمثل بالمتجه $(\vec{A})$.

3) ضرب المتجه بكمية قياسية (مقدارية) : عند ضرب أي متجه بكمية قياسية ينتج متجه اخر يمتلك مقداراً جديداً ولكنه يبقى محافظاً على اتجاهه مثل قانون نيوتن الثاني $(\vec{F} = m\vec{a})$ او علاقة القوة الكهربائية بالمجال الكهربائي $(\vec{F} = q\vec{E})$.

سؤال ماذا ينتج من ضرب متجه بكمية مقدارية (قياسية) ؟

الجواب ينتج متجه له مقدار جديد ولكنه يبقى محافظاً على الاتجاه نفسه.

سؤال لماذا يكون المتجه المحصل لجمع متجه مع سالب المتجه نفسه يساوي صفر؟

الجواب لان المتجهين متساويين بالمقدار ومختلفين بالاتجاه (بالإشارة) لذلك فان حاصل جمعهما يساوي صفر.

ملاحظات /

1) يجب ان نعلم ان أي متجهين متوازيين اما ان يكونان موجبان معاً او سالبان معا (عندما يكونان باتجاه واحد) او يكون احداهما موجب والاخر سالب عندما يكونان باتجاهين متعاكسين.

2) تكون الزاوية (θ) موجبة عندما يكون الدوران بعكس اتجاه عقارب الساعة وتكون سالبة عندما يكون الدوران باتجاه عقارب الساعة.

3) اي متجه ممكن ان يكون موجب او سالب اما مقداره فيكون موجب دائماً.

4) يكون المتجه موجب اذا كان باتجاه الشرق او الشمال ويكون سالب اذا كان باتجاه الغرب او الجنوب.

5) يمكن نقل متجه من موقع الى اخر بشرط المحافظة على مقداره (طوله) و اتجاهه.

6) يمكن تمثيل أي متجه بيانياً بسهم له رأس يمثل نهاية المتجه وذيل المتجه يمثل بداية المتجه ويكون هذا السهم اما منطقياً على احد المحاور (موازياً الى احد لمحاور) او يصنع زاوية مع احد المحاور ويؤثر في نقطة معينة.

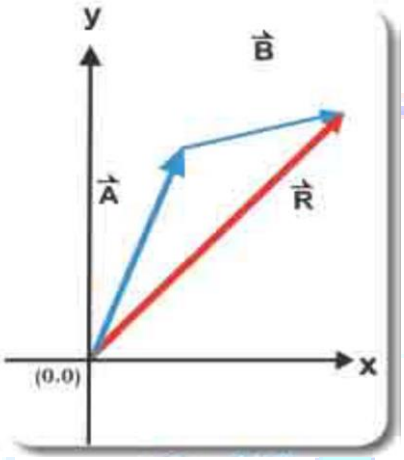
راس ⟵ ذيل

5-1 جمع المتجهات

بما ان للكمية المتجهة مقداراً و اتجاهاً , فعملية جمع المتجهات لا تخضع لقاعدة الجمع الجبري كما هو الحال في الكميات القياسية , وهنالك طريقتين لجمع المتجهات هما :

الطريقة البيانية في جمع المتجهات (طريقة ذيل برأس)

من الممكن جمع متجهين بيانياً وذلك برسم المتجه الاول ثم نضع ذيل المتجه عند رأس المتجه الاول فالمستقيم المرسوم من ذيل المتجه الاول الى رأس المتجه الثاني يمثل المتجه المحصل لهما.

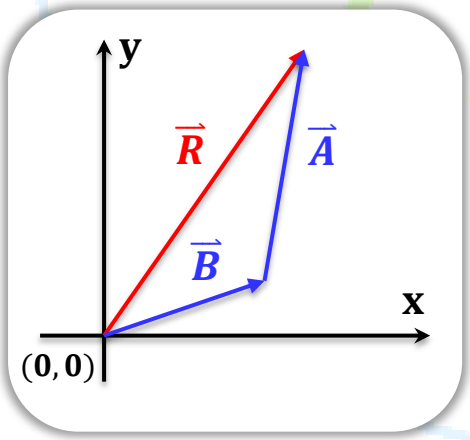


فمثلاً لجمع المتجهين ($\vec{A}$) و ($\vec{B}$) بيانياً نقوم بتركيب ذيل احد المتجهين مثل المتجه ($\vec{B}$) على رأس متجه اخر مثل المتجه ($\vec{A}$) وبنفس مقياس الرسم مع المحافظة على اتجاهه ثم نصل بخط مستقيم بين ذيل المتجه ($\vec{A}$) ورأس المتجه ($\vec{B}$) ويمثل الخط المستقيم متجه حاصل الجمع

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

(المتجه المحصل) ويسمى ($\vec{R}$) وهو مجموع المتجهين ($\vec{A} + \vec{B}$) مقداراً و اتجاهاً.

وهناك طريقة اخرى لعملية جمع المتجهين ($\vec{B} + \vec{A}$) وفيهما نرسم المتجه الثاني ($\vec{B}$) اولاً ثم نضع ذيل المتجه ($\vec{A}$) عند رأس المتجه ($\vec{B}$) لاحظ ان المتجه المحصل في هذه الحالة هو المتجه ($\vec{R}$) نفسه مما يعني ان :



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

اي ان جمع المتجهات يمتاز بخاصية الابدال.

وكذلك يمكن جمع المتجه ($\vec{A}$) مع نفسه بطريقة الرسم , فأن متجه المحصلة في هذه الحالة هو:

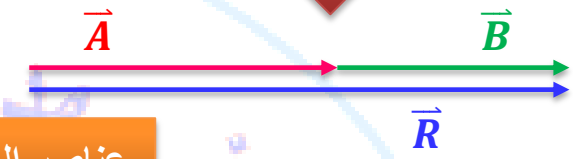
$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{A} = 2\vec{A}$$

وهنا ($\vec{R}$) هو المتجه المحصل مقداره يساوي ضعف مقدار المتجه ($\vec{A}$) وله اتجاه ($\vec{A}$) نفسه.

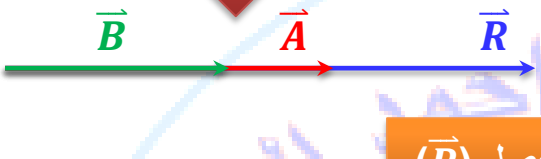
مخطط توضيحي لجمع المتجهات المتوازية

لهما الاتجاه نفسه

متجهان متصلان رأساً بذيل



متجهان متصلان ذيلاً بذيل



عناصر المتجه المحصل $(\vec{R})$

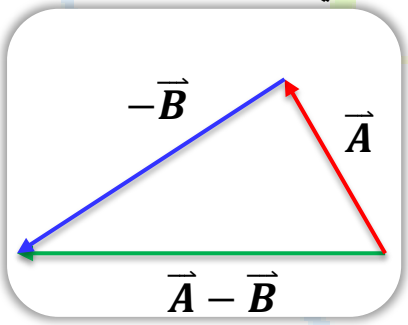
اتجاه المتجه المحصل $(\vec{R})$: بنفس اتجاه المتجهان $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$

مقدار المتجه المحصل $(\vec{R})$: $R = A + B$

طرح المتجهات : ان حاصل طرح متجهين هو نفسه حاصل جمع متجه وسالب متجه اخر,

فمثلاً عملية طرح المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ هي عملية جمع للمتجهين $(\vec{A})$ و $(-\vec{B})$ أي ان :

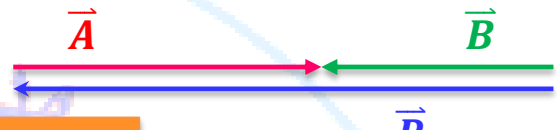
$$\vec{A} + (-\vec{B}) = \vec{A} - \vec{B}$$



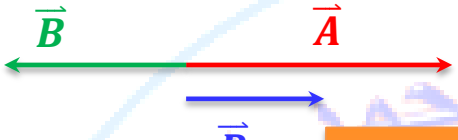
مخطط توضيحي لجمع المتجهات المتوازية

متعاكسان في الاتجاه

متجهان متصلان رأساً بذيل



متجهان متصلان ذيلاً بذيل

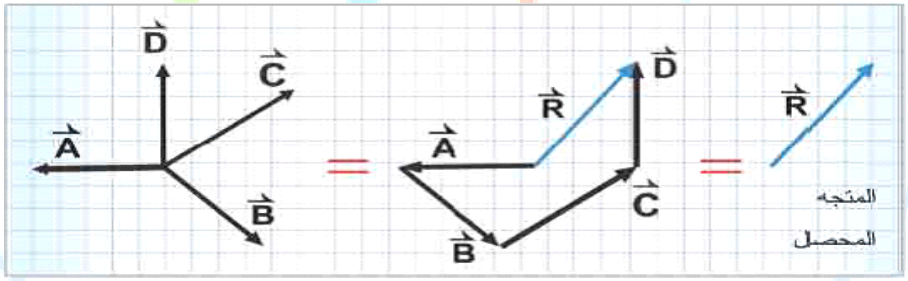


عناصر المتجه المحصل $(\vec{R})$

اتجاه المتجه المحصل $(\vec{R})$: باتجاه المتجه الاكبر

مقدار المتجه المحصل $(\vec{R})$: $R = A - B$

جمع ثلاث متجهات او اكثر : لجمع ثلاث متجهات او اكثر نبدأ من نقطة تأثير واحدة نضع ذيل المتجه الثاني عند رسم المتجه الاول وذيل المتجه الثاني عند رأس المتجه الثالث فالمستقيم الذي ذيله عند ذيل المتجه الاول ورأسه عند رأس المتجه المحصل للمتجهات $(\vec{R})$.



ملاحظات /

1) جمع المتجهات يمتاز بخاصية الابدال اي ان : $\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$

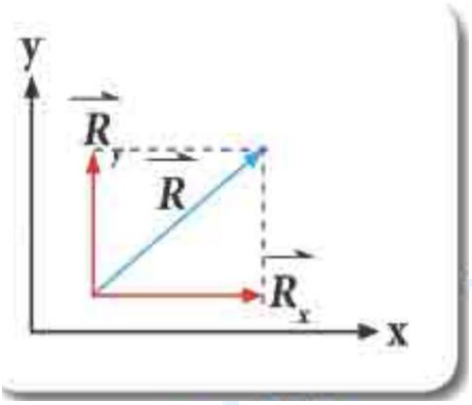
2) عند جمع اي متجه مع نفسه ينتج متجه محصل مقداره يساوي ضعف مقدار المتجه و اتجاهه نفس اتجاه المتجهين.

فمثلاً عند جمع المتجه $(\vec{A})$ مع نفسه فأن مقدار المتجه المحصل $(\vec{R})$ في هذه الحالة يساوي ضعف مقدار المتجه $(\vec{A})$ و اتجاهه باتجاه $(\vec{A})$, اي ان :

3) ان جمع المتجهات بطريقة الرسم تعتمد على نقل المتجه الى موقع اخر بحيث نحافظ على مقداره ويظل اتجاهه موازياً للاتجاه الاصلي لذلك سوف نحصل على نفس المتجه.

تحليل المتجه : اي متجه يمكن ان يحلل الى متجهين (مركبتين)

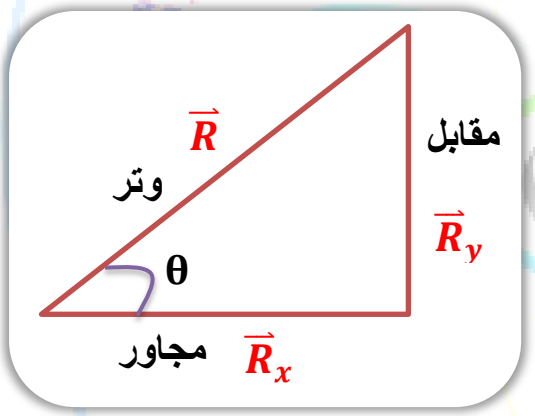
متعامدتين احداهما يوازي المحور (x) ويسمى المركبة الافقية ويمثلها المتجه $(\vec{R}_x)$ والاخر يوازي المحور (y) ويسمى بالمركبة الشاقولية ويمثله المتجه $(\vec{R}_y)$ وهذه تسمى عملية تحليل المتجه الى مركباته.



لذلك فان المتجه المحصل $(\vec{R})$ يحسب من الجمع الاتجاهي للمركبتين وكما يلي :

$$\vec{R} = \vec{R}_x + \vec{R}_y$$

وحيث ان $(\vec{R}_x \, , \vec{R}_y)$ يمثلان ضلعان قائمان في مثلث قائم الزاوية والمتجه المحصل $(\vec{R})$ يمثل الوتر في المثل ويحسب مقداره طبقاً لنظرية فيثاغورس كما يأتي



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

اما اتجاه $(\vec{R})$ يحدد بمعرفة الزاوية (θ) مع المحور (x) وذلك بتطبيق قانون الظل $(tan\theta)$ حيث ان :

$$tan\theta = \frac{R_y}{R_x} \Longrightarrow \theta = tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$$

ويمكن ان نحسب مقدار المركبتين الافقية والشاقولية للمتجه $(\vec{R})$ من المعادلتين الاتيتين

$cos\theta = \frac{R_x}{R}$ ⇒ $R_x = R\,cos\theta$ ← مقدار المركبة الافقية

$sin\theta = \frac{R_y}{R}$ ⇒ $R_y = R\,sin\theta$ ← مقدار المركبة الشاقولية

مثال كتاب 3

اذا كان مقدار المتجه $(\vec{A})$ يساوي $(175\ m)$ ويميل بزاوية (50^o) عن المحور (x) جد مركبتي المتجه $(\vec{A})$.

مقدار المركبة الافقية للمتجه $(\vec{A})$:

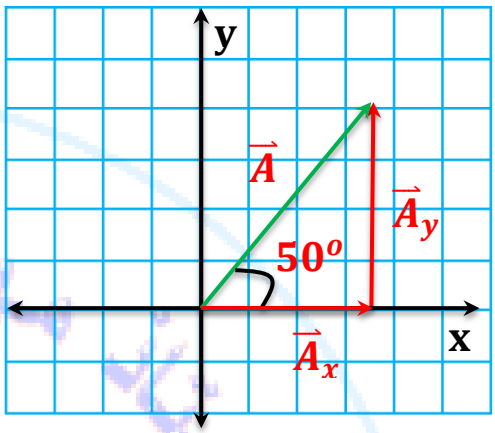
$$A_x = A\cos\theta = 175 \times cos50^o$$

$$A_x = 175 \times 0.643 = 112.53\ m$$

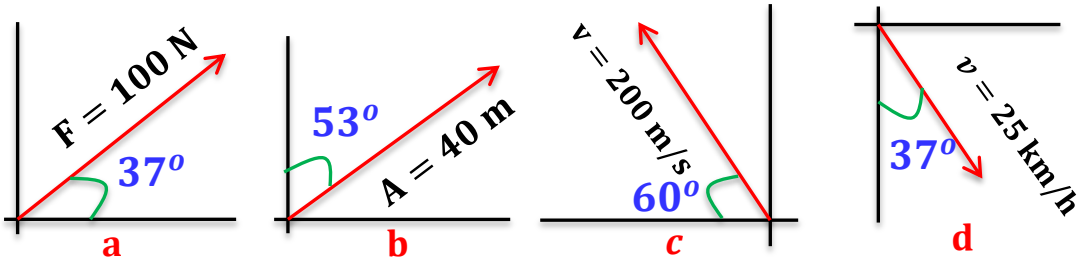
مقدار المركبة الشاقولية للمتجه $(\vec{A})$:

$$A_y = A\sin\theta = 175 \times sin50^o$$

$$A_y = 175 \times 0.766 = 134\ m$$



س1 (اثرائي)/ احسب المركبة الافقية والمركبة الشاقولية لكل من المتجهات المبينة في الاشكال التالية :



$a)$	$c)$
$b)$	$d)$

سؤال اثرائي 2

طائرة تطير بسرعة $(60\ km/h)$, ويصنع خط سيرها زاوية قدرها (37^o) ,

اوجد مركبتي السرعة باتجاهي الشمال والشرق.

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1

احسب مقدار التعجيل و اتجاهه في كل من الحالات التالية :

1) اذا كان مركبتي التعجيل $(a_x = 3\ m/s^2)$ و $(a_y = 4\ m/s^2)$.

2) اذا كان مركبتي التعجيل $(a_x = -3\ m/s^2)$ و $(a_y = 4\ m/s^2)$.

3) اذا كان مركبتي التعجيل $(a_x = -3\ m/s^2)$ و $(a_y = -4\ m/s^2)$.

4) اذا كان مركبتي التعجيل $(a_x = 3\ m/s^2)$ و $(a_y = -4\ m/s^2)$.

سؤال 2

تتحرك سيارة بحيث ان المركبة السينية لسرعتها $(20\ m/s)$ والمركبة الصادية $(30\ m/s)$, جد مقدار و اتجاه سرعة السيارة. الجواب/ $(56.3^o\ ,\ 36\frac{m}{s})$.

سؤال 3

جد مركبتي قوة مقدارها $(25\ N)$ وتميل بزاوية (127^o) مع محور (x) .

سؤال 4

اذا كانت مركبتي القوتين (F_x) و (F_y) احسب : 1) مقدار القوة المحصلة (F) . 2) حدد موقع المتجه (F) .

سؤال ما مسقط متجه على المحور (x) وما مسقطه على المحور (y) فيما لو كان المتجه :

1) موازياً للمحور (x). 2) موازياً للمحور (y).

الجواب 1) مسقطه على المحور (x) يساوي طول المتجه (اكبر ما يمكن) بينما مسقطه على المحور (y) يساوي صفر.

2) مسقطه على المحور (y) يساوي صفر بينما مسقطه على المحور (x) يساوي المتجه (اكبر ما يمكن).

سؤال هل يمكن ولماذا ان يتساوى مقدار متجه مع مقدار احدى مركبتيه ؟

الجواب نعم عندما يكون ذلك المتجه موازياً لتلك المركبة وعمودياً على الاخرى عند ذلك تكون المركبة الاخرى تساوي صفر.

سؤال هل يمكن ان تتساوى مركبتي المتجه $(\vec{R})$ ولماذا ؟

الجواب نعم يمكن ذلك عندما تكون الزاوية بين المتجه واي من مركبتيه (45^o) وهذا يجعل المركبة الافقية للمتجه تساوي المركبة الشاقولية له.

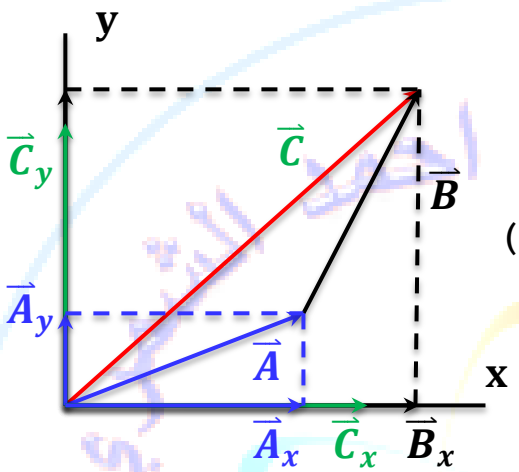
اي ان : $\vec{R}_x = \vec{R}_y$

$$\because\ R_x = R\cos\theta \implies \therefore\ R_x = R\cos 45^o = R \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

$$\because\ R_y = R\cos\theta \implies \therefore\ R_y = R\cos 45^o = R \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

ايجاد محصلة متجهين أو اكثر بطريقة التحليل المتعامد

ان عملية تحليل المتجه الى مركبتيه الافقية على المحور (x) والشاقولية على المحور (y) يسهل جمع المتجهات من الناحية الحسابية . فيمكن جمع متجهين او اكثر مثل $(\vec{A}\ ,\vec{B}\ ,\vec{C}\ ,\ldots.)$, وذلك بتحليل كل متجه الى مركبتيه الافقية والشاقولية اولاً , ثم تجمع المركبات الافقية لكل متجه المتجهات المركبة الافقية المحصلة على المحور (x) هي :



$$R_x = A_x + B_x + C_x$$

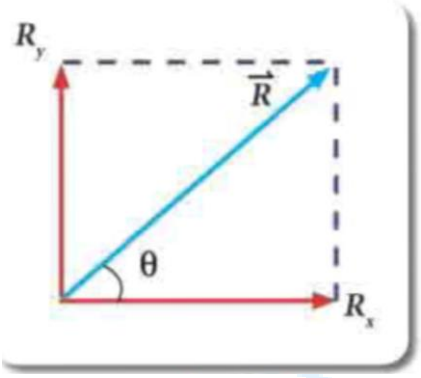
وبالمثل تجمع المركبات الشاقولية (المركبات على المحور y) للمتجهات لتكون المركبة الشاقولية المحصلة على المحور (y) :

$$R_y = A_y + B_y + C_y$$

لايجاد محصلة متجهين او اكثر بطريقة التحليل المتعامدة نتبع الخطوات التالي :

1) نحلل كل متجه إلى مركبتيه الافقية والشاقولية.

2) نقوم بجمع المركبات الافقية لكل المتجهات فنحصل على متجه محصل $(\vec{R}_x)$ موازي للمحور (x).



3) نقوم بجمع المركبات الشاقولية لكل المتجهات فنحصل على متجه محصل $(\vec{R}_y)$ موازي للمحور (y).

4) نحسب مقدار المتجه المحصل $(\vec{R})$ للمتجهين المتعامدين $(\vec{R}_x)$ و $(\vec{R}_y)$ وذلك بتطبيق نظرية فيثاغورس.

$$R^2 = R_x^2 + R_y^2$$

ونجد الزاوية التي يصنعها المتجه المحصل $(\vec{R})$ مع المحور (x) من العلاقة الاتية :

زاوية المتجه المحصل (θ) تساوي الظل العكسي الناتج من قسمة المركبة (R_y) على المركبة (R_x) للمتجه المحصل.

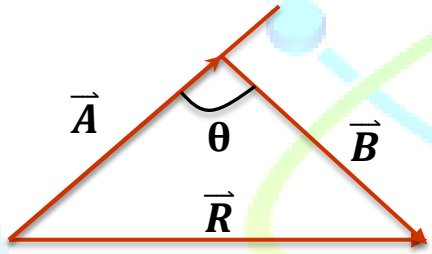
$$tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{R_y}{R_x} \Rightarrow \theta = tan^{-1}(\frac{R_y}{R_x})$$

تذكر:

- ✓ لايجاد مقدار المتجه المحصل للمتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ يمكننا تطبيق نظرية فيثاغورس اذا كانت الزاوية بين المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ تساوي (90^o) قائمة.
- ✓ اما اذا كانت الزاوية بين المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ لا تساوي (90^o) يمكننا استعمال قانون جيب التمام $(cosine)$ او قانون الجيب $(sine)$ كالاتي :

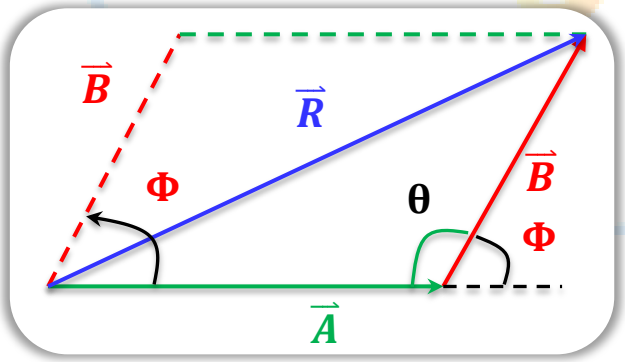
قانون الجيب تمام $(cosine)$:

مربع مقدار المتجه المحصل مجموع مربعي مقداري المتجهين مطروحاً منه ضعف حاصل ضرب مقداري المتجهين مضروباً في $(cos\theta)$ الزاوي التي بينهما والمقابلة الى $(\vec{R})$.



$$R^2 = A^2 + B^2 - 2\,AB\,cos\theta$$

المتجهات الغير متعامدة والغير متوازية



عناصر المتجه المحصل $(\vec{R})$:

مقدار المتجه المحصل $(\vec{R})$

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2\,ABcos\theta$$

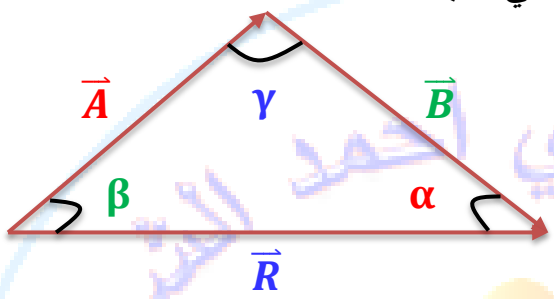
اتجاه المتجه المحصل $(\vec{R})$:

$$sin(\Phi) = \frac{B\,sin(\theta)}{R}$$

ملاحظة/ اذا كانت الزاوية حادة اقل من (90^o) نضع اشارة موجب للقانون اعلاه واذا كانت الزاوية منفرجة اكبر من (90^o) واقل من (180^o) نضع اشارة سالبة للقانون.

قانون الجيب $(sine)$:

مقدار المتجه المحصل مقسوماً على $(sine)$ الزاوية التي تقابله يساوي مقدار احد المتجهين مقسوماً على $(sine)$ الزاوية التي تقابله.



$$\frac{R}{sin\gamma} = \frac{A}{sin\alpha} = \frac{B}{sin\beta}$$

ملاحظات مهمة جداً / لإيجاد مقدار و اتجاه المتجه المحصل $(\vec{R})$ للمتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ عندما يكون المتجهان متوازيان (باتجاه واحد او باتجاهين متعاكسين) او متعامدين نستخدم العلاقات التالية :

1) عندما يكون المتجهين بنفس الاتجاه (متوازيان) : $R = A + B \Rightarrow \theta = 0$

2) عندما يكون المتجهين متعاكسين : $R = A - B \Rightarrow \theta = 180^o$

3) عندما يكون المتجهين متعامدين : $R = \sqrt{A^2 + B^2} \Rightarrow \theta = 90^o$

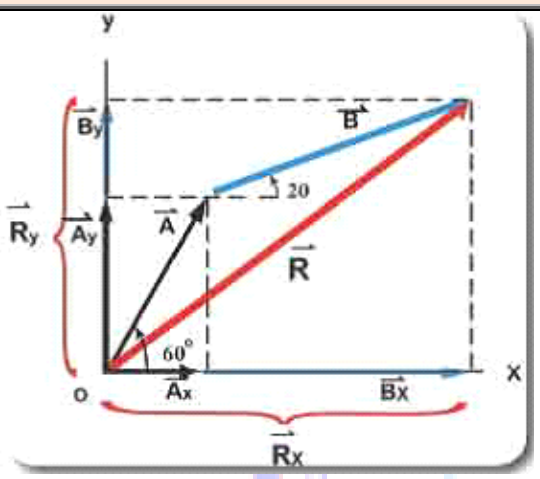
4) عندما يكون المتجهين بينهما زاوية (θ) غير متعامدين : $R = \sqrt{A^2 + B^2 - 2ABcos\theta}$

استنتاج / محصلة أي متجهين باتجاه واحد هي حاصل جمع المتجهين واتجاه المتجه المحصل باتجاه المتجهين , ومحصلة أي متجهين متعاكسين هي طرح المتجهين واتجاه المتجه المحصل باتجاه المتجه الاكبر , ومحصلة اي متجهين متعامدين نطبق نظرية فيثاغورس ومحصلة أي متجهين بينهما زاوية حادة او منفرجة نطبق قانون الجيب تمام او قانون الجيوب.

مثال كتاب 4

المتجه $(\vec{A})$ طوله $(14\ cm)$ ويصنع زاوية قياسها (60^o) مع الاتجاه الموجب للمحور (x) , والمتجه $(\vec{B})$ طوله $(20\ cm)$ ويصنع زاوية قياسها (20^o) مع الاتجاه الموجب للمحور (x)

حلل المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ الى مركبتيهما ثم احسب مقدارو اتجاه المتجه المحصل $(\vec{R})$.



مقدار المتجه المحصل $(\vec{R})$ حسب نظرية فيثاغورس

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

$$\mathrm{R} = \sqrt{(25.79)^2 + (18.96)^2}$$

$$\mathrm{R} = 32\ \mathrm{cm}$$

ولايجاد اتجاه المتجه المحصل $(\vec{R})$ نشتخدم قانون الظل :

$$tan\theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{18.96}{25.79}$$

$$\theta = 36^o$$

المركبة الافقية للمتجه: $(\vec{A})$:

$$A_x = A\ cos\theta = 14 \times cos60^o$$

$$A_x = 14 \times 0.5 = 7\ cm$$

المركبة الشاقولية للمتجه $(\vec{A})$:

$$A_y = A\ sin\theta = 14 \times sin60^o$$

$$A_y = 14 \times 0.866 = 12.12\ cm$$

مقدار المركبة الافقية للمتجه $(\vec{B})$:

$$B_x = \mathrm{B}\ \cos\theta = 20 \times \cos20^o$$

$$B_x = 20 \times 0.940 = 18.79\ \mathrm{cm}$$

مقدار المركبة الشاقولية للمتجه $(\vec{B})$

$$B_y = \mathrm{B}\ \sin\theta = 20 \times \sin20^o$$

$$B_y = 20 \times 0.342 = 6.84\ \mathrm{cm}$$

مقدار محصلة المركبتين الافقيتين $(\vec{R}_x)$:

$$R_x = A_x + B_x = 7 + 18.79$$

$$R_x = 25.79\ \mathrm{cm}$$

مقدار محصلة المركبتين الشاقوليتين $(\vec{R}_y)$:

$$R_y = A_y + B_y = 12.12 + 6.84$$

$$R_y = 18.96\ \mathrm{cm}$$

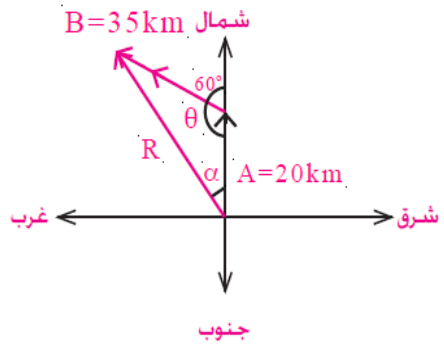
سؤال اثرائي 1

قوتان $(F_1 = 3\ N)$ و $(F_2 = 5\ N)$ بينهما زاوية (θ) اذا كانت محصلتهما تساوي $(7\ N)$ احسب مقدار الزاوية بينهما.

الجواب /

سؤال اثرائي 2

تقطع سيارة مسافة $(20\ km)$ باتجاه الشمال ثُم بعد ذلك تقطع $(35\ km)$ باتجاه (60^o) غرب الشمال , اوجد مقدارو اتجاه محصلة ازاحة السيارة.



$$\therefore\ \alpha = 38.98^o$$

وتكون مقدار محصلة ازاحة السيارة هي $(48.22\ km)$ وباتجاه $(\alpha = 38.98^o)$ غرب الشمال.

من ملاحظة الشكل فأن الزاوية (θ) تساوي

$$\theta = 180^o - 60^o = 120^o$$

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2\,AB\,cos\theta$$

$$R^2 = (20) + (35)^2 - 2 \times 20 \times 35 \times cos120^o$$

$$R^2 = 400 + 1225 - 1400 \times (-0.5)$$

$$R^2 = 1625 + 700 = 2325\ km^2$$

$$\therefore R = 48.22\ km$$

ويمكن الحصول على اتجاه $(\vec{R})$ من قانون الجيب (لاحظ الشكل)

$$\frac{R}{sin\theta} = \frac{B}{sin\alpha} \Rightarrow \frac{48.22}{sin120^o} = \frac{35}{sin\alpha}$$

$$sin\alpha = \frac{35}{48.22} \times sin120^o = 0.629$$

اختبر فهمك مسائل اثرائية

سؤال 1 قارب صيد تم سحبه من قناة مائية بواسطة حبلين فإذا كانت قوة الشد في الحبل الاولى $(F_1 = 15 \times 10^3\ N)$ باتجاه يميل بزاوية (37^o) شرق الشمال , وقوة الشد في الحبل الثاني $(F_2 = 12 \times 10^3\ N)$ باتجاه الجنوب احسب مقدار و اتجاه محصلة القوتين.

الجواب/ $(9 \times 10^3\ N\ ,\ 53^o)$.

سؤال 2 قوتان مقدارهما $(20\ N)$, $(30\ N)$ والزاوية المحصورة بينهما (60^o) , اوجد مقدار و اتجاه محصلتهما . الجواب/ $(43.6\ N\ ,\ 37^o)$.

سؤال 3 قوتان مقدارهما $(8\ N)$ و $(6\ N)$, اوجد مقدار و اتجاه محصلتهما عندما تكون الزاوية المحصورة بينهما : 1) صفر. 2) 180^o. 3) 90^o.

الجواب/ $(14\ N\ ,\ 2\ N\ ,\ 10\ N)$.

سؤال 4 قوتان (F_1) و (F_2) , اكبر قيمة لمحصلتهما $(10\ N)$, و أقل قيمة $(4\ N)$, احسب مقدار كل منهما. الجواب/ $(7\ N\ ,\ 3\ N)$.

سؤال 5 قوتان متساويتان محصلتهما $(10\ N)$ وتصنع زاوية (30^o) مع القوة (F_1) , احسب مقدار كل من القوتين. الجواب/ $(5.8\ N)$.

سؤال 6 قوتان احداهما ضعفي الاخرى , فاذا علمت ان مقدار محصلتهما تساوي $(\sqrt{3}\ N)$ من محصلتهما الصغرى , احسب مقدار الزاوية المحصورة بينهما. الجواب/ (120^o).

سؤال 7 قوتان اذا كانت الزاوية بينهما قائمة كان مقدار محصلتهما $(\sqrt{10}\ N)$, واذا كانت الزاوية بينهما (60^o) كان مقدار محصلتهما $(\sqrt{13}\ N)$, احسب مقدار كل من القوتين.

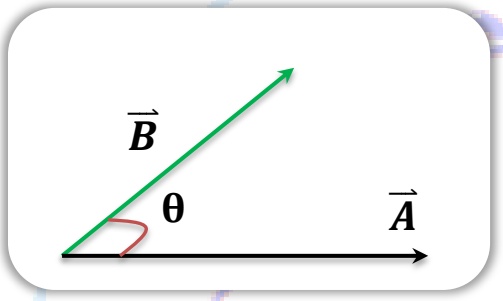
الجواب/ $(3\ N\ ,\ 1N)$.

6-1 ضرب المتجهات

في بعض الاحيان نحتاج في علم الفيزياء ان نضرب كمية متجهة بكمية متجهة اخرى قد يكون ناتج الضرب كمية قياسية , واحياناً نضرب كميتين متجهتين فيكون الناتج كمية متجهة لذا نعرض طريقتين لضرب المتجهات , وهما :

اولاً : الضرب القياسي (النقطي) :

يسمى الضرب القياسي بهذا الاسم , لان ناتج الضرب هو كمية قياسية , ويسمى كذلك ضرباً نقطياً , لان اشارة الضرب فيه هي النقطة.



$$|\vec{A}|.|\vec{B}| = AB\cos\theta$$

ويعرف الضرب القياسي (النقطي) للمتجهين $(\vec{A}\ ,\vec{B})$ كما ياتي :

حيث (θ) : تمثل الزاوية المحصورين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ كما في الشكل المجاوروقياسها بين (0) و (180^o).

الضرب النقطي للمتجهات المتوازية

باتجاهين متعاكسين
اي ان : $(\theta = 180^o)$.

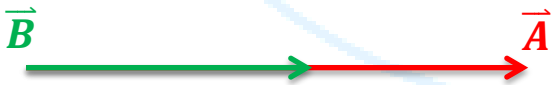
$$\vec{A}.\vec{B} = AB\cos\theta$$

$$\because\ \theta = 180^0 \implies \therefore\ cos(180^o) = -1$$

$$\vec{A}.\vec{B} = \text{AB}\cos(180^o)$$

$$\vec{A}.\vec{B} = -\text{AB}$$

باتجاه واحد
اي ان : $(\theta = 0)$



$$\vec{A}.\vec{B} = AB\cos\theta$$

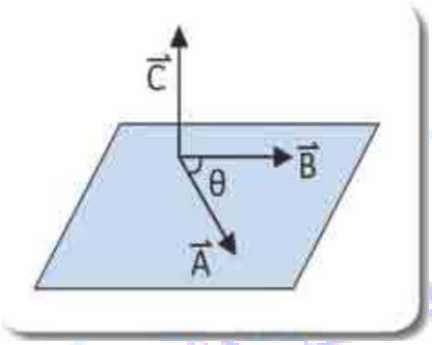
$$\because\ \theta = 0 \implies \therefore\ cos(0) = 1$$

$$\vec{A}.\vec{B} = \text{AB}\cos(0)$$

$$\vec{A}.\vec{B} = \text{AB}$$

ثانياً : الضرب الاتجاهي :-

يسمى هذا النوع من ضرب المتجهات الضرب الاتجاهي , لان ناتج الضرب الاتجاهي هو كمية متجهة حيث ينتج عن حاصل ضرب المتجهين متجهاً ثالث يكون اتجاهه عمودي على المستوي الذي يحوي المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ كما في الشكل المجاور.



يعرف الضرب الاتجاهي رياضياً كما يأتي :

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

اما مقدار المتجه $(\vec{C})$ هو:

$$|\vec{C}| = |\vec{A}||\vec{B}|sin\theta$$

نطبق قاعدة الكف اليمنى لتعيين اتجاه المتجه المحصل $(\vec{C})$ للضرب الاتجاهي للمتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$: ندور اصابع الكف اليمنى من اتجاه المتجه الاول $(\vec{A})$ نحو المتجه الثاني $(\vec{B})$ فيشير الابهام الى اتجاه المتجه المحصل $(\vec{C})$.

الضرب الاتجاهي للمتجهات المتوازية

باتجاهين متعاكسين
اي ان : $(\theta = 180^o)$.

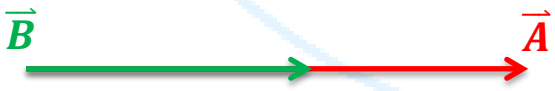
$$|\vec{A} \times \vec{B}| = AB\ sin\theta$$

$$\because\ \theta = 180^0 \Longrightarrow \therefore\ sin(180^o) = 0$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = \text{AB sin}(180^o)$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = 0$$

باتجاه واحد
اي ان : $(\theta = 0)$



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

$$\because\ \theta = 0 \Longrightarrow \therefore\ sin(0) = 0$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = \text{AB sin}(0)$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = 0$$

سؤال علل , لا توجد خاصية الابدال في طريقة الضرب الاتجاهي .

الجواب لان في هذا الضرب نحصل على متجهين متساويين مقداراً ومختلفين اتجاهاً.

سؤال لماذا $(\vec{A} \times \vec{B} \neq \vec{B} \times \vec{A})$ ؟

الجواب لان ناتج ضرب $(\vec{A} \times \vec{B})$ يساوي ناتج ضرب $(\vec{B} \times \vec{A})$ بالمقدار لكنه يختلف عنه بالإشارة (الاتجاه) وهذا لا يحقق شرط تساوي متجهين.

سؤال ماذا يمكن ان يقال عن متجهين عندما يكون مقدار حاصل ضربهما القياسي : 1) صفر. 2) اعظم ما يمكن.

الجواب 1) متعامدان. 2) متوازيان.

سؤال ماذا ينتج من ضرب متجه باخر ضرباً : 1) قياسياً. 2) اتجاهياً.

الجواب 1) ينتج كمية قياسية (مقدارية) لا اتجاه لها. 2) ينتج متجه اخر اتجاهه يحدد وفق قاعدة الكف اليمنى.

سؤال قارن بين الضرب القياسي (المقداري) لمتجهين والضرب الاتجاهي لمتجهين ؟

الجواب

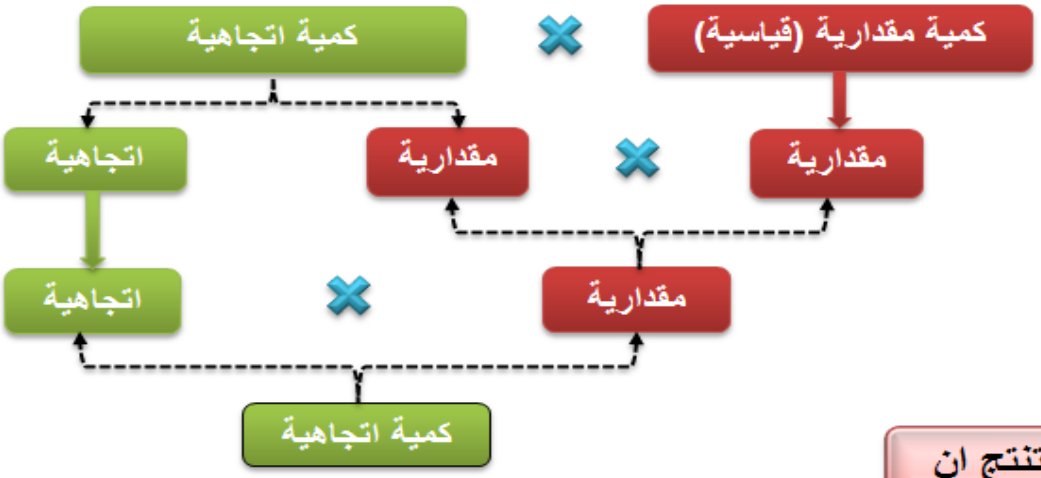
ت	الضرب القياسي (المقداري)	الضرب الاتجاهي
1	نوع الكمية الناتجة من الضرب قياسية.	نوع الكمية الناتجة من الضرب متجهة.
2	وجود خاصية الابدال بطريقة الضرب القياسي.	عدم وجود خاصية الابدال في الضرب الاتجاهي.
3	العلاقة الرياضية : $\vec{A}.\vec{B} = AB\cos\theta$	العلاقة الرياضية : $\lvert\vec{A} \times \vec{B}\rvert = AB\sin\theta$
4	اكبر قيمة للضرب عندما تكون $(\theta = 0)$.	اكبر قيمة للضرب عندما تكون $(\theta = 90^o)$.
5	يكون الضرب يساوي صفر عندما تكون $(\theta = 90^o)$.	يكون الضرب يساوي صفر عندما تكون $(\theta = 0)$.

تذكر:

1) كمية قياسية × كمية اتجاهية = كمية اتجاهية.

2) كمية اتجاهية × كمية اتجاهية = كمية قياسية (عندما يكون نوع الضرب قياسي نقطي).

3) كمية اتجاهية × كمية اتجاهية = كمية اتجاهية عمودية (عندما يكون نوع الضرب اتجاهي كروس).



نستنتج ان

الناتج من حاصل ضرب كمية مقدارية (قياسية) في كمية اتجاهية هو كمية اتجاهية

مثال على الكمية الاتجاهية

$\vec{F} = m\,\vec{a}$

القوة $(\vec{F})$ كمية متجهة

التعجيل $(\vec{a})$ كمية متجهة

الكتلة (m) كمية مقدارية

مثال كتاب 5

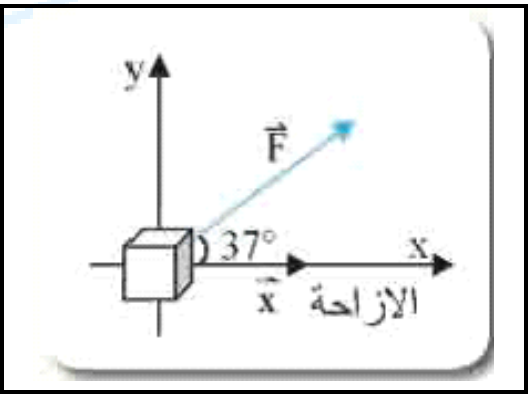
اثرت قوة مقدارها $(40\ N)$ باتجاه (37^o) فوق الافق في جسم , فحركته ازاحة $(10\ m)$ بالاتجاه الافقي , احسب مقدار الشغل الذي تبذله تلك القوة.

الشغل = (W) القوة $(\vec{F})$. الازاحة $(\vec{x})$

$$W = \vec{F}.\vec{x} = |\vec{F}||\vec{x}|cos\theta$$

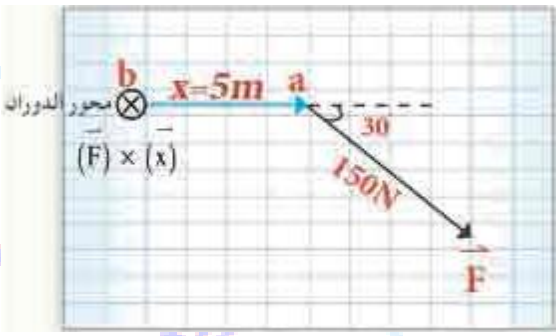
$$W = 40 \times 10 \times cos37^o$$

$$W = 400 \times \frac{4}{3} = 320\ J$$



مثال كتاب 6

اثرت القوة $(\vec{F})$ مقدارها $(150\ N)$ في العتلة (ab) عند النقطة (a) والتي تبعد عن محور الدوران (b) بالبعد $(5\ m)$ لاحظ الشكل . جد مقدار و اتجاه المتجه المحصل.



$$|\vec{F} \times \vec{B}| = |\vec{F}||\vec{x}| \sin\theta$$

$$|\vec{F} \times \vec{B}| = 150 \times 5 \times \sin 30^o$$

$$|\vec{F} \times \vec{B}| = 150 \times 5 \times 0.5$$

$$|\vec{F} \times \vec{B}| = 375\ \text{N.m}$$

باتجاه القارئ خارج الصفحة ⊙ طبقاً لقاعدة الكف اليمنى

سؤال اثرائي 1

كمية متجهة $(\vec{A})$ مقدارها (12) وحدة باتجاه الشرق , وكمية متجهة اخرى $(\vec{B})$ مقدارها (5) وحدات تميل بزاوية مقدارها (37^o) شمال الشرق , اوجد : 1) $\vec{A}.\vec{B}$.

2) $\vec{B}.\vec{A}$ 3) $\vec{A}.\vec{A}$ 4) $\vec{B}.\vec{B}$.

1)

2)

3)

4)

سؤال اثرائي 2

اذا كان مقدار المتجه $(\vec{A} = 5\ units)$ والمتجه $(\vec{B} = 4\ units)$

والزاوية المحصورة بين المتجهين (120^o) جد : 1) $\vec{A}.\vec{B}$ 2) $\vec{A} \times \vec{B}$.

1)	2)

تذكر

1) $\vec{A}.\vec{A} = |\vec{A}||\vec{A}|cos0 = |\vec{A}||\vec{A}| \times 1 = A^2$

2) $|\vec{A} \times \vec{A}| = |\vec{A}||\vec{A}|\ sin0 = |\vec{A}||\vec{A}| \times 0 = 0$

3) $\{\vec{A}.\vec{B} = \vec{B}.\vec{A}\}$ وجود خاصية الابدال بطريقة الضرب القياسي

$\{\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}\}$ وعدم تحققها بطريقة الضرب الاتجاهي

4) $\vec{A}.\vec{B} = 0$ اذا كان المتجه $(\vec{A})$ عمودي على المتجه $(\vec{B})$ فأن

$cos90^o = 0\ , sin90^o = 1\ , cos0 = 1\ , sin0 = 0$

اختبر نفسك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 اذا كان مقدار المتجه الاول $(\vec{A})$ يساوي (5) وحدات باتجاه الشرق , ومقدار المتجه الثاني $(\vec{B})$ يساوي (4) وحدات باتجاه الشمال , وكان مقدار المتجه الثالث $(\vec{C})$ يساوي (3) وحدات باتجاه الغرب , اوجد :

1) $(\vec{A}.\vec{B})$ 2) $(\vec{A}.\vec{C})$ 3) $(\vec{B}.\vec{B})$ 4) $(\vec{A}\times\vec{B})$ 5) $(\vec{C}\times\vec{B})$ 6) $(\vec{B}\times\vec{B})$.

7) $(\vec{A}\times\vec{C})$ 8) $(\vec{B}.|\vec{A}\times\vec{B}|)$ 9) $(\vec{A}.|\vec{C}\times\vec{B}|)$ 10) $(\vec{B}\times|\vec{A}\times\vec{B}|)$.

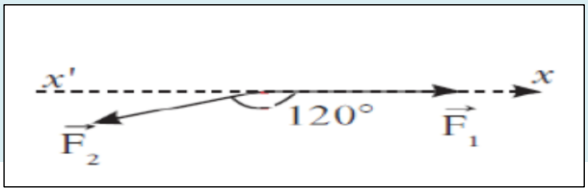
سؤال 2 اذا كان المتجه $(\vec{x})$ يساوي $(4\ m)$ شرقاً , والمتجه $(\vec{F})$ يساوي $(6\ N)$ ويميل بزاوية (210^o) , اوجد : 1) $(\vec{x}\times\vec{F})$. 2) $(\vec{F}\times\vec{x})$. 3) هل $(\vec{x}\times\vec{F}=\vec{F}\times\vec{x})$.

سؤال 3 متجهان $(\vec{A}=4)$ وحدات , و $(\vec{B})$, حاصل ضربهما القياسي يساوي (16) وحدة , وحاصل ضربهما الاتجاهي يساوي (12) وحدة , احسب مقدار المتجه (B) , والزاوية المحصورة بينهما (θ) .

الجواب/ $(5\ units\ ,\ 37^o)$.

سؤال 4 احسب الزاوية المحصورة بين المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ اذا علمت ان حاصل الضرب القياسي يساوي (3) امثال حاصل الضرب الاتجاهي علما ان $(tan18.4^o=1/3)$ ؟

سؤال 5 المتجهان $(F_1=5\ N)$ و $(F_2=4\ N)$ بينهما زاوية مقدارها (120^o) كما في الشكل , احسب حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهين $(F_1\times F_2)$.

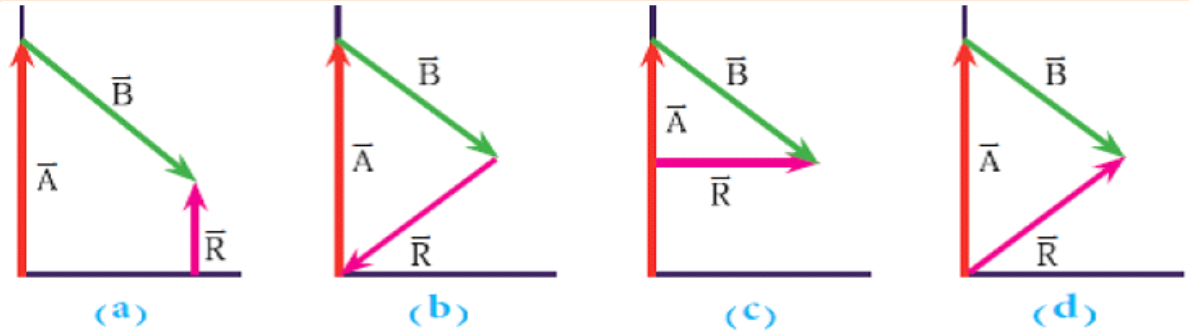


الجواب/ $(17.32\ N)$.

اسئلة الفصل الاول

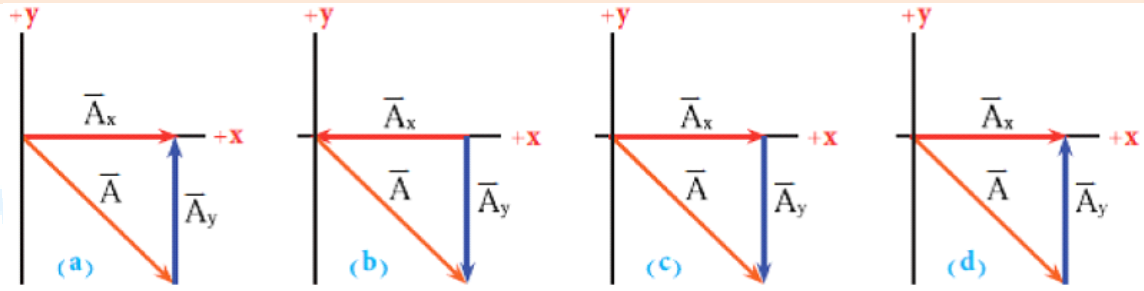
س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي :

1) متجهي الازاحة $(\vec{A}\ ,\ \vec{B})$ جمعاً سوية للحصول على مقدار المتجه المحصل $(\vec{R})$ اي من الاشكال الاتية يوضح بصورة صحيحة المتجه المحصل لهما.



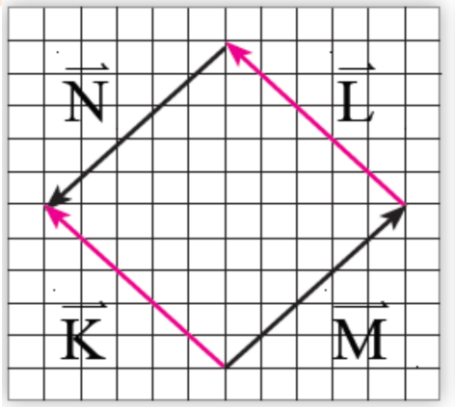
الجواب/ (d).

2) قطع شخص ازاحة $(\vec{A})$ باتجاه الجنوب الشرقي اي من الاشكال يوضح بصورة صحيحة المركبتين $(\vec{A}_x)$ و $(\vec{A}_y)$ للمتجه $(\vec{A})$.



الجواب/ (c).

3) أي زوج من المتجهات $(\vec{K}\ ,\ \vec{L}\ ,\ \vec{M}\ ,\ \vec{N})$ الموضحة في الشكل المجاور متساويان :



a) $(\vec{K})$ و $(\vec{L})$.

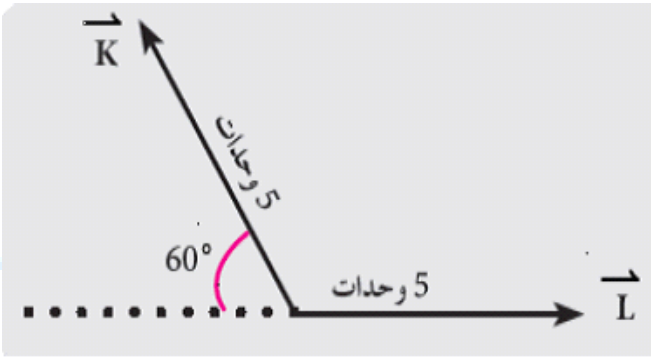
b) $(\vec{M})$ و $(\vec{K})$.

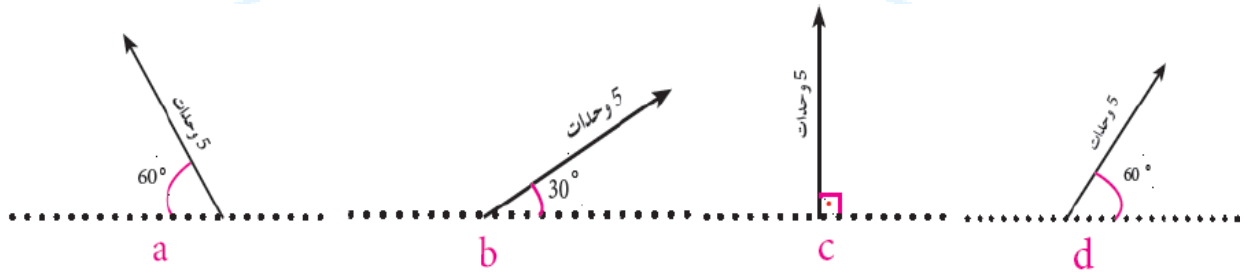
c) $(\vec{M})$ و $(\vec{L})$.

d) $(\vec{L})$ و $(\vec{N})$.

الجواب/ (a).

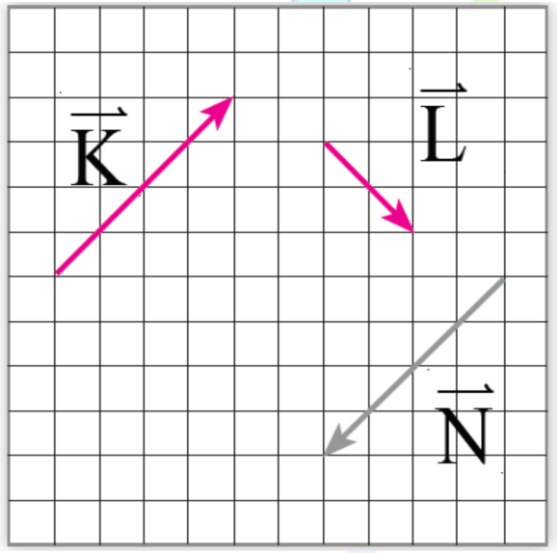
4) في الشكل المجاور المتجهان $(\vec{K}\ ,\vec{L})$ متساويان في المقدار.





الجواب/ (d).

5) المتجهات $(\vec{K}\ ,\vec{L}\ ,\vec{N})$ كما هي موضحة في الشكل المجاوراي من المعادلات الاتية غير صحيحة :



1.....$\vec{K}=\vec{N}$

2.....$\vec{K}+\vec{L}+\vec{N}=\vec{L}$

3.....$\vec{K}+\vec{N}=0$

a) المعادلة 1 .

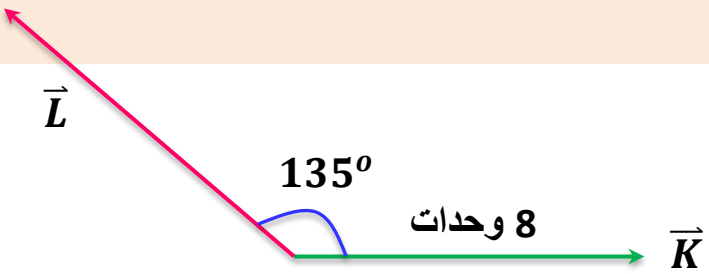
b) المعادلة 2 .

c) المعادلتين 2 , 3 .

d) المعادلات 1 ، 2 ، 3 .

الجواب/ (a).

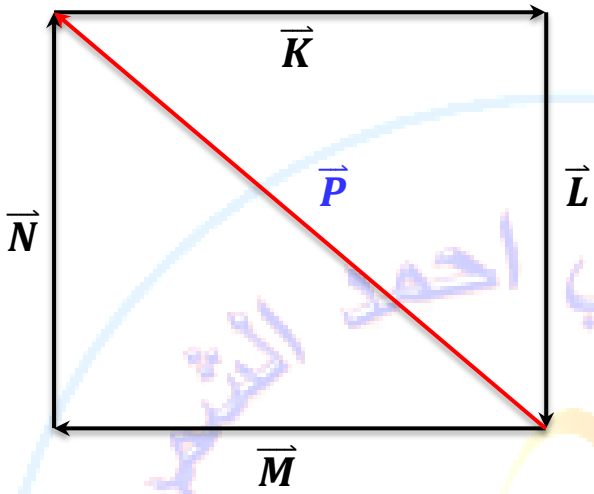
6) اذا كان المتجه المحصل للمتجهين $(\vec{K}\ ,\vec{L})$ عمودياً على المتجه $(\vec{K})$ (لاحظ الشكل المجاور) فأن مقدار المتجه $(\vec{L})$ يساوي :



a) 8 وحدات . b) $4\sqrt{3}$ وحدات. c) $4\sqrt{2}$ وحدات. d) $8\sqrt{2}$ وحدات.

الجواب/(d).

7) أي من المعادلات الاتية للمتجهات $(\vec{P}\ ,\vec{N}\ ,\vec{M}\ ,\vec{L}\ ,\vec{K})$ في الشكل المجاورتكون غير صحيحة .



$$\vec{K}+\vec{L}-\vec{M}-\vec{N}=-2\vec{P}\ldots\ldots(1)$$

$$\vec{K}+\vec{L}+\vec{M}+\vec{N}=0\ldots\ldots\ldots(2)$$

$$\vec{N}+\vec{M}=\vec{P}\ldots\ldots\ldots(3)$$

$$-(\vec{K}+\vec{L})=-\vec{P}\ldots\ldots(4)$$

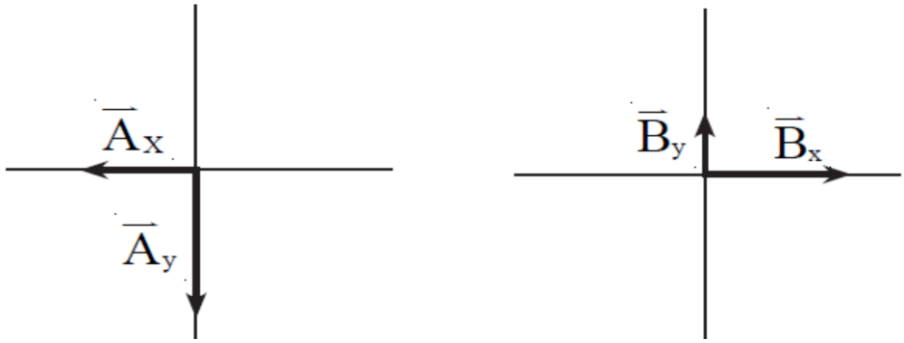
a) المعادلة (1).

b) المعادلتان (1) و(2).

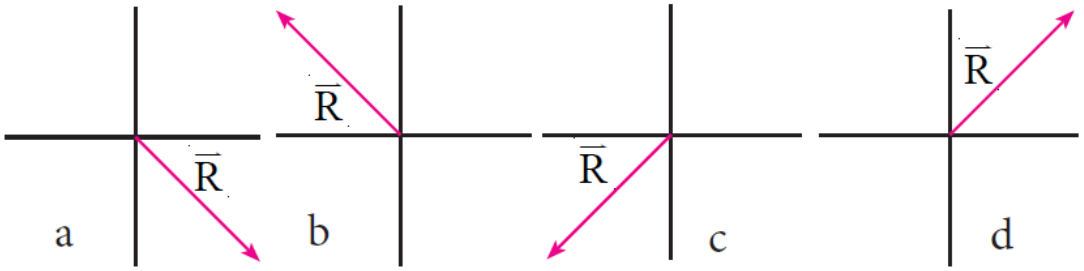
c) المعادلات (1) و(2) و(3).

d) المعادلة (4). الجواب/ (d).

8) الشكل المجاوريبين مركبتي المتجهين $(\vec{A})$ و$(\vec{B})$ والمتجه المحصل هو $(\vec{R})$.



اياً من الاشكال (a) و(b) و(c) و(d) المعبرعن حاصل جمع المتجهين $(\vec{A}+\vec{B})$.



الجواب/ (a).

س2/ هل يمكن لمركبة متجه ان تساوي صفراً ؟ على الرغم من ان مقدار المتجه لا يساوي صفراً ؟ وضح ذلك ؟

الجواب/ نعم يمكن ذلك عندما يكون المتجه باتجاه احد المحاور (x) او (y) تكون المركبة الثانية للمتجه تساوي صفراً.

س3/ هل يمكن لمتجه ما ان يمتلك مقداراً سالباً ؟ وضح ذلك ؟

الجواب/ كلا لا يمكن ذلك لان مقدار المتجه قيمة مطلقة اما الاشارة السالبة التي تر افق المتجه احياناً فهي تمثل الاتجاه وليس المقدار.

س4/ اذا كان $(\vec{A}+\vec{B}=0)$ ما يمكنك ان تقول عن المتجهين.

$$\because \vec{A}+\vec{B}=0 \implies \therefore \vec{A}=-\vec{B}$$

هذا يعني ان المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ متساويين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه.

س5/ تحت اي ظروف يمكن لمتجه ان يمتلك مركبتين متساويتين بالمقدار؟

الجواب/ عندما يصنع المتجه زاوية قياسها (45^o) مع المحور الافقي (x).

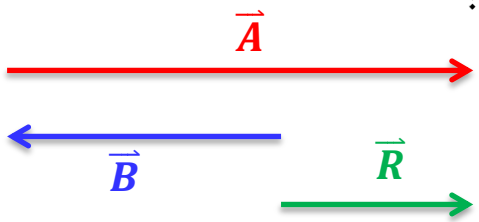
س6/ هل يمكن اضافة كمية متجهة الى كمية قياسية ؟ وضح ذلك ؟

الجواب/ لا يمكن ذلك . لأنه في عملية الجمع يجب ان تكون المفاهيم الفيزيائية متشابهة مثلا جمع متجهي قوة او متجهي ازاحة ومن غير الممكن جمع متجه قوة مع كمية قياسية مثل المسافة.

س7/ اذا كان مقدار المتجه $(|\vec{A}|=12\ m)$ ومقدار المتجه $(|\vec{B}|=9\ m)$ ومقدار المتجه المحصل لهما $(|\vec{C}|=3\ m)$ وضح ذل مع الرسم.

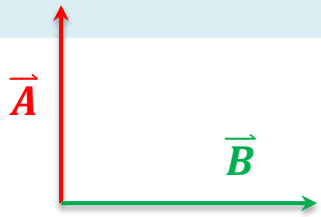
$$\vec{R}=\vec{A}+\vec{B} \implies \vec{R}=12-9=3\ m$$

اي ان المتجه $(\vec{A})$ يعاكس المتجه $(\vec{B})$ فيكون الشكل :



س8/ اذا كانت مركبة المتجه $(\vec{A})$ التي تقع باتجاه المتجه $(\vec{B})$ تساوي صفراً ماذا يمكنك ان تقول عن المتجهين $(\vec{A}\ ,\vec{B})$ ؟

الجواب/ نقول ان المتجهين $(\vec{A})$ و $(\vec{B})$ متعامدين.



مسائل الفصل الاول

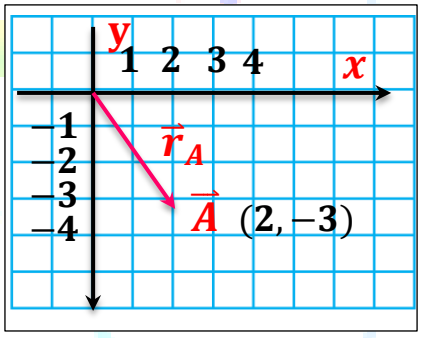
سؤال 1 النقطة $(\vec{A})$ تقع في المستوي (x, y) احداثياتها $(2, -3)$ واكتب تعبيراً عن موقع المتجه $(\vec{r}_A)$ لهذه النقطة بصيغة اتجاهية وارسم مخططاً يوضح اتجاه هذا المتجه ؟

$$\vec{r}_A = \vec{r}_{Ax} + \vec{r}_{Ay}$$

$$\vec{r}_{Ax} = 2\ \text{units}\ ,\vec{r}_{Ay} = -3\ \text{units}$$

$$\tan\theta = \frac{r_{Ay}}{r_{Ax}} = \frac{-3}{2}$$

$$\theta = tan^{-1}\frac{-3}{2} = -56.3^o\ \text{(جنوب الشرق)}$$



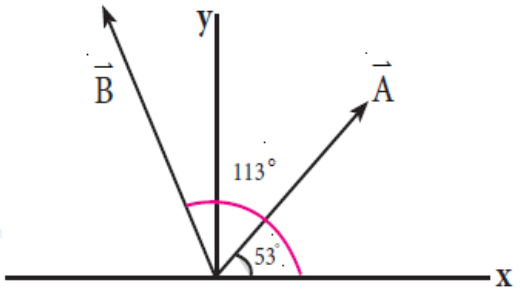
سؤال 2 ما مقدار الضرب النقطي $(\vec{A}.\vec{B})$ للمتجهين $(\vec{A}, \vec{B})$ الموضحين في الشكل المجاور اذا كان :

$$|\vec{A}| = 4\ units\ ,\quad |\vec{B}| = 5\ units$$

$$\theta = 113^o - 53^o = 60^o$$

$$\vec{A}.\vec{B} = AB\cos\theta = 4 \times 5 \times cos60^o$$

$$\vec{A}.\vec{B} = 20 \times 0.5 = 10\ units$$

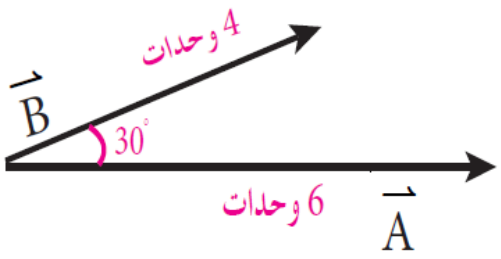


سؤال 3 اذا كان مقدار المتجه $(\vec{A})$ يساوي $(6\ units)$ وبالاتجاه الموجب للمحور (x) ومقدار المتجه $(\vec{B})$ يساوي $(4\ units)$ باتجاه (30^o) مع المحور (x) ويقع في المستوي (x, y) احسب مقدار حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهين $(\vec{A} \times \vec{B})$.

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

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = 6 \times 4 \times sin30^o$$

$$|\vec{A} \times \vec{B}| = 24 \times 0.5 = 12\ units$$



سؤال 4

جد مركبتي القوة $(25\ N)$ والتي تميل بزاوية (127^o) عن المحور (x) علماً ان $(sin37^o = 0.6)$ و $(cos37^o = 0.8)$.

$$\theta = 127^o - 90^o = 37^o$$

$$F_x = F\ sin\theta = 25 \times sin37^o$$

$$F_x = 25 \times 0.6 = 15\ N$$

$$F_y = F\ cos\theta = 25 \times cos37^o$$

$$F_y = 25 \times 0.8 = 20\ N$$

حل اخر:

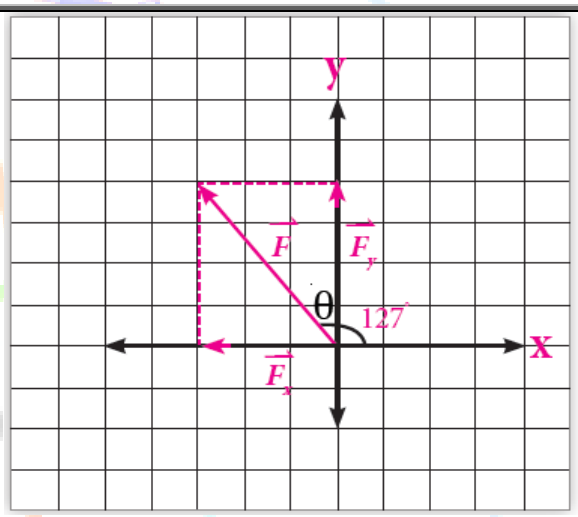
$$\theta = 180^o - 127^o = 53^o$$

$$F_x = F\ cos\theta = 25 \times cos53^o$$

$$F_x = 25 \times 0.6 = 15\ N$$

$$F_y = F\ sin\theta = 25 \times sin53^o$$

$$F_y = 25 \times 0.8 = 20\ N$$



وصف الحركة 1-2

الميكانيك : هو احد فروع علم الفيزياء الذي يدرس الحركة ويقسم الى فرعين الكاينيماتك والداينمك.

الكاينيماتك : وهو علم يهتم بوصف حركة الاجسام من غير النظر الى مسبباتها.

الداينمك : وهو علم يهتم بمسببات الحركة مثل القوة والطاقة.

الحركة : هي التغير في موقع جسم بالنسبة الى موقع جسم اخر يعد مرجعاً الى موضع الجسم الاول.

سؤال ما نوع الحركة لكل من ؟

1) سيارة على طريق افقية. 2) الارض حول محورها. 3) بندول حول موضع استقراره.

جواب 1) حركة انتقالية. 2) حركة دورانية. 3) حركة اهتزازية.

سندرس في هذا الفصل أنماط اساسية من الحركة , إذ نتعرف اولاً على مفاهيم الموقع , والازاحة , والسرعة , والتعجيل للأجسام , في حالة حركتها ببعد واحد ثم نتطرق الى الحديث عن حركة الأجسام , في بعدين مع بعض التطبيقات.

أطر الاسناد 2-2

سؤال علام يعتمد الحكم على كون جسم ما اهو ساكن ام متحرك ؟

جواب يعتمد على حدوث تغير في موقع الجسم ام عدم حدوث تغير نسبة الى نقطة ثابتة بالنسبة الى اطار اسناد قصوري تسمى هذه النقطة بنقطة الاسناد.

انتبه /

- تعتبر الارض وكل ما عليها مثل الاشجار والطرق والجبال والمنازل والاعمدة أطر اسناد (على فرض ان الارض ساكنة) .
- الاجسام المتحركة بسرعة غير ثابتة مثل السحب المتحركة أو الطائرة المتحركة أو السيارة فلا يمكن ان نتخذها نقطة اسناد.
- الجسم الذي لا يغير موقعه بالنسبة الى نقطة اسناد معينة يعد ساكناً اما اذا غير موقعه بالنسبة الى نقطة اسناد معينة فهو يعتبر متحرك.

الموقع والازاحة والمسافة 3-2

الموقع : هو كمية متجه لها مقدار و اتجاه معين نسبة الى نقطة الاصل على احد المحاور الثلاثة للإحداثيات الكارتيزية (x, y, z) , واي جسم يتغير موقعه بالنسبة الى نقطة اسناده يعتبر متحركاً.

مثال / عداء موقعه الابتدائي عند الاحداثي (x) الموجب $(\vec{x}_i = +5\ m)$ تحرك شرقاً فكان موقعه النهائي $(\vec{x}_f = +12\ m)$ ان التغير في موقع الجسم يسمى الازاحة , وازاحة العداء هنا هو التغير أو الفرق بين موقعه النهائي وموقعه الابتدائي ويرمز لها بالرمز $(\Delta\vec{x})$:

$$\Delta\vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i = 12 - 5 = +7\ m$$

افرض ان العداء تحرك من موقعه الابتدائي $(x_i = +5\ m)$ باتجاه معاكس الى موقعه النهائي $(x_f = +1\ m)$. فان ازاحة العداء في هذه الحالة تكون :-

$$\Delta\vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_1 \implies \Delta x = 1 - 5 = -4\ m$$

الازاحة : هي التغير في متجه موقع الجسم وتمثل الفرق بين موقعه النهائي وموقعه الابتدائي.

لذلك فان ازاحة الجسم تعطى بالعلاقة الاتية : $\Delta\vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$

وحدة القياس		رمز الكمية	اسم الكمية الفيزيائية
m	المتر	$\Delta\vec{x}$	ازاحة الجسم (متجه موقع الجسم).
m	المتر	$\vec{x}_i$	متجه الموقع الابتدائي للجسم.
m	المتر	$\vec{x}_f$	متجه الموقع النهائي للجسم.

✓ الرمز (Δ) يعني التغير او الفرق وهو حرف لاتيني يلفظ دلتا.

اذا تحرك العداء من موقعه الابتدائي $(\vec{x}_i = 5\ m)$ الى الموقع $(x = +20\ m)$ ثم عاد العداء الى نفس النقطة (الموقع) $(\vec{x}_f = 5\ m)$ فأن الازاحة $(\Delta\vec{x})$ تكون صفر.

$$\Delta\vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i = (20 - 5) + (5 - 20) = 15 - 15 = 0$$

المسافة :

تكون المسافة الكلية التي قطعها العداء هي $(30\ m)$ لان المسافة كمية مقدارية تجمع جمعاً جبرياً ولا تؤخذ الاشارة بنظر الاعتبار: $d = |15| + |-15| = 15 + 15 = 30\ m$

ملاحظات

- اي كمية متجهة اذا تحركت من موقعها الابتدائي نحو اليمين او الاعلى تأخذ اشارة موجبة واذا تحركت الى اليسار او الاسفل تأخذ اشارة سالبة.
- وان اي كمية متجهة اذا تحركت من موقعها الابتدائي الى موقع اخر نهائي ثم عادت الى موقعها الاصلي الابتدائي فأن المحصلة تساوي صفر.

4-2 السرعة المتوسطة

يعبر عن السرعة المتوسطة بالعلاقة الرياضية التالية :

العلاقة الاتجاهية للسرعة

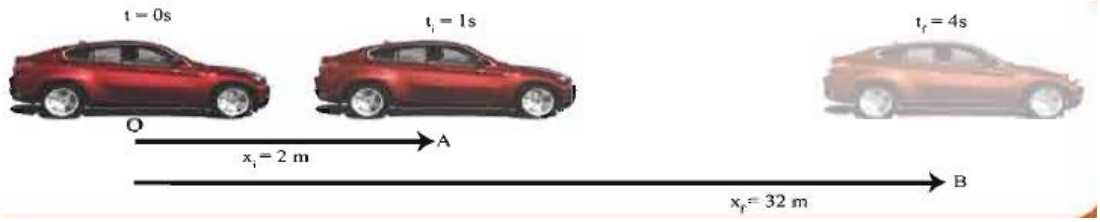
$$\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

اما العلاقة القياسية للسرعة المتوسطة فتعطى بالعلاقة التالية :

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$

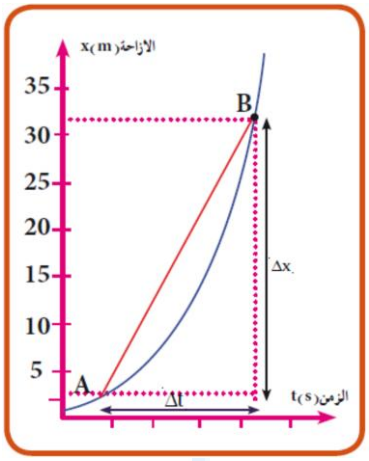
اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
السرعة المتوسطة	v_{avg}	متر/ ثانية	m/s
الازاحة الكلية المقطوعة	Δx	متر	m
الزمن المستغرق	Δt	ثانية	sec

مثال / تحركت سيارة من نقطة الاصل (0) من السكون $(t = 0)$ وبالاتجاه الموجب لمحور (x) ووصلت الى النقطة (A) تبعد $(2\ m)$ عن نقطة (0) خلال زمن قدره $(t = 1\ s)$ وبعد فترة زمنية $(t = 4\ s)$ وصلت الى النقطة (B) والتي تبعد $(32\ m)$ من نقطة الاصل احسب السرعة المتوسطة.



$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{|x_f| - |x_i|}{t_f - t_i} = \frac{32-2}{4-1} = \frac{30}{3} = 10\ m/s$$

المخطط البياني (الازاحة – الزمن) كما موضح في الشكل المجاوريبين كيفية التغير



الحاصل في موقع الجسم خلال فترات زمنية مختلفة , ان ميل $(slope)$ الخط

المستقيم الواصل بين النقطتين (A) و(B) هو:

$$tan\theta = slope = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

$$\because \ \vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

لذا فان ميل الخط المستقيم $(slope)$ في مخطط (الازاحة – الزمن) يمثل السرعة المتوسطة.

$$v_{avg} = slope = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

السرعة المتوسطة (معدل السرعة) $\vec{v}$ يمكن ان تكتب بالصيغة الاتية :

$$\vec{v} = \frac{v_i + v_f}{2}$$

تذكر

اشارة السرعة المتوسطة تتخذ اشارة الازاحة نفسها فاذا كانت الازاحة بالاتجاه الموجب للمحور (x) فان السرعة المتوسطة موجبة , اما اذا كانت الازاحة بالاتجاه السالب للمحور (x) فان السرعة المتوسطة سالبة.

5-2 الانطلاق المتوسط

هو نسبة المسافة الكلية المقطوعة الى الزمن المستغرق.

اي ان :

$$v_{avg} = \frac{d}{t}$$

اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
الانطلاق المتوسط	v_{avg}	متر/ ثانية	m/s
المسافة الكلية المقطوعة	d	متر	m
الزمن المستقرق	t	ثانية	sec

تذكر:

1) المسافة المقطوعة هي كمية قياسية (كمية عددية أو مقدارية) لذا فان الانطلاق المتوسط هو كمية قياسية ايضاً.

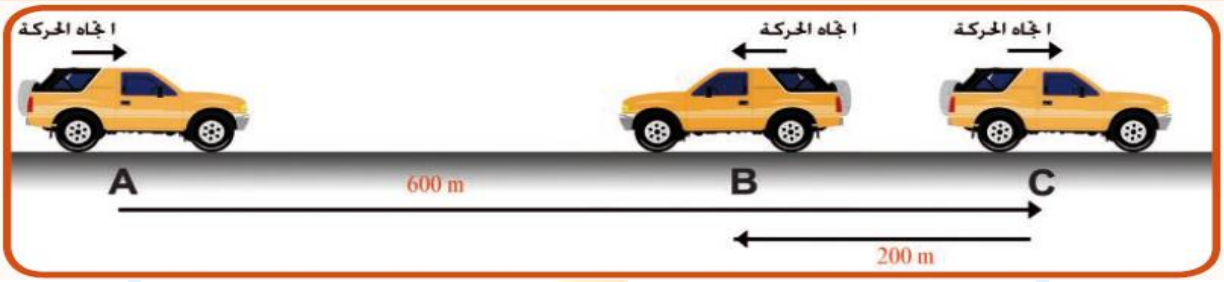
2) اذا انتقل جسم ما على مسار مستقيم فان مقدار سرعته المتوسطة يساوي انطلاقه المتوسط اي ان الانطلاق يعبر عن المقدار العددي للسرعة.

مثال (كتاب) 1

السيارة في الشكل المرسوم بدأت بالحركة من السكون عند النقطة (A) وبالاتجاه الموجب لمحور (x) فوصلت الى النقطة (C) بعد مضي $(80\ s)$ ثم استدارت وتحركت باتجاه معاكس حتى توقفت عند النقطة (B) خلال $(20\ s)$ احسب .

1) الانطلاق المتوسط خلال الفترة الاولى $(80\ s)$. 2) السرعة المتوسطة خلال الفترة الاولى $(80\ s)$.

3) الانطلاق المتوسط خلال الفترة الكلية $(100\ s)$. 4) السرعة المتوسطة خلال الفترة الكلية $(100\ s)$.



1) عند حركة السيارة من نقطة (A) الى نقطة (C).

$$v_{avg} = \frac{d}{t} = \frac{600}{80} = 7.5\ m/s$$

2) عند حركة السيارة من نقطة (A) الى نقطة (C).

$$v_{avg} = \frac{d}{t} = \frac{600}{80} = 7.5\ m/s$$

3) الانطلاق المتوسط للسيارة اثناء حركتها من نقطة (A) الى نقطة (b) يحسب من العلاقة :

$$v_{avg} = \frac{d}{t} = \frac{600+200}{80+20} = \frac{800}{100}$$
$$v_{avg} = 8\ m/s$$

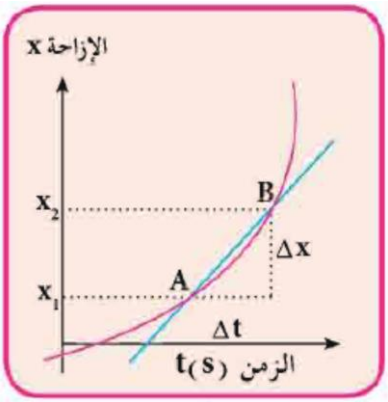
4) عند اخذ الحركة الكلية للسيارة من موقعها الابتدائي (A) الى موقعها النهائي (B).

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{\Delta t} = \frac{600-200}{100}$$
$$v_{avg} = \frac{400}{100} = 4\ m/s$$

السرعة الانية والانطلاق الاني 6-2

سؤال ما المقصود بالسرعة الانية ؟

جواب **السرعة الانية :** هي مقدارسرعة الجسم المتحرك عند اي لحظة معينة اوهي سرعة الجسم المتحرك عند اية لحظة في منحني (الازاحة – الزمن).

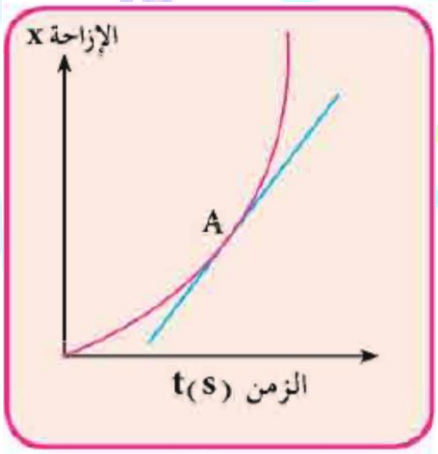


نجد السرعة المتوسطة والتي تساوي الميل $(slope)$.

$$\vec{v}_{avg} = Slope = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

عند تقريب النقطة (B) من النقطة (A) ستكون قيم $(\Delta x, \Delta t)$ صغيرة فيكون الميل اصغروبالتالي قيم السرعة المتوسطة اقل.

واذا استمرينا بتقريب الموقع (B) اقرب بكثيرمن الموقع (A) فان مقاديركل من $(\Delta t , \Delta x)$ تقترب من الصفرحتى يصبح الخط المستقيم مماساً للمنحنى عند النقطة (A) كما في الشكل $(9 - c)$ وان ميل المستقيم يعطي مقدارالسرعة الانية للسيارة عند النقطة (A).



(9-c)

الحركة بسرعة منتظمة 7-2

هي حركة الجسم على خط مستقيم عندما يقطع ازاحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية.

اما معادلة الحركة بسرعة ثابتة اوبسرعة منتظمة اواقصى سرعة فهي :

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

التعجيل 8-2

التعجيل : هو المعدل الزمني للتغير في مقدار سرعة الجسم وهو كمية اتجاهية.

اي ان :

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

وبما ان السرعة كمية اتجاهية لذا فالتعجيل كمية اتجاهية ايضاً و اتجاهه هو اتجاه تغير السرعة نفسه.

واذا كان تغير السرعة ثابتاً او منتظماً مع الزمن فان التعجيل يكون منتظماً اي ان :

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
تعجيل الجسم	a	متر/ثا2	m/s^2
السرعة الابتدائية	v_1	متر/ثانية	m/s
السرعة النهائية	v_2	متر/ثانية	m/s
الزمن المستغرق	Δt	ثانية	sec

ملاحظات

1) تعجيل الجسم ويكون اما تسارعي (موجب) عندما تكون السرعة متزايدة او تباطؤي (سالب) عندما تكون السرعة متناقصة.

2) يمتلك الجسم تعجيلاً اذا تغيرت سرعته مقداراً او اتجاهاً (عندما تسير مركبة على منعطف افقي بمسار دائري بانطلاق ثابت ويدعى تعجيلها في هذه الحالة تعجيلاً مركزياً (a_c) او بتغير المقدار والاتجاه معا اما اذا كانت السرعة ثابتة المقدار والاتجاه فان تعجيلها يساوي صفر $(a = 0)$.

3) تكون السرعة متغيرة اذا تغير مقدارها فقط او اتجاها فقط او الاثنين معاً (المقدار والاتجاه) وتكون ثابتة اذا ثبت مقدارها و اتجاهها.

معادلات الحركة الخطية بتعجيل منتظم 9-2

سؤال اشتق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن.

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right).\Delta t$$

$$v_f = v_i + a\,\Delta t$$

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_i + a.\Delta t}{2}\right).\Delta t$$

$$\Delta x = \left(\frac{2v_i + a.\Delta t}{2}\right).\Delta t$$

$$\Delta x = \frac{2\,v_i}{2}.\Delta t + \frac{a\,(\Delta t)^2}{2}$$

$$\therefore\ \Delta x = v_1\,\Delta t + \frac{1}{2}\,a(\Delta t)^2$$

سؤال اشتق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والسرعة النهائية والزمن .

$$v_{avg} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$v_{avg} = \frac{v_i + v_f}{2} \ldots\ldots\ldots (2)$$

من تساوي المعادلتين (1) و(2) نحصل على .

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{v_i + v_f}{2}$$

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right).\Delta t$$

سؤال اشتق معادلة السرعة النهائية بدلالة السرعة الابتدائية والزمن.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

$$v_f - v_i = a\,\Delta t$$

$$v_f = v_i + a\,\Delta t$$

سؤال اشتق معادلة السرعة النهائية بدلالة التعجيل والازاحة والسرعة الابتدائية.

$$v_f = v_i + a\,\Delta t$$

$$\Delta t = \frac{v_f - v_i}{a} \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\therefore\ \Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right).\Delta t \ldots\ldots\ldots (2)$$

بتعويض معادلة (1) في(2) نحصل على

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right).\left(\frac{v_f - v_i}{a}\right)$$

$$\Delta x = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\,a}$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2a\,\Delta x$$

$$\therefore\ v_f^2 = v_i^2 + 2\,a\,\Delta x$$

معادلات الحركة الخطية بتعجيل منتظم			
$v_f = v_i + a\,\Delta t$	1	$v_f^2 = v_i^2 + 2\,a\,\Delta x$	3
$\Delta x = v_1\,\Delta t + \frac{1}{2}\,a(\Delta t)^2$	2	$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right).\Delta t$	4

ملاحظات

1) عندما يبدأ الجسم بالحركة من السكون فأن السرعة الابتدائية $(v_i = 0)$ فتكون المعادلة الاخير:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\,a\,\Delta x \implies v_f^2 = \sqrt{2\,a\Delta x}$$

2) عندما يتباطئ الجسم خلال حركته ثم يتوقف عن الحركة فأن سرعته النهائية $(v_f = 0)$.

3) التعجيل الخطي (a) يعوض باشارة موجبة عندما تكون حركة الجسم متزايدة ويعوض سالب عندما تكون الحركة متباطئة.

معادلات الحركة بتعجيل منتظم	بداية الحركة من السكون $(v_i = 0)$.	عندما يتوقف الجسم عن الحركة $(v_f = 0)$.	الحركة بسرعة منتظمة $(a = 0)$.
$v_f = v_i + a\,\Delta t$	$v_f = a\,\Delta t$	$v_i = -a\,\Delta t$	$v_f = v_i$
$\Delta x = v_i\,\Delta t + \frac{1}{2}\,a(\Delta t)^2$	$\Delta x = \frac{1}{2}\,a(\Delta t)^2$	$\Delta x = v_i\,\Delta t + \frac{1}{2}\,a(\Delta t)^2$	$\Delta x = v_i\,.\Delta t$
$v_f^2 = v_i^2 + 2\,a\,\Delta x$	$v_f^2 = 2\,a\,\Delta x$	$v_i^2 = -2\,a\,\Delta x$	$v_f^2 = v_i^2$

وحدة القياس		رمز الكمية	اسم الكمية الفيزيائية
m/s^2	متر/ ثانية 2	a	التعجيل الخطي للجسم
m/s	متر/ ثانية	v_i or v_1	السرعة الابتدائية
m/s	متر/ ثانية	v_f or v_2	السرعة النهائية
m	متر	Δx	الازاحة (المسافة) المقطوعة
sec	ثانية	Δt	الزمن المقطوع

مثال (كتاب) 2

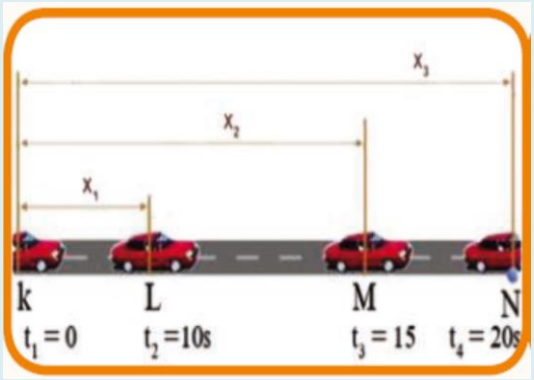
احسب مقدار التعجيل بين نقطتين والمثبتة على الرسم للسيارة في الشكل (16) علماً ان $(v_k = 20\ m/s)$, $(v_L = 30\ m/s)$, $(v_M = 30\ m/s)$, $(v_N = 25\ m/s)$ خلال الفترات الزمنية الاتية :

1) $(t_1 = 0\ s)$ و $(t_2 = 10\ s)$ بين النقطتين (k, L).

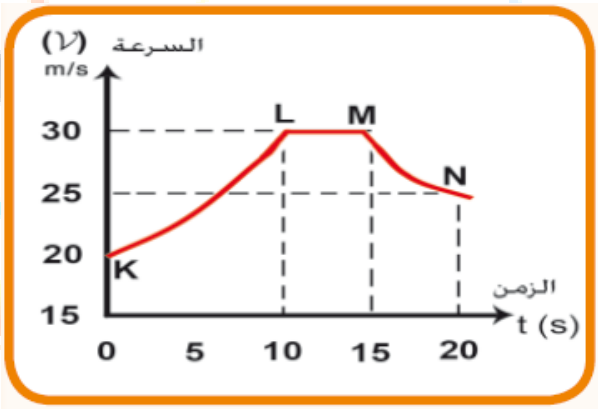
2) $(t_2 = 10\ s)$ و $(t_3 = 15\ s)$ بين النقطتين (L, M).

3) $(t_3 = 15\ s)$ و $(t_4 = 20\ s)$ بين النقطتين (M, N).

4) $(t_1 = 0\ s)$ و $(t_4 = 20\ s)$ بين النقطتين (K, N).



∵ ميل المستقيم في الرسم البياني (السرعة – الزمن) أي $(v - t)$ الشكل (16) يساوي تعجيل الجسم (a) فيكون التعجيل بين النقطتين (L) و (K) :



الشكل (16)

$$1)\ a_{(KL)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_L - v_K}{t_L - t_K}$$

$$a_{(KL)} = \frac{30 - 20}{10 - 0} = \frac{10}{10} = 1\ \frac{m}{s^2}$$

(يكون التعجيل موجباً عند التسارع).

$$2)\ a_{(LM)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_M - v_L}{t_M - t_L}$$

$$a_{(LM)} = \frac{30 - 30}{15 - 10} = \frac{0}{5} = 0\ \frac{m}{s^2}$$

(يكون التعجيل صفراً لان السرعة ثابتة).

$$3)\ a_{(MN)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_N - v_M}{t_N - t_M}$$

$$a_{(MN)} = \frac{25 - 30}{20 - 15} = \frac{-5}{5} = -1\ \frac{m}{s^2}$$

(يكون التعجيل سالباً لأنه تباطؤ).

$$4)\ a_{(KN)} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_N - v_K}{t_N - t_K}$$

$$a_{(KN)} = \frac{25 - 20}{20 - 0} = \frac{5}{20} = 0.25\ \frac{m}{s^2}$$

(يكون التعجيل موجباً لأنه تسارع).

سؤال اثرائي 1

احسب ازاحة جسم انطلق بسرعة ابتدائية مقدارها $(8\ m/s)$, وبتعجيل مقداره $(2\ m/s^2)$ خلال مدة $(6\ sec)$.

الجواب /

سؤال اثرائي 2

قطعت سيارة مسافة $(64\ m)$ بتعجيل قدره $(4\ m/s^2)$ خلال $(4\ sec)$, احسب السرعة الابتدائية للسيارة.

الجواب /

سؤال اثرائي 3

انطلقت شاحنة من السكون بتعجيل قدره $(1\ m/s^2)$, جد مقدار سرعتها النهائية اذا علمت ان مقدار ازاحة الشاحنة $(200\ m)$.

الجواب /

سؤال اثرائي 4

بدأ قطار حركته من السكون بتعجيل ثابت لمدة $(50\ sec)$, حيث بلغت سرعته $(25\ m/s)$, احسب : 1) تعجيل القطار. 2) المسافة التي قطعها القطار.

الجواب /

سؤال اثرائي 5

يتحرك جسم من نقطة الاصل وعلى المحور (x) بتعجيل منتظم بدءاً من السكون , جد موضع الجسم بعد مضي $(4\ s)$ من بدء حركته , علماً بأن سرعته عندئذ هي $(10\ m/s)$, جد مقدار تعجيله.

الجواب /

سؤال اثرائي 6

تتحرك سيارة من السكون على خط مستقيم بتعجيل منتظم مقداره $(4\ m/s^2)$ جد : 1) الزمن اللازم حتى تقطع السيارة مسافة $(32\ m)$. 2) سرعة السيارة في نهاية هذه المدة.

اختبر فهمك

سؤال 1 بدأ جسم حركته من السكون وتحرك بتعجيل ثابت مقداره $(4\ m/s^2)$, فإذا تحرك لمدة $(5\ sec)$, اجب عما يلي : 1) ما مقدار السرعة الابتدائية للجسم. 2) ما مقدار تعجيل الجسم في الثانية الاخيرة. 3) ما مقدار سرعة الجسم بعد $(3\ sec)$. 4) ما المسافة التي يقطعها الجسم بعد الثانية الثانية. 5) ما المسافة التي يقطعها الجسم في الثانية الثالثة. 6) ما سرعة الجسم بعد $(5\ sec)$. 7) ما مقدار سرعة الجسم بعد $(1\ sec)$. 8) ما المسافة التي يقطعها الجسم في الثانية الخامسة. 9) احسب المسافة الكلية التي يقطعها الجسم. 10) احسب سرعة الجسم النهائية.

سؤال 2 كرة سرعتها الابتدائية $(5\ m/s)$ وتعجيلها $(3\ m/s^2)$, جد ازاحة الكرة عندما تصل سرعتها النهائية الى $(25\ m/s)$. الجواب/ $(100\ m)$.

سؤال 3 اوجد الزمن اللازم لسيارة لكي تقطع مسافة $(50\ m)$, اذا بدات من السكون وتسارعت بمعدل $(4\ m/s^2)$, ثم اوجد السرعة النهائية السيارة.
الجواب/$(5\ sec\ ,\ 20\ m/s)$.

سؤال 4 اوجد السرعة الابتدائية لسيارة تتحرك بتعجيل مقداره $(2\ m/s^2)$, ثم توقفت بعد مرور زمن مقداره $(5\ sec)$. الجواب/ $(10\ m/s)$.

سؤال 5 يتحرك جسم بتعجيل منتظم فبلغت سرعته في نهاية الثانية الخامسة $(20\ m/s)$, وفي نهاية الثانية التاسعة $(32\ m/s)$, احسب : 1) تعجيل الجسم. 2) السرعة التي بدأ بها الجسم. 3) المسافة التي قطعها الجسم في نهاية كل من الثانية الخامسة والتاسعة. الجواب/ $(3\frac{m}{s^2}\ ,\ 5\frac{m}{s}\ ,\ 62.5\ m\ ,\ 166.5\ m)$.

سؤال 6 تتحرك رصاصة في خط مستقيم افقي بسرعة $(400\ m/s)$ اصابت هدف ثابتاً فغاصت فيه مسافة مقدارها $(25\ cm)$ حتى سكنت داخل الهدف , على فرض ان الرصاصة تتحر داخل الهدف بتعجيل ثابت اوجد سرعتها عندما تكون قد غاصت مسافة مقدارها $(9\ cm)$ داخل الهدف. الجواب/ $(320\ m/s)$

تعجيل الجاذبية 10-2

اجريت تجارب عدة باستعمال اجسام ثقيلة نسبياً متساوية في الحجم ومختلفة في الوزن وساقطة من الارتفاع نفسه فحصل على نتائجه المعروفة وهي سقوط جميع الاجسام من الارتفاع نفسه على الارض بالطريقة نفسها (بتعجيل ثابت) وبفترة زمنية نفسها بغض النظر عن وزنها وبغياب تأثير مقاومة الهواء في الاجسام الساقطة مثل (تجربة التفاحة والريشة) لقد وجد عملياً ان التفاحة والريشة تصلان معاً وبالسرعة نفسها (بغياب مقاومة الهواء).

تعجيل الجاذبية : هو سقوط جميع الاجسام من الارتفاع نفسه على الارض بالطريقة نفسها (بتعجيل ثابت) بغض النظر عن وزنها.

سؤال ما سبب تعجيل الجاذبية الارضية ؟

جواب سببه قوة جذب الارض للجسم.

السقوط الحر:- هو سقوط الجسم من ارتفاع معين بتأثير قوة جذب الارض له (بأثير وزنه).

- جميع الاجسام الساقطة سقوطاً حراً او مقذوفاً راسياً نحو الاعلى او مقذوفة راسياً نحو الاسفل تتحرك بالتعجيل نفسه هو تعجيل الجاذبية الارضية (التعجيل الارضي) ورمزه (g) وبالرغم من ان مقداره يختلف من مكان الى اخر بالقرب من سطح الارض حيث يقل مقداره عند الابتعاد عن سطح الارض ولكن مع ذلك يعتبر مقداره ثابت ويساوي تقريباً $(g = -9.8\ m/s^2)$ واحياناً يقرب الى $(g = -10\ m/s^2)$ ويكون بإشارة سالبة دائماً لأنه يتجه نحو الاسفل.
- ان قوانين السقوط الحر وقوانين الاجسام المقذوفة شاقولياً نحو الاعلى او نحو الاسفل هي نفسها قوانين الحركة بتعجيل منتظم ولكن باستبدال التعجيل الخطي (a) بالتعجيل الارضي (g) واستبدال الازاحة الافقية (Δx) بالازاحة الراسية (Δy).

11-2 معادلات الحركة في السقوط الحر

تكون قوانين السقوط الحر للأجسام هي نفسها قوانين الحركة الخطية على خط مستقيم بتعجيل منتظم ولكن باعتبار ان التعجيل الخطي هو التعجيل الارضي (g) .

للأجسام الساقطة سقوطاً حراً وبالتعويض عن $(v_i = 0)$ في معادلات الحركة الخطية تحصل على :

معادلات الحركة في السقوط الحر	معادلات الحركة للمقذوفات راسياً نحو الاعلى او نحو الاسفل
$v_f = g\,\Delta t$	$v_f = v_i + g\,\Delta t$
$\Delta y = \frac{1}{2} g\,(\Delta t)^2$	$\Delta y = v_i\,\Delta t + \frac{1}{2} g\,(\Delta t)^2$
$v_f = \sqrt{2g\,\Delta y}$	$v_f^2 = v_i^2 + 2g\,\Delta y$

اسئلة فكر؟ صفحة 41 ؟

سؤال عند قذف كرة شاقولياً نحو الاعلى فان سرعتها تساوي صفراً لحظة وصولها الى اعلى نقطة من مسارها . فهل يعني بالضرورة ان تعجيلها يساوي صفراً ؟

جواب لا يعني ان تعجيلها يساوي صفراً لان تعجيلها هو تعجيل الجاذبية الارضية والذي يساوي $(g = -9.8\ m/s^2)$ في اي نقطة من مساره.

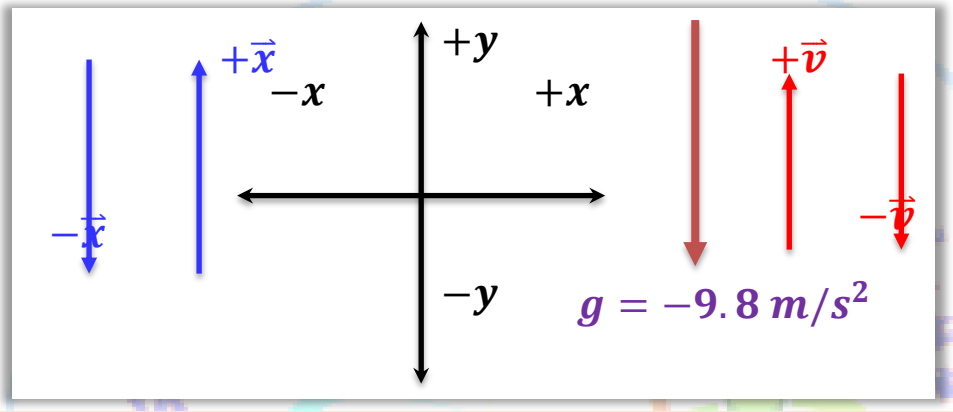
سؤال سيارة تسير بخط مستقيم باتجاه $(-x)$ وبتعجيل موجب باتجاه $(+x)$ هل يعني ان حركة السيارة بتسارع ام تباطؤ؟

جواب حركة السيارة بتسارع لان تعجيلها موجب حيث يكون التعجيل موجب عند التسارع وسالب عن التباطؤ.

اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
السرعة الابتدائية	v_i	متر / ثانية	m/s
السرعة النهائية	v_f	متر / ثانية	m/s
التعجيل الارضي	g	متر / ثانية2	m/s^2
الارتفاع او الازاحة الشاقولية	Δy	متر	m
الزمن المستغرق	Δt	ثانية	s

ملاحظات

❖ تعد متجهات كل من الازاحة والسرعة المبتعدة شاقولياً عن سطح الارض موجبة $(+)$ لانها باتجاه المحور $(+y)$ وتعد تلك المتجهات المقتربة شاقولياً من سطح الارض سالبة $(-)$ لانها باتجاه المحور $(-y)$ كما في الشكل (a) , وبما ان متجه التعجيل الارضي هو شاقولي ومتجهٌ نحو مركز الارض دائماً لذا تكون اشارته سالبة $(-)$ دائماً اي $(g = -9.8\ m/s^2)$ كما في الشكل.



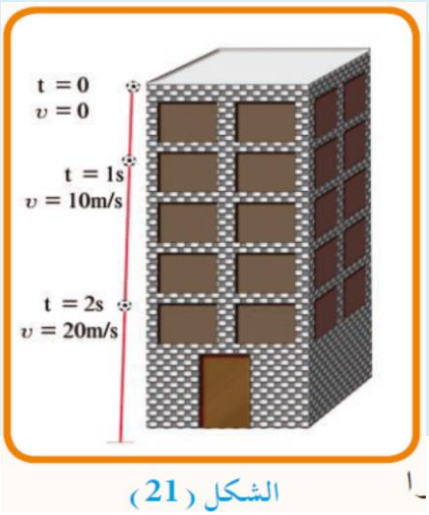
❖ كل جسم ساقط سقوطاً حراً تكون سرعته الابتدائية تساوي صفر $(v_i = 0)$ اما سرعته النهائية فهي اعظم ما يمكن $(v_f = \max)$ وتعوض سالبة.

❖ كل جسم مقذوف راسياً نحو الاعلى فان سرعته في اعلى نقطة (السرعة النهائية) تساوي صفر $(v_f = 0)$ اما السرعة الابتدائية فهي اعظم ما يمكن $(v_i = \max)$ وتعوض موجبة.

❖ كل جسم مقذوف راسياً نحو الاسفل فان سرعته الابتدائية $(v_i \neq 0)$ وتعوض سالبة وكذلك سرعته النهائية $(v_f \neq 0)$ وتعوض سالبة.

مثال (كتاب) 3

من سطح بناية سقطت كرة سقوطاً حراً الشكل (21) فوصلت سطح الارض بعد فترة زمنية $(3\ s)$ احسب مقدار:



الشكل (21)

1) ارتفاع سطح البناية.

2) سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الارض وبأي اتجاه.

3) سرعة وارتفاع الكرة فوق سطح الارض بعد مرور $(1\ s)$ من سقوطها.

افرض ان مقدار التعجيل الارضي $(g = -10\ m/s^2)$.

1) تكون السرعة الابتدائية (v_i) للسقوط الحر

دائماً = صفر

$$\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} g . \Delta t^2$$

$$\Delta y = 0 + \frac{1}{2} \times (-10) \times (3)^2$$

$$\Delta y = -45\ m \Longrightarrow h = \Delta y = 45\ m$$

الاشارة السالبة تعني ان ازاحة الكرة تتجه نحو

الاسفل فيكون ارتفاع سطح البناية فوق سطح

الارض $(h = +45\ m)$.

2) $v_f = v_i + g\,\Delta t$

$$v_f = 0 + (-10) \times 3 = -30 \frac{m}{s}$$

الاشارة السالبة تعني ان سرعة الكرة تتجه نحو

الاسفل.

3) $v_f = v_i + g\,\Delta t$

$$v_f = 0 + (-10) \times 1$$

$$v_f = -10\ m/s$$

$$\Delta y = v_i \Delta t + \frac{1}{2} g . \Delta t^2$$

$$\Delta y = 0 + \frac{1}{2} (-10) \times (1)^2$$

$$\Delta y = -5\ m$$

$$h = \Delta y = 45 - 5 = 40\ m$$

مثال (كتاب) 4

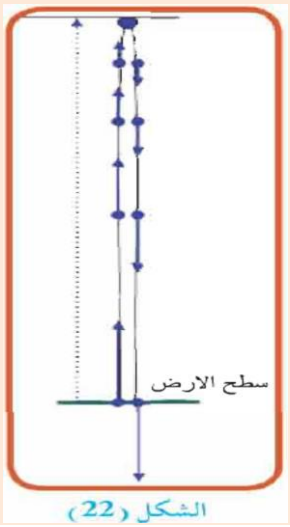
من نقطة عند سطح الارض قذفت كرة صغيرة بانطلاق $(40\ m/s)$ شاقولياً نحو الاعلى , الشكل (22) (اهمل تاثير الهواء في الكرة) . احسب مقدار:

1) اعلى ارتفاع ممكن ان تصله الكرة فوق سطح الارض.

2) الزمن الذي تستغرقه الكرة من لحظة قذفها لحين وصولها الى اعلى ارتفاع لها.

3) سرعتها وارتفاعها فوق سطح الارض عند اللحظة $(t = 2\ s)$.

4) سرعتها لحظة اصطدامها بسطح الارض.



الشكل (22)

1) $v_f^2 = v_i^2 + 2g\,\Delta y$

$0 = (40)^2 + 2(-10)\Delta y$

$1600 = 20\,\Delta y$

$\Delta y = \frac{1600}{20} = 80\ m$

$h = \Delta y = 80\ m$

2) $v_f = v_i + g\,\Delta t$

$0 = (40) + (-10)\,\Delta t$

$40 = 10\,\Delta t$

$\Delta t = \frac{40}{10} = 4\ sec$

3) $v_f = v_i + g\,\Delta t$

$v_f = (40) + (-10) \times 2$

$v_f = 40 - 20 = 20\ m/s$

$\Delta y = v_i\,\Delta t + \frac{1}{2} g(\Delta t)^2$

$\Delta y = 40 \times 2 + \frac{1}{2}(-10)(2)^2$

$\Delta y = 80 - 20 = 60\ m$

$\therefore\ \Delta y = h = 60\ m$

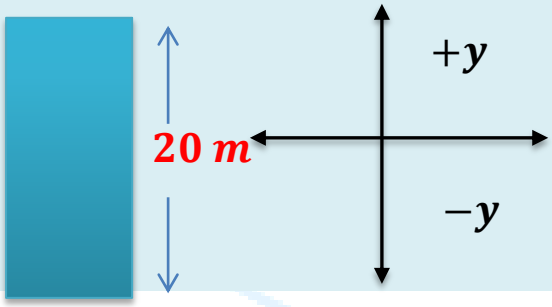
4) $v_f = v_i + g\,\Delta t$

$v_f = 0 + (-10) \times 4 = -40\ m/s$

ملاحظة / زمن صعود الكرة الى اعلى ارتفاع لها $(t = 4\ sec)$ = زمن نزول الكرة من اعلى ارتفاع لحين وصولها الى سطح الارض $(t = 4\ sec)$ فتكون $(v_i = 0)$.

سؤال اثرائي 1

سقط حجر من قمة بناية ارتفاعها $(20\ m)$, احسب ما يأتي :



1) سرعة الحجر لحظة اصطدامه بسطح الارض.

2) الزمن الذي استغرقه الحجر بالسقوط.

اعتبر التعجيل الارضي $(g = -10\ m/s^2)$.

سؤال اثرائي 2 قذف جسم راسياً الى الاعلى فكان اقصى ارتفاع وصل اليه الجسم $(45\ m)$,

جد : 1) السرعة الابتدائية التي قذف بها الجسم. 2) الزمن اللازم الذي يحتاجه الجسم للوصول الى اقصى ارتفاع. 3) الزمن المستغرق حتى يعود الجسم الى نقطة قذفه.

سؤال اثرائي 3 قذف جسم شاقولياً الى اعلى بسرعة ابتدائية مقدارها $(60\ m/s)$, اذا كان التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$ احسب : 1) اقصى ارتفاع يصل اليه الجسم. 2) الزمن اللازم لوصول الجسم الى اقصى ارتفاع.

سؤال اثرائي 4

قذف حجر شاقولياً الى الاعلى من ركن بناية عالية بسرعة مقدارها $(5\ m/s)$ وعند عودته لم يصطدم بالركن الذي قذف من بل سقط واصطدم بالارض بعد زمن مقداره $(3\ sec)$ من قذفه اعتبر $(10\ m/sec^2)$ احسب ما يأتي : 1) ارتفاع البناية. 2) سرعة الحجر عند رجوعه الى نقطة قذفه. 3) الزمن اللازم ليصل الحجر الى اعلى نقطة من مساره. 4) اعلى ازاحة يصل اليها الجسم من سطح الارض. 5) سرعة اصطدام الحجر بسطح الارض.

اختبر فهمك (اسئلة اثرائية)

سؤال 1 انزلق جسم من اعلى سطح مائل املس بتعجيل منتظم وقطع $(9\ m)$ امتار خلال $(3\ sec)$ من حركته من السكون , ما الزمن اللازم ابتداء من بدء الحركة لتصل سرعته الى $(24\ m/s)$.

الجواب/ $(10\ sec)$.

سؤال 2 اطلقت رصاصة شاقولياً الى اعلى بحيث تصل الى اعلى ارتفاع لها وقدره $(12250\ m)$ (اهمل مقاومة الهواء) احسب : 1) ما مقدار السرعة الابتدائية لقذف الرصاصة. 2) الزمن اللازم لعودة الرصاصة الى موضع اطلاقها. 3) متى تكون على ارتفاع $(7840\ m)$.

الجواب/ $(20\ sec\ ,\ 80\ sec\ ,\ 100\ sec\ ,\ 490\frac{m}{s})$.

سؤال 3 انطلق جسم بسرعة ابتدائية قدرها $(8\ m/s)$ وبتعجيل منتظم وقطع $(640\ m)$ خلال زمن قدره من بدء حركته $(40\ sec)$, جد : 1) متوسط سرعته خلال $(40\ sec)$ ؟ 2) سرعته النهائية بعد $(40\ sec)$ من انطلاقه. 3) تعجيل الجسم. الجواب/ $(0.4\ m/s^2\ ,\ 24\frac{m}{s}\ ,\ 16\frac{m}{s})$.

سؤال 4 سقط جسم من منطاد عندما كان على ارتفاع $(420\ m)$ عن سطح الارض فاذا كان المنطاد يرتفع الى الاعلى بسرعة $(8\ m/s)$ فمتى يصل الجسم الى سطح الارض ؟ الجواب/ $(10\ sec)$.

سؤال 5 ازدادت سرعة سيارة من $(8\ m/s)$ الى $(32\ m/s)$ وذلك في اثناء قطعها ازاحة قدرها $(80\ m)$ بتعجيل منتظم. a) ما مقدار ذلك التعجيل ؟ b) ما الزمن المستغرق لتلك الحركة ؟

الجواب/ $(4\ sec\ ,\ 6\frac{m}{s^2})$.

سؤال 6 قذف جسم افقياً من قمة برج ارتفاعة $(80\ m)$ فاذا اصطدم بالارض عند نقطة تبعد $(160\ m)$ افقياً عن قاعدة البرج فما : 1) زمن بقاء الجسم متحركاً. 2) سرعة قذف الجسم.

الجواب/ $(40\ m/s\ ,\ 4\ sec)$.

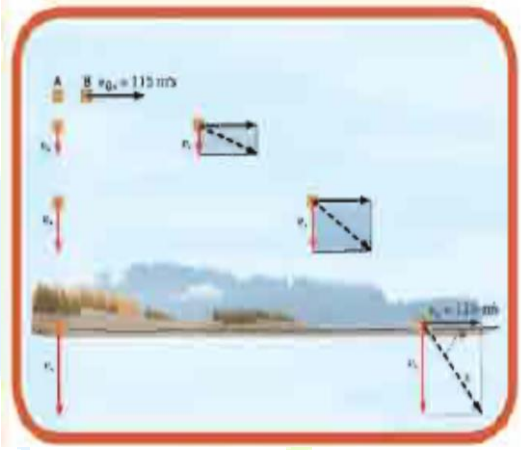
سؤال 7 ترك حجر ليسقط راسياً الى اسفل من قمة بناية فاستغرق $(5\ sec)$ ليصل الى سطح الارض , علماً بأن التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$, احسب : 1) السرعة التي يصل بها الحجر الى سطح الارض. 2) ارتفاع البناية. الجواب/ $(125\ m\ ,\ 50\frac{m}{s})$.

الحركة في بعدين (الحركة في مستوي) 12-2

من الامثلة المعروفة عن حركة الاجسام في بعدين هي حركة جسم مقذوف بزاوية في مجال الجاذبية الارضية مثل حركة جزئيات الماء الساقطة من الشلال و حركة الشرارات الكهربائية وغيرها.

- ان الفكرة في وصف حركة الاجسام في بعدين تعتمد على تمثيل هذه الحركة في المحورين الافقي $(x-axis)$ والشاقولي $(y-axis)$, ودراسة الحركة في بعد بشكل مستقل عن البعد الاخر.
- بما ان الحركتين الافقية والشاقولية لا تؤثر احداهما على الاخرى لذا نطبق معادلات الحركة ببعد واحد على كل من المحورين (x) و(y) , ونطلق عليهما تسمية المركبة الافقية (x) والمركبة الشاقولية (y).

الحركة الافقية للمقذوفات



حركة المقذوفات الافقية هي نتيجة محصلة نوعين من الحركة , النوع الاول حركة شاقولية تكون سرعة المقذوف $(\vec{v}_y)$ متغيرة بالمقدار والاتجاه بسبب تأثير قوة الجاذبية الارضية فيها والنوع الثاني حركة افقية تكون سرعة المقذوف $(\vec{v}_x)$ ثابتة المقدار والاتجاه بسبب عدم تأثير قوة الجاذبية الارضية فيها (فهي عمودية على مركبة متجه السرعة $(\vec{v}_y)$ لذا فأن السرعة المحصلة لهاتين السرعتين (v_f) تعطى بالمعادلة التالية :

اذا كان الجسم المقذوف افقياً من ارتفاع معين :

اذا قذف الجسم افقياً فإن $(\theta = 0)$ لذلك فان السرعة الابتدائية للمركبة الشاقولية تساوي صفر $(v_{1y} = 0)$ اما المركبة الافقية للسرعة (v_x) تعطى بالعلاقة التالية :

$$v_x = v$$

$$v_x = \mathrm{v}\cos\theta$$

اما معادلات هذه الحركة للمركبة الشاقولية فهي نفسها معادلات السقوط الحروهي :

$v_{2y} = \sqrt{2\,g\Delta y}$	$\Delta y = \frac{1}{2}\,g\,(\Delta t)^2$	$v_{2y} = g\,\Delta t$

اما المدى الافقي في مثل هذا النوع من الحركة يعطى بالعلاقة التالية :

$$R = v\,\Delta t_{\text{النزول}}$$

لذلك فان معادلات الحركة لمركبة السرعة الشاقولية للجسم المقذوف فوق الافق او تحت الافق بزاوية معينة (θ) بصورة عامة هي :

$v_{2y}^2 = (v\,sin\theta)^2 + 2\,g\Delta y$	$\Delta y = v\,sin\theta\,\Delta t + \frac{1}{2}\,g\,(\Delta t)^2$	$v_{2y} = v\,sin\theta + g\,\Delta t$

مع الانتباه الى ان التعجيل الارضي (g) يعوض سالب دائماً سواء كانت الحركة تحو الاعلى (فوق الافق) او نحو الاسفل (تحت الافق) وان كل من السرعة والازاحة تعوض موجب نحو الاعلى (فوق الافق) وسالب نحو الاسفل (تحت الافق).

مثال (كتاب) 5

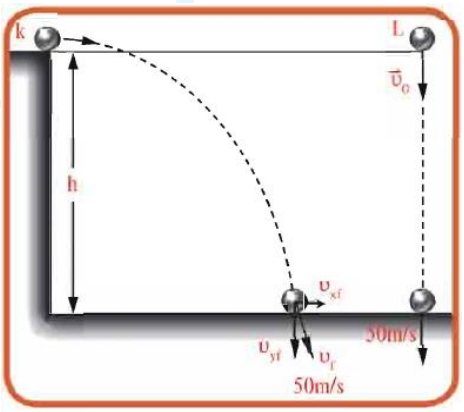
قذفت الكرة (k) بسرعة افقية مقدارها $(40\ m/s)$ من ارتفاع شاقولي (h) فضربت الارض بسرعة مقدارها $(50\ m/s)$ ومن الارتفاع نفسه قذفت الكرة (L) شاقولياً نحو الاسفل الشكل (26) بسرعة ابتدائية (v_o) فضربت سطح الارض بسرعة مقدارها $(50\ m/s)$ ايضاً احسب مقدار السرعة (v_o) للكرة (L).

$$(50)^2 = v_{yi}^2 + 2\times(-10)(-45)$$

$$2500 = v_{yi}^2 + 900$$

$$v_{yi}^2 = 2500 - 900 = 1600$$

$$v_{yi} = \sqrt{1600} = 40\ \text{m/sec}$$



الشكل (26)

$$v_{xf} = v_{xi} = 40\ \text{m/s}$$

$$v^2 = v_{xf}^2 + v_{yf}^2 \Longrightarrow (50)^2 = (40)^2 + v_{yf}^2$$

$$2500 = 1600 + v_{yf}^2$$

$$v_{yf}^2 = 2500 - 1600 = 900$$

$$v_{yf} = \sqrt{900} = 30\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{y2}^2 = v_{y1}^2 + 2\,g\,\Delta y$$

$$(30)^2 = 0 + 2\times(-10)\times\Delta y$$

$$900 = -20\,\Delta y \Longrightarrow \Delta y = \frac{900}{-20} = -45\ \text{m}$$

$$\therefore\ \Delta y = h = 45\ \text{m}$$

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2g\,\Delta t$$

سؤال (اثرائي) 1

اذا كان المدى الافقي لمقذوف بزاوية يساوي ثلاثة امثال اقصى ارتفاع يصل اليه الجسم , احسب مقدارزاوية القذف.

سؤال (اثرائي) 2

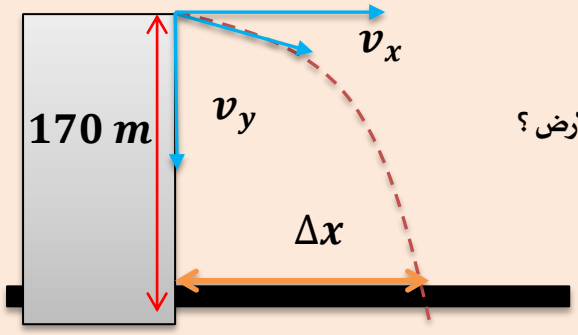
في الشكل المجاوراحسب السرعة التي يجب ان تطلق بها القذيفة من فوهة المدفع , لكي تصيب القذيفة , اعتبرالتعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$.

سؤال (اثرائي) 3

طائرة حربية اطلقت صاروخاً افقياً من ارتفاع $(180\ m)$ على هدف ارضي يبعد $(1800\ m)$ عن المسقط الشاقولي للطائرة , اوجد : 1) مركبة السرعة الشاقولية للصاروخ قبل اصطدامه بالارض مباشرة. 2) زمن وصول الصاروخ الى الهدف. 3) سرعة الصاروخ الابتدائية. 4) سرعة الصاروخ لحظة اصابته الهدف. 5) ارتفاع الصاروخ بعد $(5\ s)$ من لحظة القذف. 6) بعد الصاروخ عن الهدف بعد $(3\ s)$ من لحظة القذف.

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 يقذف جسم من سطح بناية ارتفاعها $(170\ m)$ وبزاوية (30^o) نحو الاسفل وبسرعة ابتدائية قدرها $(40\ m/s)$ كما موضح في الشكل المجاور.



1) كم يلزم من الوقت حتى يصل الجسم الى سطح الارض ؟

2) على اية مسافة من قاعدة البناية سيصطدم الجسم بسطح الارض ؟

3) وبأية زاوية مع المستوي الافقي ؟

الجواب/ $(4.14\ s\ ,\ 143.4\ m\ ,\ 60^o)$.

سؤال 2 لاعب كرة السلة طوله $(2\ m)$ يقف على بعد $(10\ m)$ من السلة , كما في الشكل المجاور, فإذا أراد ان يقذف الكرة بزاوية (40^o) فوق مستوي الافق فبأي سرعة ابتدائية يجب ان يطلق الكرة كي تسقط بالسلة , اذا علمت ان ارتفاع السلة عن سطح الارض $(3\ m)$.

الجواب/ $(10.73\ m/s)$.

سؤال 3 وجه خرطوم سيارة الاطفاء باتجاه (53^o) نحو نافذة المبنى على ارتفاع $(20\ m)$ عن سطح الارض فإحسب : 1) سرعة اندفاع الماء من الخرطوم ؟ 2) الزمن اللازم لوصول الماء الى النافذة ؟ 3) بعد سيارة الاطفاء عن النافذة ؟

الجواب/ $(25\ \frac{m}{s}\ ,\ 2\ s\ ,\ 30\ m)$.

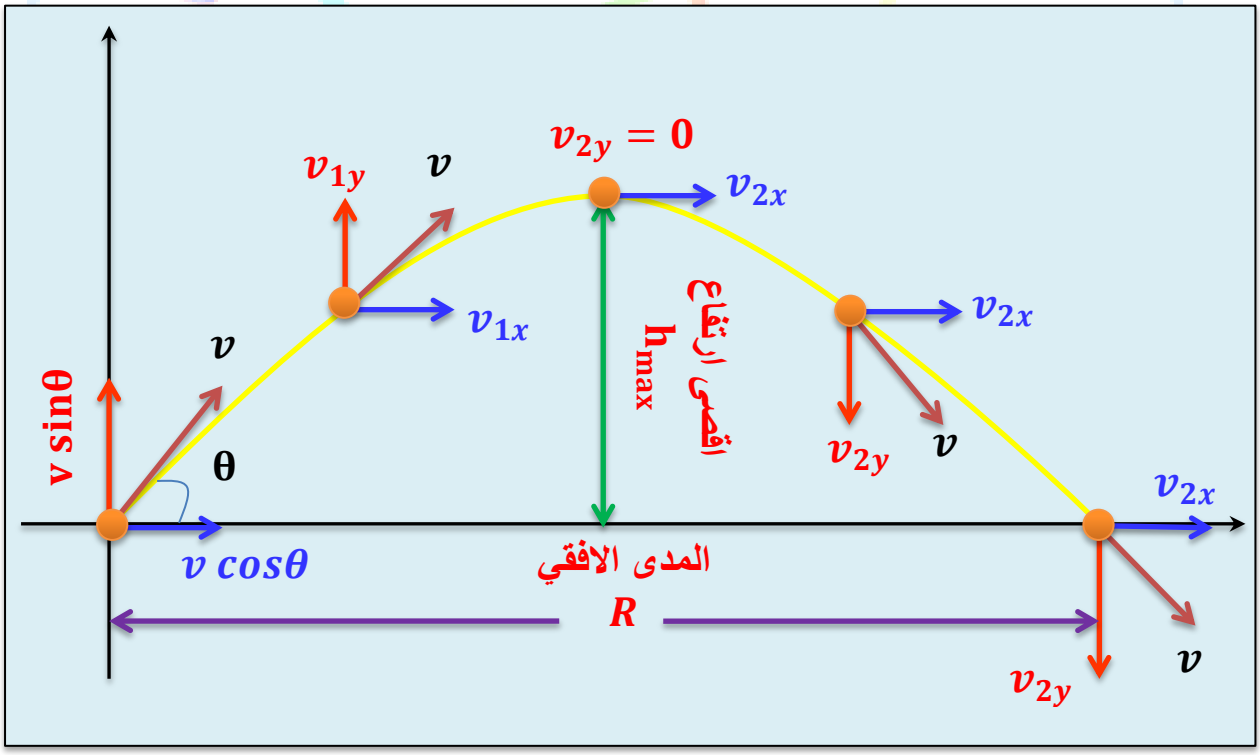
سؤال 4 انقضت طائرة قاصفة بسرعة $(730\ km/h)$ على هدف بزاوية (53^o) مع الافق عندما كانت على ارتفاع $(165\ m)$ من سطح الارض فعلى أي مدى عن الهدف يجب ان تلقي قنابلها لتصيب الهدف ؟ اعتبر التعجيل الارضي $(g = 10\ m/s^2)$. الجواب/ $(120\ m)$.

سؤال 5 قذف جسم بسرعة $(50\ m/s)$ بزاوية (53^o) فوق الافق من مرتفع يعلو $(100\ m)$ عن سطح الارض فاذا اهملت مقاومة الهواء فما : 1) زمن بقاء الجسم متحركاً. 2) المدى الافقي الذي يقطعه. الجواب/ $(10\ sec\ ,\ 300\ m)$.

المقذوفات بزاوية معينة :

عندما يقذف جسم بسرعة (v) وبزاوية مقدارها (θ) مع الافقي , نحلل متجه السرعة الى مركبتين افقية (v_{ix}) ومركبة شاقولية (v_{iy}) .

- ❖ للسرعة مركبتين احداهما مركبة افقية وتكون ثابتة في جميع مو اقع حركة الجسم بسبب عدم وجود قوة تؤثر عليها لان القوة الوحيدة المؤثرة على الجسم المقذوف هي (قوة الجاذبية الارضية) تكون عمودية على مركبة السرعة الافقية لذلك لا تتغير هذه السرعة , ومركبة اخرى شاقولية للسرعة وهذه متغيرة حسب موقع الجسم لانها تتأثر (بالقوة الجاذبية الارضي).
- ❖ تبدأ السرعة الشاقولية بالتناقص اثناء صعود الجسم المقذوف الى الاعلى وبالتز ايد اثناء نزول الجسم المقذوف الى الاسفل.
- ❖ تخضع المركبة الشاقولية للسرعة الى معادلات الجسم المقذوف شاقوليا نحو الاعلى في اثناء صعود القذيفة كما انها تخضع الى معادلات السقوط الحر في اثناء نزول القذيفة نحو الاسفل.



كل مقذوف بزاوية فوق الافق يتخذ مساراً بشكل القطع المكافئ الموضح في الشكل اعلاه , فأن حركته تكون ببعدين (افقي وشاقولي) وبتعبير اخر انه يتحرك بمستوي معين ومن ملاحظة الشكل اعلاه نجد ان

المركبة الافقية للسرعة

$$v_{1x} = v \cos\theta$$

للقذيفة حركة افقية ثابتة المقداروالاتجاه بسبب ان المركبة الافقية للسرعة الابتدائية (v_x) هي نفسها عند اية نقطة من مسارها .

بينما حركتها الشاقولية تكون حركة ذات تعجيل ثابت وهو تعجيل الجاذبية الارضية . وتعطى بالعلاقة التالية :

المركبة الشاقولية للسرعة

$$v_{1y} = v\ sin\theta$$

سرعة المقذوف (v) عند أي لحظة تحسب وفق نظرية فيثاغورس لان متجه المركبة الافقية للسرعة عمودية على متجه المركبة الشاقولية للسرعة من العلاقة التالية :

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

معادلات المقذوفات بزاوية فوق الافق :

ان معادلات هذه الحركة هي نفسها معادلات الجسم المقذوف شاقولياً نحو الاعلى او نحو الاسفل مع استبدال السرعة الابتدائية بالمركبة الشاقولية للسرعة $(v\ sin\theta)$ لذلك تكتب معادلات هذه الحركة بصورة عامة بالشكل التالي :

$v_{2y} = v\ sin\theta + g\ \Delta t$
$\Delta y = v\ sin\theta . \Delta t + \frac{1}{2}\ g\ (\Delta t)^2$
$v_{2y}^2 = v^2\ sin^2\theta + 2\ g\ \Delta y$

معادلات الحركة للمركبة الشاقولية لجسم مقذوف بزاوية (θ) من على سطح الارض اثناء الصعود :

$v_{2y} = v\ sin\theta + g\ \Delta t$
$\Delta y = v\ sin\theta . \Delta t + \frac{1}{2}\ g\ (\Delta t)^2$
$v_{2y}^2 = v^2\ sin^2\theta + 2\ g\ \Delta y$

معادلات الحركة للمركبة الشاقولية لجسم مقذوف بزاوية (θ) من على سطح الارض اثناء نزول الجسم :

$v_{2y} = g\ \Delta t$	$\Delta y = \frac{1}{2}\ g\ (\Delta t)^2$	$v_{2y}^2 = 2\ g\ \Delta y$

a) معادلة لحساب الزمن الكلي المستغرق في طيران المقذوف :-

نحسب الزمن الذي يستغرقه المقذوف للوصول الى اعلى (اقصى) ارتفاع له (Δt_{rise}) (نعوض عن g باشارة سالبة لان اتجاهه نحو الاسفل).

$$v_{2y} = v \sin\theta - g\,\Delta t_{rise} \implies v \sin\theta = g\,\Delta t_{rise}$$

$$\Delta t_{rise} = \frac{v \sin\theta}{g}$$

اما الزمن الكلي (Δt_{total}) الذي يستغرقه المقذوف من لحظة قذفه الى لحظة وصوله الى المستوي الاول الذي قذفه يساوي ضعف زمن صعوده الى اعلى نقطة من مساره او زمن نزوله ويسمى ايضا بزمن الطيران أي ان :

$$\Delta t_{total} = 2\,\Delta t_{rise} = \frac{v \sin\theta}{g}$$

b) معادلة لحساب اعلى (اقصى) ارتفاع (h_{max}) يصله الجسم المقذوف :

بما ان المركبة الشاقولية لسرعة المقذوف بزاوية فوق الافق عند اعلى نقطة من مساره تساوي صفراً $(v_{2y} = 0)$.

$$v_{2y}^2 = v_{1y}^2 - 2\,g\,\Delta y \implies \Delta y = h_{max}$$

$$0 = v^2 \sin^2\theta - 2g\,h_{max} \implies v^2 \sin^2\theta = 2g\,h_{max}$$

$$h_{max} = \frac{v^2 \sin^2\theta}{g}$$

c) معادلة لحساب المدى الافقي :

المدى الافقي هو الازاحة الافقية التي يقطعها الجسم المقذوف خلال الزمن الكلي للطيران ويرمز له بالرمز (R) وبما ان السرعة الافقية للمقذوف ثابتة المقدار والاتجاه فان :

$$R = v_{1x}\,\Delta t_{rise} \implies R = (v \cos\theta).\,\Delta t_{rise} \ldots\ldots (1)$$

$$\Delta y = v_{1y}\,\Delta t_{rise} - \frac{1}{2}\,g\,\Delta t_{rise}^2 \implies 0 = (v \sin\theta)\Delta t_{rise} - \frac{1}{2}\,g\Delta t_{rise}^2$$

$$\frac{1}{2}\,g\,\Delta t_{rise}^2 = v \sin\theta\,\Delta t_{rise} \implies \Delta t_{rise} = \frac{2\,v \sin\theta}{g} \ldots\ldots\ldots (2)$$

نعوض معادل (2) في (1) نحصل على

$$R = v \cos\theta \times \frac{2\,v \sin\theta}{g} = \frac{v^2\, 2 \sin\theta \cos\theta}{g}$$

$\because 2\sin\theta\cos\theta = \sin 2\theta$

$$\therefore R = \frac{v^2}{g}\sin 2\theta$$

نستنتج من هذا القانون ان اكبر مدى تقطعه القذيفة هو عندما تكون زاوية اطلاقها تساوي $(\theta = 45^o)$ وعندها يكون اعظم مدى افقي للقذيفة يعطى بالعلاقة التالية :

$$R = \frac{v^2}{g}$$

خصائص المركبة الافقية للسرعة لجسم المقذوف بزاوية (θ) :-

1) تكون بسرعة ثابتة في مقدارها و اتجاهها لان السرعة الافقية تكون عمودية على قوة الجاذبية الارضي للجسم وبذلك يكون تأثير الجاذبية عليها مساوية للصفر.

2) ان التعجيل لها يساوي صفر $(a = 0)$ لعدم وجود قوة مؤثرة على الجسم المقذوف في الاتجاه الافقي اذا اهملنا مقاومة الهواء.

3) الزاوية تساوي صفر $(\theta = 0)$ عندما يقذف الجسم بهذا الاتجاه.

خصائص المركبة الشاقولية للسرعة لجسم مقذوف بزاوية (θ) :-

1) تكون بسرعة متغيرة المقدار والاتجاه وتنعدم عندما يصل الجسم المقذوف الى اقصى ارتفاع من سطح الارض.

2) يكون التعجيل الارضي التي يتحرك بها الجسم المقذوف في هذه الحالة تساوي $(g = 9.8\ m/s^2)$.

3) الزاوية تساوي (90^o) عند قذف الجسم شاقولياً.

ملاحظات هامة جداً في الجدول التالي

ت	الكمية الفيزيائية	الملاحظة
1	$v_y = 0$	السرعة الشاقولية عندما يصل الجسم الى اقصى ارتفاع
2	$v_y = 0$	السرعة الشاقولية عندما يصل الجسم (المقذوف) الى الهدف
3	$\theta = 90^o$	عندما يصل الجسم الى اقصى ارتفاع ممكن نحو الاعلى محور الصادات او نحو الاسفل بصورة عمودية.
4	$\theta = 0$	عندما يقذف الجسم افقياً.
5	$\theta = 45^o$	عندما يصل المقذوف الى اقصى (اعظم) مدى افقي ويكون اعلى ارتفاع يصل اليه الجسم = ربع المدى الافقي. $(\Delta y = 1/4R)$.
6	$\Delta t_{totol} = 2\,\Delta t_{rise}$	زمن الطيران او الزمن الكلي او زمن الصعود والنزول يساوي ضعف زمن الصعود.
	$\Delta t_{\text{النزول}} = \Delta t_{\text{الصعود}}$	زمن صعود الجسم الى اعلى نقطة يساوي زمن نزوله الى النقطة التي قذف منها او الى نقطة تقع في المستوي الافقي للنقطة التي قذف منها.
7	اما $(v_x = v_{ix})$ $(v_y = 0)$	في كل مواقع حركة الجسم الذي يتحرك ببعدين تكون سرعته على المحور الافقي (المركبة الافقية للسرعة) ثابتة. اما السرعة النهائية للمركبة الشاقولية للجسم المقذوف اثناء الصعود تساوي صفر والسرعة الابتدائية للمركبة الشاقولية اثناء النزول تساوي صفر.
	اما $(v_x = v_{ix}\cos\theta)$ $(v_y = v_{iy}\sin\theta)$.	عند قذف الجسم بزاوية تميل على محور السينات
8	عند قذف الجسم افقياً من اعلى مثل اطلاق قذيفة من مدفع موضوع على قمة جبل او اطلاق صاروخ من طائرة على ارتفاع معين من الارض فان : $1)\ \theta = 0\ ,\quad 2)\ g = +\ ,$	

سؤال التعجيل الذي يتحرك به الجسم المقذوف على المستوي الافقي يساوي صفر؟

جواب لان السرعة التي يتحرك بها الجسم المقذوف على المستوي الافقي هي سرعة ثابتة لا تتأثر بالتعجيل الارضي.

سؤال انعدام السرعة النهائية للجسم المقذوف بزاوية عند اقصى ارتفاع ؟

جواب لان السرعة تتناقص تدريجياً وذلك بسبب قوة الجاذبية الارضية حتى تصل الى اقل قيمة لها عند اقصى ارتفاع وكأن الجسم ساكن لفترة صغيرة جداً (لحظياً).

سؤال يكون التعجيل الارضي للمقذوفات الافقية من اعلى موجية دائماً ؟

جواب لان حركة الجسم المقذوف من اعلى الى اسفل تكون باتجاه التعجيل الارضي.

مثال (كتاب) 6

لاعب كرة القدم ركل بقدمه الكرة الموضوعة على سطح الارض الشكل (28) فكانت سرعتها الابتدائية $(20\ m/s)$ بزاوية $(\theta = 37^o)$ فوق الافق , احسب مقدار:-

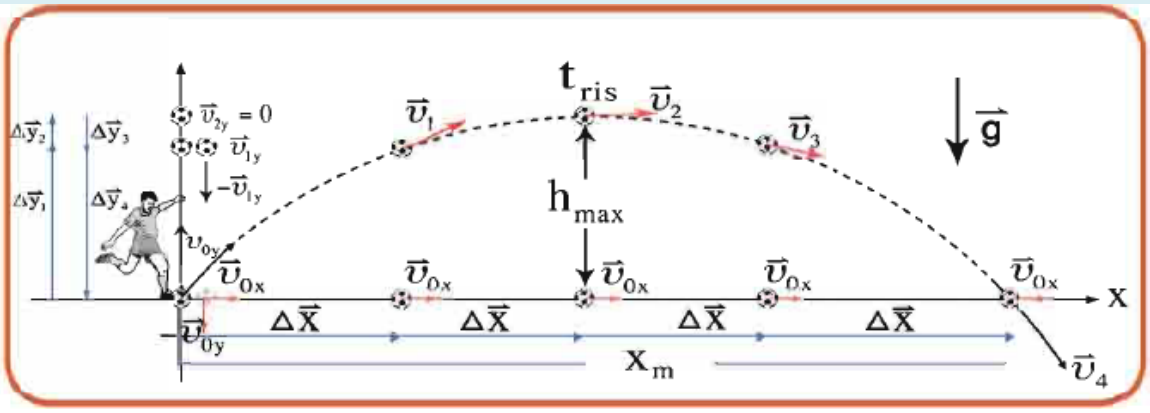
1) اعلى ارتفاع فوق سطح الارض تصله الكرة.

2) الزمن الذي تستغرقه الكرة من لحظة ضربها حتى وصولها الى قمة مسارها ثم احسب الزمن الكلي من لحظة ضربها حتى لحظة اصطدامها بسطح الارض.

3) المدى الافقي للكرة خلال حركتها من نقطة ضربها حتى لحظة اصطدامها بالارض.

4) سرعتها قبيل لحظة اصطدامها بسطح الارض وبأي اتجاه ؟

5) اعظم مدى افقي لهذا المقذوف ؟



الشكل (28)

4) $v_{2y} = v_{1y} + g\,\Delta t$

$$v_{2y} = 0 + (-10) \times 1.2 = -12\,\frac{m}{s}$$

الاشارة السالبة تدل على ان اتجاه المركبة الشاقولية للسرعة النهائية نحو الاسفل.

$$v^2 = v_{2x}^2 + v_{2y}^2$$

$$v^2 = (16)^2 + (-12)^2$$

$$v^2 = 256 + 144 = 400$$

$$v = \sqrt{400} = 20\ m/s$$

$$tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-12}{16} = \frac{-3}{4}$$

$$\therefore\ \theta = 37^o$$

الاشارة السالبة تعني ان الزاوية (θ) تحت الافق.

لحساب اعظم مدى افقي لهذا المقذوف يتحقق عندما تكون زاوية قذفه ($\theta = 45^o$) فوق الافق.

5) $R_{max} = \frac{v^2}{g} = \frac{(20)^2}{10} = \frac{400}{10}$

$$R_{max} = 40\ \text{m}$$

1) $v_{1x} = v\,cos\theta = 20 \times cos37^o$

$$v_{1x} = 20 \times 0.8 = 16\ m/s$$

$$v_{1y} = v\,sin\theta = 20 \times sin37^o$$

$$v_{1y} = 20 \times 0.6 = 12\ m/s$$

$$v_{2y}^2 = v_{1y}^2 + 2g\,\Delta y$$

$$0 = (12)^2 + 2(-10) \times \Delta y$$

$$0 = 144 - 20\,\Delta y$$

$$20\,\Delta y = 144$$

$$\Delta y = h_{max} = \frac{144}{20} = 7.2\ \text{m}$$

$$v_{2y} = v_{1y} + g\,\Delta t$$

$$0 = 12 + (-10) \times \Delta t$$

$$12 = 10\,\Delta t \implies \Delta t = \frac{12}{10} = 1.2\ \text{s}$$

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

$$-7.2 = \frac{1}{2} \times (-10) \times \Delta t^2$$

$$\Delta t_2 = \frac{7.2}{5}\ 1.2\ \text{s}$$

الزمن الكلي = زمن الصعود + زمن النزول

$$\Delta t_{total} = 1.2 + 1.2 = 2.4\ s$$

$$or\ )\ \Delta t_{total} = 2\,\Delta t = 2 \times 1.2 = 2.4\ \text{s}$$

3) $R = v_{1x}\,\Delta t_{total} = 16 \times 2.4$

$$R = 38.4\ m$$

مثال اثرائي 1

اطلق لاعب سهم بسرعة $(200\ m/s)$ فاذا كان السهم يميل بزاوية (30^o) عن الافق , فاذا علمت ان التعجيل الارضي $(g = 10\ m/s^2)$ احسب : 1) زمن وصول السهم الى اقصى ارتفاع. 2) زمن وصول السهم الى الهدف. 3) المدى الافقي. 4) اقصى ارتفاع يصل اليه السهم.

مثال اثرائي 2

اطلق مدفع قذيفة بسرعة ابتدائية مقدارها $(200\sqrt{2}\ m/s)$ باتجاه يصنع زاوية مقدارها (45^o) مع الاتجاه الافقي بإهمال مقاومة الهواء واذا كان التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$ اوجد : 1) اقصى ارتفاع تصل اليه القذيفة. 2) المدى الافقي. 3) سرعة القذيفة بعد مرور $(35\ s)$ من لحظة القذف. 4) ارتفاع القذيفة بعد مرور $(35\ s)$ من لحظة القذف.

مثال اثرائي 3

اطلق جسم بسرعة ابتدائية مقدارها $(50\ m/s)$ وباتجاه يصنع زاوية مقدارها (53^o) مع الافق , احسب : 1) اقصى ارتفاع يصل اليه الجسم. 2) زمن وصل الجسم الى اقصى ارتفاع. 3) زمن التحليق. 4) المدى الافقي للجسم.

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 مدفع يطلق قذائفه بسرعة مقدارها $(400\ m/s)$ فأذا كانت سبطانة المدفع تميل بزاوية مقدارها (30^o) على الافق , احسب : 1) زمن وصول القذيفة الى اقصى ارتفاع. 2) الزمن اللازم لإصابة الهدف. 3) سرعة القذيفة عند اقصى ارتفاع. 4) المدى الافقي للقذيفة. 5) اقصى ارتفاع للقذيفة. 6) السرعة التي تصطدم بها القذيفة بالهدف.

الجواب/ $(400\ m/s\ ,\ 2000\ m\ ,\ 1385.64\ m\ ,\ 346.41\ \frac{m}{s}\ ,\ 4s\ ,\ 2\ s)$.

سؤال 2 اطلقت قذيفة بزاوية (30^o) مع المحورالافقي بسرعة ابتدائية $(30\ m/s)$ احسب : 1) الزمن اللازم للوصول الى اقصى ارتفاع. 2) اقصى ارتفاع للقذيفة. 3) المدة الافقي. 4) سرعة القذيفة لحظة اصطدامها بالأرض. الجواب/ $(30\ m/s\ ,\ 77.94\ m\ ,\ 3\ s\ ,\ 1.5\ s)$.

سؤال 3 اذا قذف حجر بسرعة ابتدائية مقدارها $(50\ m/s)$ بزاوية (37^o) فوق الافق , فأحسب : 1) اقصى ارتفاع يصل اليه الحجر. 2) سرعة الحجر عند وصوله الى الارض علماً بأن التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$. الجواب/ $(50\ m/s\ ,\ 45\ m)$.

سؤال 4 اطلق مدفع قذيفة بسرعة ابتدائية مقدارها $(100\sqrt{2}\ m/s)$ باتجاه يصنع زاوية مقدارها (45^o) مع الاتجاه الافقي باهمال مقاومة الهواء , اوجد كلا من : 1) اقصى ارتفاع تصله القذيفة. 2) المدى الافقي. الجواب/ $(2000\ m\ ,\ 500\ m)$.

سؤال 5 اطلقت قذيفة من مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها $(40\sqrt{2}\ m/s)$ باتجاه يصنع زاوية مقدارها (45^o) مع المستوي الافقي بإهمال مقاومة الهواء اوجد : 1) اقصى ارتفاع تصل اليه القذيفة. 2) المدى الافقي. الجواب/ $(320\ m\ \ 80\ m)$.

سؤال 6 اطلقت قذيفة في اتجاه يصنع زاوية (45^o) مع المستوي الافقي , فاذا وصلت القذيفة الى اقصاء ارتفاع في زمن قدره $(10\ s)$ فكم يكون : 1) مداها الافقي. 2) اقصى ارتفاع تصل اليه القذيفة . الجواب/ $(500\ m\ ,\ 2000\ m)$.

اسئلة الفصل الثاني

س 1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية :

1) الحركة تعبير يعود الى التغير في موقع الجسم نسبة الى :

a) اطار اسناد معين. b) احد النجوم. c) السحب. d) الشمس.

2) جسمان متماثلان في الشكل والحجم ولكن وزن احدهما ضعف وزن الاخر, سقطاً سوية من قمة برج (بإهمال مقاومة الهواء) فأن :

a) الجسم الاثقل سيضرب سطح الارض اولاً ويمتلكان التعجيل نفسه.

b) الجسمان يصلان سطح الارض باللحظة نفسها ولكن الجسم الاثقل يمتلك انطلاقاً اكبر.

c) الجسمان يصلان سطح الارض باللحظة نفسها وبالانطلاق نفسه ويمتلكان التعجيل نفسه.

d) الجسمان يصلان سطح الارض باللحظة نفسها ولكن الجسم الاثقل يمتلك تعجيلاً اكبر.

3) تعجيل الجسم المقذوف شاقولياً نحو الاعلى (بإهمال مقاومة الهواء) :

a) اكبر من تعجيل الجسم المقذوف شاقولياً نحو الاسفل.

b) اقل من تعجيل الجسم المقذوف شاقولياً نحو الاسفل.

c) يساوي تعجيل الجسم المقذوف شاقولياً نحو الاسفل.

d) اكبر من تعجيل الجسم الساقط سقوطاً حراً نحو الاسفل.

4) تصور انك راكب دراجة وتتحرك بانطلاق ثابت بخط مستقيم , وبيدك كرة صغيرة , فاذا قذفت الكرة شاقولياً نحو الاعلى (اهمل مقاومة الهواء) , فان الكرة ستسقط :

a) امامك. b) خلفك. c) بيدك.

d) اي من الاحتمالات السابقة ويعتمد ذلك على مقدار انطلاق الكرة.

5) في كل من الامثلة الاتية السيارة متحركة , في اي منها لا تمتلك تعجيلا ؟

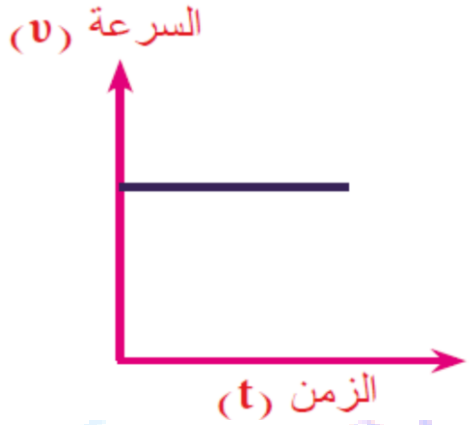
a) السيارة متحركة على منعطف افقي بانطلاق ثابت $(50\ km/h)$.

b) السيارة متحركة على طريق مستقيمة بانطلاق ثابت $(70\ km/h)$.

c) تناقصت سرعة السيارة من $(70\ km/h)$ الى $(30\ km/h)$ خلال $(20\ s)$.

d) انطلقت سيارة من السكون فبلغت سرعتها $(40\ m/s)$ بعد مرور $(60\ s)$.

6) عند رسمك للمخطط البياني (السرعة – الزمن) $(v-t)$ يكون الخط المستقيم الافقي المرسوم في المخطط يعبرعن حركة جسم اذا كانت :



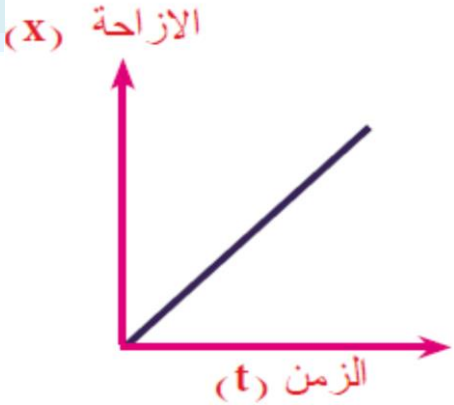
a) سرعته تساوي صفراً.

b) سرعته ثابتة في المقداروالاتجاه.

c) سرعته متزايدة في المقداربانتظام.

d) سرعته متناقصة في المقداربانتظام.

7) في المخطط البياني (الازاحة – الزمن) اي $(x-t)$ يكون الخط المستقيم المائل الى الاعلى نحو اليمين المرسوم في المخطط يعبرعن حركة جسم عندما تكون :



a) سرعته تساوي صفراً.

b) سرعته ثابتة في المقداروالاتجاه.

c) سرعته متزايدة في المقداربانتظام.

d) سرعته متناقصة في المقداربانتظام.

8) دراجة تتحرك في شارع مستقيم بتباطؤ منتظم يكون الرسم البياني (السرعة - الزمن) لحركتها عبارة عن :

a) خط مستقيم يميل الى الاعلى نحو اليمين.

b) خط مستقيم يميل الى الاسفل نحو اليمين.

c) خط مستقيم افقي.

d) خط منحني يميل الى الاعلى يزداد مع الزمن.

9) قذف حجر شاقولياً نحو الاعلى فوصل اعلى ارتفاع له (y) ثم سقط سقوطاً حراً من ذلك الارتفاع راجعاً الى النقطة التي قذف منها فان سرعته المتوسطة تساوي :

a) صفراً. b) $2\frac{y}{t}$. c) $\frac{y}{t}$. d) $\frac{1}{2}\frac{y}{t}$.

10) يقف شخص على سطح بناية ويحمل في كلتا يديه كرتان صغيرتان متماثلتان في الكتلة والحجم (حمراء وخضراء) فاذا قذف الكرة الحمراء بسرة افقية وترك الكرة الخضراء تسقط سقوطاً حراً من الارتفاع نفسه فان :

a) الكرتان تصلان سطح الارض في ان واحد ولكن انطلاق الكرة الحمراء اكبر من انطلاق الكرة الخضراء لحظة وصولهما سطح الارض.

b) الكرة الحمراء تصل سطح الارض قبل الكرة الخضراء وبانطلاق اكبر منها.

c) الكرة الخضراء تصل سطح الارض قبل الكرة الحمراء وبانطلاق اكبر منها.

d) الكرتان تصلان سطح الارض في ان واحد وبانطلاق متساوٍ.

س 2 في اي نوع من الحركة يكون مقدار السرعة المتوسطة يساوي مقدار السرعة الانية.

الجواب الحركة بسرعة ثابتة على خط مستقيم.

س 3 ما مقدار سرعة وتعجيل الجسم المقذوف نحو الاعلى وهو في قمة مساره ؟

الجواب مقدار سرعته تساوي صفر اما مقدار تعجيله فهو يساوي مقدار تعجيل الجاذبية الارضية $(-9.8\ m/s^2)$.

س 4 اذا كان العداد الموضوع امام السائق في السيارة يشير الى $(70\ km/h)$ خلال فترة زمنية معينة هل يعني ذلك هذه السيارة تتحرك خلال تلك الفترة بانطلاق ثابت ؟ ام بسرعة ثابتة ؟ ام بتعجيل ثابت ؟ وضح ذلك.

الجواب ان مقدار سرعة الجسم المتحرك في اية لحظة هو مقدار السرعة الانية (الانطلاق الاني) للجسم في تلك اللحظة فالقراءة $(70\ km/h)$ تشير الى الانطلاق الاني للسيارة ولا تعني حركة السيارة بسرعة ثابتة او بتعجيل ثابت.

س 5 وضح فيما اذا كانت الدراجة في الامثلة الاتية تمتلك او لا تعجيلا.

a) دراجة تسير بانطلاق ثابت على طريق مستقيمة.

الجواب لا تمتلك تعجيلا لعدم حصول تغير في مقدار او اتجاه سرعتها.

b) دراجة تسير بانطلاق ثابت على منعطف افقي.

الجواب تمتلك تعجيلاً مركزياً ناتجاً عن تغير اتجاه السرعة وليس مقدارها.

c) دراجة تسير بانطلاق ثابت على احد جانبي طريق مستقيمة ثم تنعطف وتعود تسير باتجاه معاكس وبانطلاق ثابت على الجانب الاخر من الطريق.

الجواب تمتلك تعجيلاً وذلك بسبب تغير اتجاه حركتها (تغير في اتجاه السرعة) في اثناء انعطافها.

مسائل الفصل الثاني

س 1 سيارة تتحرك بسرعة $(30\ m/s)$ فاذا ضغط سائقها على الكوابح تحركت السيارة بتباطؤ $(6\ m/s^2)$ احسب مقدار: 1) سرعة السيارة بعد $(2\ s)$ من تطبيق الكوابح. 2) الزمن الذي تستغرقه السيارة حتى تتوقف عن الحركة. 3) الازاحة التي تقطعها السيارة حتى تتوقف عن الحركة.

1) $v_2 = v_1 + a\,\Delta t$ $v_2 = 30 + (-6) \times 2 = 18\ m/s$ 2) $\Delta t = \frac{v_2 - v_1}{a} = \frac{0 - 30}{-6} = 5\ s$	3) $v_2^2 = v_1^2 + 2\,a\Delta x$ $(0) = (30)^2 + 2(-6) \times \Delta x$ $0 = 900 - 12\,\Delta x \Rightarrow 12\,\Delta x = 900$ $\Delta x = \frac{900}{12} = 75\ m$

س 2 سقط حجراً سقوطاً حراً من جسر فاصطدم بسطح الماء بعد $(2\ s)$ من لحظة سقوطه احسب مقدار: 1) ارتفاع الجسر فوق سطح الماء. 2) ارتفاع الحجر فوق الماء بعد $(1\ s)$ من سقوطه. 3) سرعة الحجر لحظة اصطدامه بسطح الماء.

2) $\Delta y = v_1\,\Delta t + \frac{1}{2} g\,(\Delta t)^2$

$\Delta y = 0 + \frac{1}{2} \times (-10) \times (1)^2$

$\Delta y = -5\ m \implies h = 20 - 5 = 15\ m$

3) $v_2 = v_1 + g\,\Delta t = 0 + (-10) \times 2$

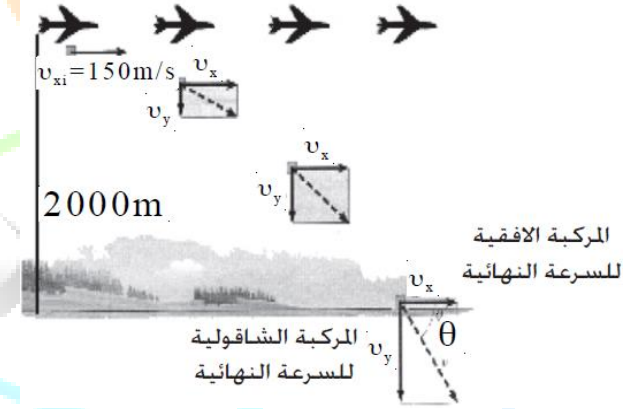
$v_2 = -20\ m/s$

1) $\Delta y = v_1\,\Delta t + \frac{1}{2} g\,(\Delta t)^2$

$\Delta y = 0 \times 2 + \frac{1}{2} \times (-10) \times (2)^2$

$\Delta y = -20\ m \implies h = 20\ m$

س 3 طائرة تحلق في الجو بسرعة افقية $(150\ m/s)$ وعلى ارتفاع $(2000\ m)$ فوق سطح الارض فاذا سقطت منها حقيبة احسب : 1) البعد الافقي التي تصطدم بها الحقيبة على سطح الارض عن الخط الشاقولي لنقطة سقوطها من الطائرة. 2) مقدارو اتجاه سرعة اصطدام الحقيبة بسطح الارض.



$v = \sqrt{(150)^2 + (-200)^2}$

$v = \sqrt{25600 + 40000}$

$v = \sqrt{62500} = 250\ m/s$

$tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-200}{150} = \frac{-4}{3}$

$\therefore\ \theta = 53^o$

1) $\Delta y = v_1\,\Delta t + \frac{1}{2} g\,(\Delta t)^2$

$-2000 = 0 + \frac{1}{2} \times (-10) \times \Delta t^2$

$-2000 = -5\,\Delta t^2$

$\Delta t^2 = \frac{-2000}{-5} = 400$

$\Delta t = \sqrt{400} = 20\ s$

$R = v\,cos\theta.\,\Delta t$

$R = 150 \times cos0 \times 20$

$R = 150 \times 1 \times 20 = 3000\ m$

2) $v_{2y} = v_{1y} + g\,\Delta t$

$v_{2y} = 0 + (-10) \times 20$

$v_{2y} = -200\ m/s$

س 4 من نقطة على سطح الارض قذف حجر شاقولياً نحو الاعلى فوصل قمة مساره بعد $(3\ s)$ من لحظة قذفه احسب : 1) مقدار السرعة التي قذف بها الحجر. 2) اعلى ارتفاع يصله الحجر فوق سطح الارض. 3) الازاحة الكلية والزمن الكلي خلال حركته.

$\Delta y = 90 - 45 = 45\ m$ 3) الازاحة الكلية = الازاحة نحو الاعلى – الازاحة نحو الاسفل. $\Delta y_{total} = +\Delta y - \Delta y = 45 - 45$ $\Delta y_{total} = 0$ $\Delta t_{total} = 2\ \Delta t = 2 \times 3 = 6\ s$	1) $v_2 = v_1 + g\ \Delta t$ $0 = v_1 + (-10) \times 3$ $v_1 = 30\ m/s$ 2) $\Delta y = v_1\ \Delta t + \frac{1}{2}\ g\ \Delta t^2$ $\Delta y = 30 \times 3 + \frac{1}{2} \times (-10) \times (3)^2$

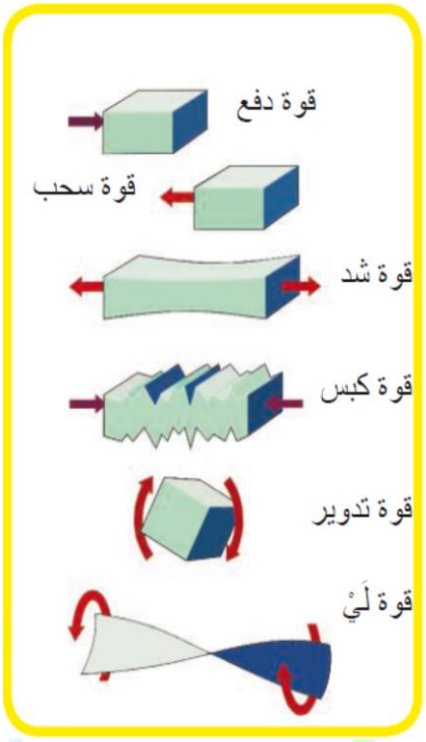
ملخص قوانين الفصل الثاني

حركة المقذوفات (في بعدين) بزاوية (θ)

قوانين الحركة على المحور الافقي	قوانين الحركة على المحور الشاقولي
$v_{ix} = v_x = v_i\ cos\theta$	$v_{iy} = v_y = v\ sin\theta$ $v_{fy} = v_i\ sin\theta + g\ \Delta t$
$\Delta x = v_i\ cos\theta\ .\Delta t$	$\Delta y = v_i\ sin\theta\ .\Delta t + \frac{1}{2}\ g\ \Delta t^2$
	$v_{fy}^2 = v_i^2\ sin^2\theta + 2\ g\ \Delta y$
اقصى ارتفاع (h_{max})	$h_{max} = \frac{v^2\ (sin\theta)^2}{2\ g}$
المدى الافقي (R)	$R = \frac{v^2\ sin\theta}{g} \Rightarrow R = v\ cos\theta\ (\Delta t_{total})$ $R = v_x\ 2\ \Delta t_{rise} \Rightarrow R = v\ cos\theta \times\ 2\ \Delta t_{rise}$
زمن اقصى ارتفاع (Δt_{rise})	$\Delta t_{rise} = \frac{v^2\ (sin2\theta)}{g}$
زمن التحليق (Δt_{total})	$\Delta t_{total} = 2\ \Delta t_{rise} = \frac{2v\ sin\theta}{g}$

1-3 مفهوم القوة و انواعها

القوة : هي المؤثر الذي يغير أو يحاول تغيير الحالة الحركية للجسم او شكل الجسم , وسلوك الاجسام يعتمد على محصلة القوى المؤثرة فيها.



- القوة كمية متجهة مثل السرعة والتعجيل.
- وحدة قياس القوة في النظام الدولي للوحدات (SI) هي النيوتن (Newton) : $1\ N = 1\ kg.\frac{m}{s^2}$
- تقاس القوة بوساطة قبان حلزوني.
- جميع تلك القوى المؤثرة في جسمين بينهما تماس مباشر فتسمى بقوة التماس.
- للقوى انواع عدة وتأثيرات كثيرة تتضمن الدفع والسحب والشد والكبس والتدوير و (اللي) .

يوجد نوع اخر من القوى ينعدم فيها التماس المباشر بين الاجسام وهي تقسم الى اربع انواع من القوى وهي (قوة الجاذبية , القوة الكهربائية , والقوة المغناطيسية , والقوة النووية) .

a) قوة الجاذبية :- هي قوة التجاذب المتبادلة بين اي كتلتين في الكون.

سؤال علل : بقاء الكرة الارضية تدور حول الشمس ؟

جواب لان القوة الجاذبية بين الشمس والارض كبيرة بسبب كبر كتلتيهما على الرغم من البعد الكبير بينهما وبالرغم من وجود كواكب اخرى بينهما.

سؤال ما المقصود بوزن الجسم ؟

جواب هو قوة الجذب التي يسلطها الكوكب او القمر على الاجسام القريبة منه.

b) القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية :- ومن امثلتها القوة الكهربائية بين شحنتين كهربائيتين مثل انجذاب قصاصات الورق نحو المشط المدلوك بقطعة صوف , والقوة المغناطيسية التي تظهر بين قطبين مغناطيسيين او انجذاب قطعة حديد نحو مغناطيس.

c) القوة النووية :- واحدة من القوى الاساسية الموجودة في الطبيعة وتكون على نوعين :

النوع الاول : قوة نووية قوية :- وهي التي تربط مكونات النواة (نيوكلونات) مع بعضها.

النوع الثاني : قوة نووية ضعيفة :- وهي المسؤولة عن انحلال جسيمات بيتا التي تحدث داخل النواة.

2-3 القصور الذاتي والكتلة

سؤال ما هو المقصود بالقصور الذاتي لجسم ؟

جواب **القصور الذاتي لجسم :** بانه خاصية الجسم في مقاومة التغير الحاصل في حالته الحركية.

سؤال ما علاقة القصور الذاتي بالكتلة ؟

جواب الكتلة الاكبر تبدي مقاومة اكبر على تغير حالتها الحركية.

سؤال هل كتلة الجسم هي تلك الخاصية التي يمتلكها الجسم والتي تحدد مقدار المقاومة التي يبديها الجسم لأي تغيير في حالته الحركية ؟

جواب كتلة الجسم هي تلك الخاصية التي يمتلكها الجسم والتي تحدد مقدار المقاومة التي يبديها الجسم لأي تغير في حالتها الحركية.

سؤال علام يعتمد القصور الذاتي للجسم ؟

جواب القصور الذاتي للجسم يعتمد على كتلة الجسم.

سؤال لماذا نجد ان كرة البيسبول تحتاج الى قوة اكبر لإيقافها من القوة اللازمة لإيقاف كرة المنضدة.

جواب لان كرة البيسبول كتلتها اكبر فهي تبدي مقاومة اكبر على تغير حالتها الحركية.

قوانين نيوتن في الحركة 2-3

بنى العالم الفيزيائي اسحاق نيوتن نظريته في الحركة من خلال القوانين الثلاثة التي عرفت باسم قوانين نيوتن في الحركة , والتي وصف من خلالها تأثير القوى في حركة الاجسام.

القانون الاول لنيوتن (ويسمى بقانون القصور الذاتي) :-

وينص الجسم الساكن يبقى ساكناً واذا كان متحركاً بسرعة منتظمة فأنه يبقى متحركاً بسرعته المنتظمة عندما تكون محصلة القوى الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفر.

سؤال علل ما يأتي ؟

1) اذا كنت جالساً في سيارة وتحركت بشكل مفاجئ الى الامام فأن جسمك يندفع الى الخلف.

جواب لان جسمك يحاول البقاء ساكناً فهو قاوم التغير الحاصل في حالته الحركية وهذا ما يسمى بالقصور الذاتي.

2) اذا كنت جالساً في سيارة متحركة وتوقفت بشكل مفاجئ فأن جسمك يندفع الى الامام .

جواب لان جسمك يقاوم التغير الحاصل في مقدار سرعته.

3) عندما تسير السيارة في منعطف افقي بانطلاق ثابت فأن الجسم يستمر في حالته المستقيمة باتجاه المماس .

جواب لان جسمك يقاوم التغير الحاصل في مقدار سرعته.

4) لا يمكن تحريك الباخرة الكبيرة من السكون بوساطة زورق صغير يؤثر فيها بقوة ؟

جواب لان الباخرة الكبيرة تحتاج الى قوة أكبر لكي تتحرك بوساطة زورق صغير يؤثر فيها بقوة ويحركها من السكون لان الباخرة تكون كتلتها كبيرة فهي تبدي مقاومة كبيرة على تغير حالتها الحركية (علاقة القصور الذاتي بكتلة الجسم) فالقصور الذاتي يعتمد على كتلة الجسم.

5) يندفع الراكب على حصان الى الامام عندما يتوقف الحصان بصورة مفاجئة.

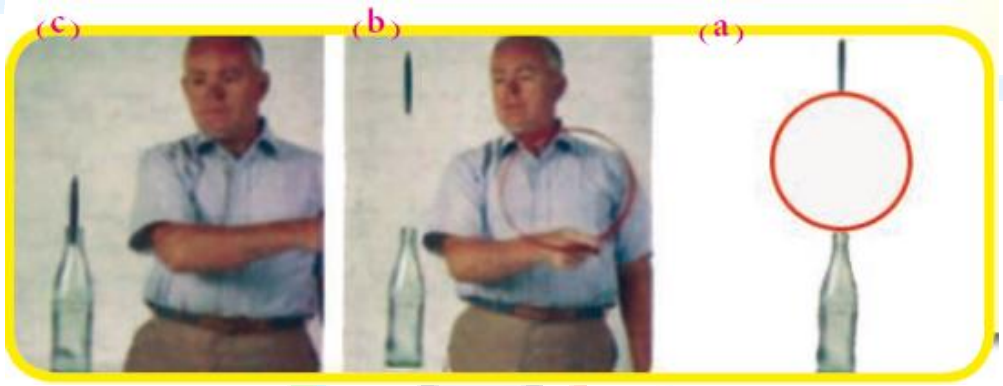
جواب لان جسم الراكب يمتلك استمرارية على الحركة ولا تؤثر فيه قوة خارجية تعمل على ايقافه لذا فانه يقاوم التغير الحاصل في سرعته (في حالته الحركية) فالراكب يحاول البقاء على حالته الحركية قبل ان يتوقف الحصان.

نشاط : القصور الذاتي :

ادوات النشاط : قلم , حلقة ملساء خفيفة من معدن , قنينة مفتوحة الفوهة.

الخطوات :

- ضع القنينة بوضع شاقولي على سطح منضدة افقية.
- ضع الحلقة المعدنية بمستوى شاقولي فوق فوهة القنينة.
- ضع القلم بوضع شاقولي وبهدوء فوق الحلقة الشكل $(13\ a)$.
- اضرب بيدك الحلقة بسرعة بقوة افقية من منتصفها الشكل $(13\ b)$.
- تجد ان الحلقة تزاح جانباً ويسقط القلم داخل القنينة الشكل $(13\ c)$.



نستنتج من النشاط :

1) ان الحلقة عندما اثرت فيها القوة الافقية , تحركت بتعجيل مع بقاء القلم ساكناً لحظياً في موضعه لعدم وجود قوة احتكاك.

2) ولعدم وجود قوة تؤثر في القلم فأنه يستمر في سكونه ويسقط داخل القنينة بتأثير قوة الجاذبية الارضية.

القانون الثاني لنيوتن :-

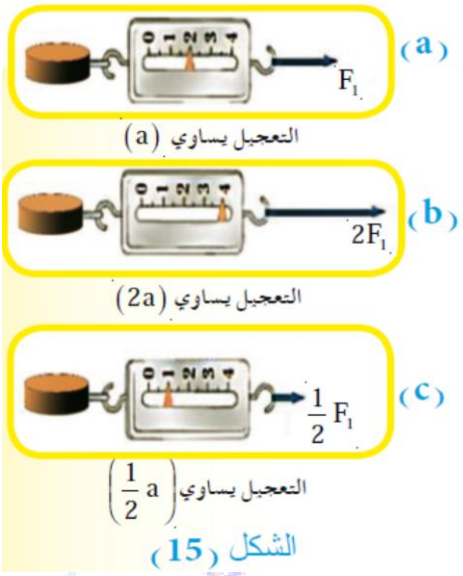
اذا كان قانون نيوتن الاول ينطبق على الاجسام التي محصلة القوى المؤثرة عليها تساوي صفر , اما القانون الثاني لنيوتن تكون محصلة القوى المؤثرة على الجسم لا تساوي صفر حيث يكون الجسم في حالة حركة بتعجيل معين.

نشاط (1) : العلاقة بين تعجيل الجسم ومقدار القوة المؤثرة فيه بثبوت الكتلة.

ادوات النشاط : قبان حلزوني , قرص معدني , سطح افقي املس.

خطوات العمل :

- ثبت احد طرفي القبان بحافة القرص وامسك طرفه الاخر بيدك.
- اسحب القرص بقوة افقية مقدارها $(\vec{F}_1)$ تجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي بتعجيل مقداره (a) لاحظ الشكل $(15\ a)$.
- اسحب القرص بقوة افقية اكبر على فرض : $\sum F = (2\ \vec{F}_1)$ تجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي بتعجيل اكبر يفترض انه $(2a)$ اي يتضاعف تعجيل الجسم عند مضاعفة صافي القوة المؤثرة في الجسم لاحظ الشكل $(15b)$.
- اسحب القرص بقوة افقية اصغر على فرض $(\sum F = \left(\frac{1}{2}\ \vec{F}_1\right)$ لاحظ الشكل $(15\ c)$ تجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي بتعجيل اصغر يفترض انه $(\frac{1}{2} = a)$.



الشكل (15)

نستنتج من النشاط :

ان تعجيل الجسم يتناسب طردياً مع صافي القوى المؤثرة في الجسم ويتجه دوماً باتجاهها , اي ان :

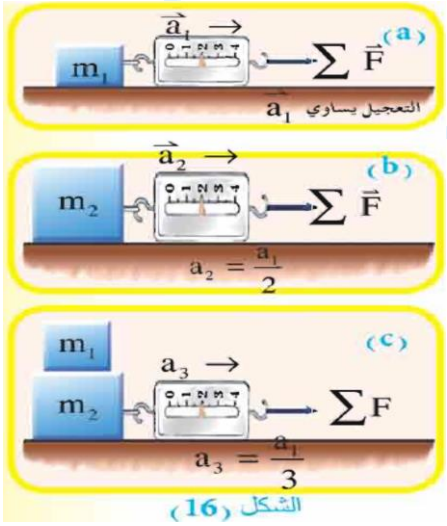
$\vec{a}\ \alpha\ \sum \vec{F}$ بثبوت كتلة الجسم.

نشاط (2) : العلاقة بين تعجيل الجسم وكتلته بثبوت القوة.

ادوات النشاط : قبان حلزوني , مكعبين من الثلج , سطح افقي املس.

خطوات النشاط :

- ضع مكعب الثلج كتلة (m_1) على السطح الافقي الاملس.
- ثبت احد طرفي القبان بالمكعب وامسك طرفه الاخر بيدك.



الشكل (16)

- اسحب المكعب الاول بقوة افقية مقدارها $(\sum \vec{F})$ تجد ان المكعب يتحرك بتعجيل معين $(\vec{a}_1)$ لاحظ الشكل $(16a)$.
- ضع المكعب الثاني والذي كتلته (m_2) وهي ضعف كتلة المكعب الاول , على السطح الافقي الاملس.
- اسحب المكعب الثاني والذي كتلته $(m_2 = 2m_1)$ بالقوة الافقية نفسها المسلطة على المكعب الاول $(\sum \vec{F})$ لاحظ الشكل $(16b)$ تجد ان المكعب سيتحرك بتعجيل يساوي $(\vec{a}_2)$ يفترض انه يساوي نصف مقدار التعجيل $(\vec{a}_1)$ اي ان : $\vec{a}_2 = \frac{\vec{a}_1}{2}$.
- ضع المكعب الاول ذو الكتلة (m_1) فوق المكعب الثاني ذو الكتلة (m_2) لاحظ الشكل $(16c)$.
- اسحب المجموعة بالقوة نفسها المسلطة على المكعب الاول $(\sum \vec{F})$ تجد ان المجموعة ستتحرك بتعجيل يساوي $(\vec{a}_3)$ مقداره يفترض انه يساوي :- $\vec{a}_3 = \frac{\vec{a}_1}{3}$.

نستنتج من النشاط :

ان تعجيل الجسم يتناسب عكسياً مع كتلته بثبوت صافي القوى المؤثرة , اي ان : $a \propto \frac{1}{m}$.

من الاستنتاجين نجد ان : $\vec{a} \propto \frac{\sum \vec{F}}{m}$

وهذا يعني ان :

الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

جواب ما المقصود بالنيوتن ؟

جواب **النيوتن :** بانه القوة التي لو اثرت في كتلة $(1\ kg)$ لاكسبتها تعجيلاً مقداره $(1\ m/s^2)$ اي ان $(\sum F = 1\ N)$.

وحدة القياس		رمز الكمية	اسم الكمية الفيزيائية
N	نيوتن	$\sum F$	محصلة القوى المؤثرة على الجسم.
kg	كغم	m	كتلة الجسم.
m/s^2	متر/ثانية2	a	التعجيل الذي يكتسبه الجسم.

ملاحظات مهمة جداً :

- اذا كانت السرعة ثابتة (منتظمة) فان التعجيل يساوي صفر $(a = 0)$ اي ان : $\sum F = 0$.
- اما اذا كانت السرعة غير ثابتة , فان التعجيل لايساوي صفر, اي ان الجسم يتعجل.

الوزن والكتلة :-

من الواضح لدينا ان جميع الاجسام على سطح الارض تتأثر بقوة جذب نحو مركز الارض , فالقوة التي تؤثر بها الارض على الاجسام هي قوة الجاذبية (F_g) وان مقدار قوة الجاذبية الارضية المؤثرة في الجسم تسمى وزن الجسم (W) اي ان :

$$\vec{W} = m\vec{g}$$

وطبقاً لقانون نيوتن الثاني فأن : $\vec{F} = m\vec{a}$

وعندئذ يكون $(\vec{a} = \vec{g})$ ولجميع الاجسام الساقطة سقوطاً حراً تسقط بتعجيل الجاذبية الارضية $(\vec{g})$ يتجه نحو مركز الارض (فتوضع اشارة سالبة دائماً امام مقداره).

قانون الجذب العام لنيوتن : ينص (كل كتلتين في الكون تجذب احداهما الاخرى بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسياً مع مربع البعد بين مركزي الكتلتين).

$$\sum \vec{F}\ \alpha\ \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$\therefore \sum \vec{F} = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
صافي القوة وهي قوة الجاذبية الارضية	$\sum \vec{F}$	النيوتن	N
الكتلة الاولى.	m_1	كيلوغرام	kg
الكتلة الثانية.	m_2	كيلوغرام	kg
البعد بين مركزي الكتلتين.	d	متر	m
ثابت الجذب العام ومقداره $(6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2/(kg)^2)$.	G	نيوتن×متر2/كغم2	$N.m^2/(kg)^2$

فكر / افرض انك تمتلك قطعة من النقود وزنها $(1N)$ زانت على سطح الارض ويمتلك رائد الفضاء ايضاً قطعة من الذهب وزنها $(1\ N)$ وهو على سطح القمر. هل انت ورائد الفضاء تمتلكان الكتلة نفسها من الذهب ؟ (واي منكما يمتلك ذهبا اكبر كتلة).

الجواب

لا , رائد الفضاء يمتلك كتلة اكبر من الذهب . لان قوة الجاذبية الارضية للقمر اقل من القوة الجاذبية للارض.

للتوضيح فقط :

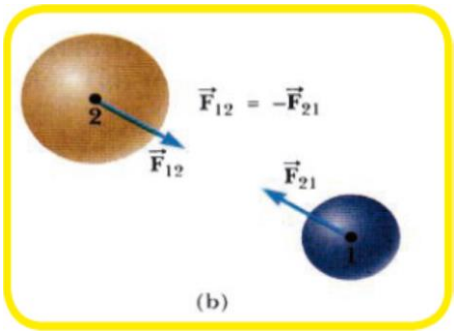
تعجيل الجاذبية على سطح القمر $(g_{Moon} = 1.67\ m/s^2)$	تعجيل الجاذبية على سطح الارض $(g_{Earth} = 9.8\ m/s^2)$
$W_{Moon} = m_2 \times g_{Moon}$ $1 = m_1 \times 1.67$ $m_2 = \frac{1}{1.67} = \frac{100}{167} = 0.5988\ \text{kg}$	$W_{Earth} = m_1 \times g_{Earth}$ $1 = m_1 \times 9.8$ $m_1 = \frac{1}{9.8} = \frac{10}{98} = 0.102\ \text{kg}$
ومن هذا يتبين ان كتلة الذهب التي يمتلكها رائد الفضاء تكون اكبر من كتلة الذهب التي يمتلكها الشخص على سطح الارض. اذن الكتلة التي يمتلكها رائد الفضاء عند الارض لا تتغير وتساوي $(0.5988\ kg)$ ولكن وزنها يساوي $W = m_2 g_E = 0.5988 \times 9.8 = 5.86824\ N$	

سؤال قارن بين الوزن والكتلة ؟

الجواب

وجه المقارنة	الكتلة (m)	الوزن (W)
التعريف	مقدار ما يحتويه الجسم من مادة.	قوة جذب الارض للجسم.
وحدة القياس	الكيلو غرام ام الغرام $kg\ \ or\ gm$	النيوتن او الداين $N\ \ or\ dyn$
نوع الكمية	كمية قياسية (عددية).	كمية اتجاهية.
اداة القياس	الميزان ذو الكفتين.	الميزان الحلزوني (الزنبركي).
اتجاه التأثير	ليس لها اتجاه.	تؤثر دائماً في اتجاه مركز الارض.
تأثير تغير المكان	ثابتة لا تتغير بتغير المكان.	يتغير من مكان الى اخر.

القانون الثالث لنيوتن :-



يتناول هذا القانون طبيعة القوى التي تؤثر في الاجسام , وكذلك يوضح ان القوى دائماً تكون مزدوجة كما في الشكل المجاور, فاذا اثر الجسم الاول (m_1) بقوة $(\vec{F}_{12})$ على الجسم الثاني فان الجسم الثاني (m_2) سيؤثر بقوة $(\vec{F}_{21})$ على الجسم الاول وتكون هاتان القوتان متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه اي ان : $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$

وتقعان على خط فعل واحد وتؤثران في جسمين مختلفين.

ومن الجدير بالذكر انه لا يحصل الاتزان بتأثير هاتين القوتين فهما تؤثران في جسمين مختلفين وليس بجسم واحد.

تسمى القوة $(\vec{F}_{12})$ بقوة الفعل , بينما القوة $(\vec{F}_{21})$ بقوة رد الفعل.

سؤال ما هو نص (تعريف) قانون نيوتن الثالث ؟

الجواب ((لكل قوة فعل هناك قوة رد فعل تساويها بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه ولها خط التأثير نفسه وتؤثران في جسمين مختلفين)).

سؤال خصائص قوة الفعل وقوة رد الفعل ؟

الجواب 1) متساويتان بالمقدار ومتعاكستان بالاتجاه. 2) تؤثران في جسمين مختلفين.

3) تقعان على خط فعل مشترك.

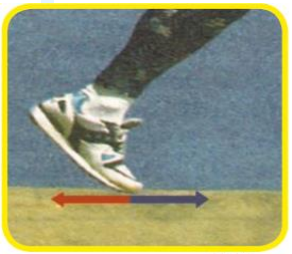
سؤال هل يصح القول (محصلة قوة الفعل وقوة رد الفعل تساوي صفر) ؟ ولماذا ؟

الجواب لا , لان قانون نيوتن الثالث ينطبق على القوة المؤثرة في جسمين مختلفين بينما محصلة القوى تنطبق على القوى المؤثرة في جسم واحد.

فكر/ نعرف جميعاً ان الارض تجذب القمر نحوها , هل القمر يجذب الارض نحوه , واذا كان جوابك بنعم , فإيهما اكبر قوة جذب ؟ ام هما متساويتان ؟ وضح ذلك ؟

الجواب نعم , القمر يجذب الارض نحوه , وتكون القوتان متساويتان في المقدار (قوة جذب الارض للقمر = قوة جذب القمر للأرض).

سؤال حدد قوتي الفعل ورد الفعل في الاشكال التالية :


الشكل (22)

الشكل (23)

الشكل (24)

الشكل (25)

الجواب

الحالة	الشكل	قوة الفعل	قوة رد الفعل
عند السير على الارض	22	فان قدم الشخص تدفع الارض بقوة نحو الخلف.	كذلك الارض تدفع الشخص بقوة الى الامام.
في رياضة التجديف	23	دفع الماء بقوة الى الخلف من قبل الجالسون في القارب.	الماء يدفع المجداف بقوة الى الامام.
السابح عندما يقفز على لوحة القفز لكي يغطس في الماء.	24	السابح يدفع اللوحة بقوة الى الاسفل.	لوحة القفز ترتد عكسياً في الوقت نفسه فتدفع السابح بقوة نحو الاعلى.
اندفاع الصاروخ الى الاعلى.	25	نتيجة الغازات الخارجة من مؤخرته.	اندفاع الصاروخ الى الاعلى.

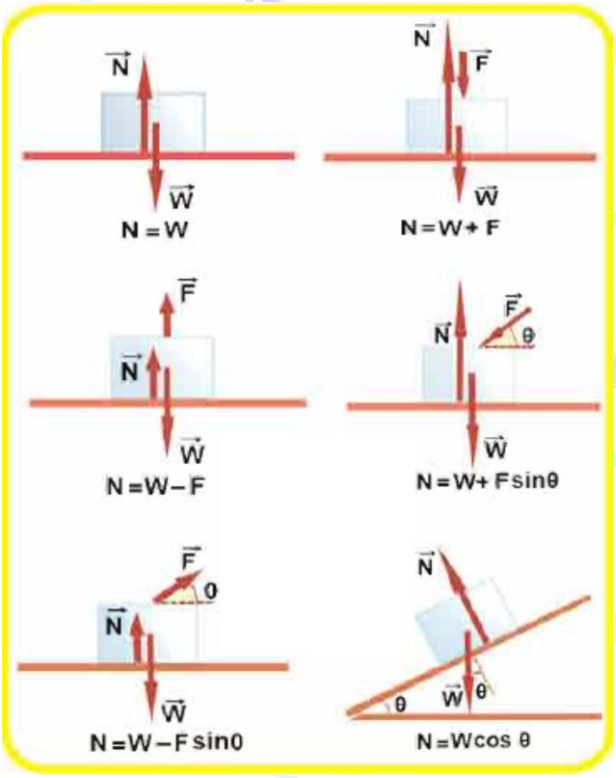
تطبيقات عن قوانين نيوتن في الحركة 4-3

عندما يتحرك جسم ما بتعجيل منتظم $(\vec{a})$ نتيجة لتأثير قوة ثابتة $(\vec{F})$ لا نتطرق الى الظروف التي يكون فيها تعجيل الجسم (النظام) يساوي صفراً , لانها تعني حالة اتزان سندرسها في الفصل القادم لندرس الان القوى الاساس المؤثرة في جسم او نظام.

a) القوة العمودية :

بالاعتماد على قانون نيوتن الثالث , عندما يوضع جسم على سطح فان ذلك السطح سيؤثر بقوة في الجسم الموضوع عليه (في حالة الجسم الساكن او المتحرك على السطح) كما في الشكل المجاور.

وتسمى القوة العمودية التي يؤثر بها السطح على الجسم بقوة بالقوة العمودية ويرمز لها بالرمز $(\vec{N})$.



سؤال بماذا تمتاز القوة العمودية (N) ؟

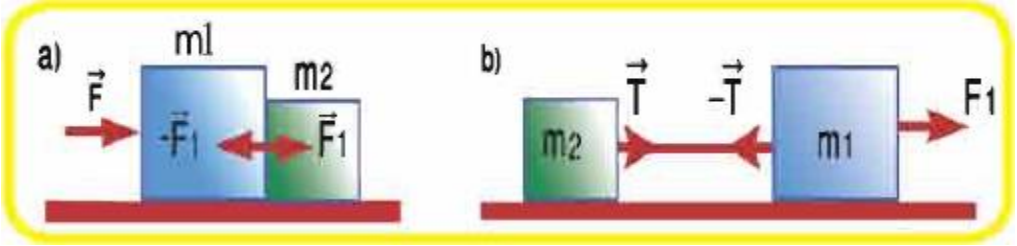
الجواب

1) عمودية دائماً على السطح وتتجه بعيداً عن السطح.

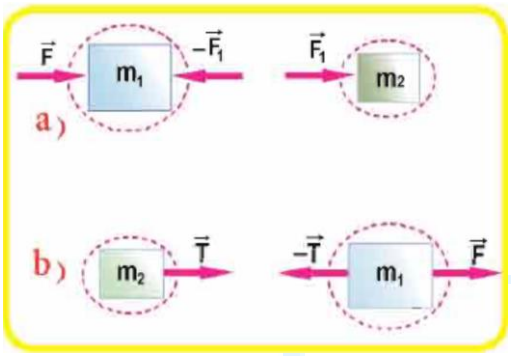
2) هي قوة رد فعل السطح على الجسم ومقدارها يساوي مقدار القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على السطح باتجاه معاكس لتلك المحصلة.

b) قوة الشد :-

عند سحب الجسم بحبل فالحبل سيؤثر بقوة تسمى قوة الشد (القوة التي يؤثر بها الحبل على الجسم) ويرمز لها بالرمز $(\vec{T})$, وفي اغلب التمارين نفرض ان الحبل (او الخيط او السلك) مهمل الوزن وعديم الاحتكاك لذا تكون قوة الشد فيه هي نفسها في جميع نقاط الحبل.



c) القوى الداخلية والقوى الخارجية :-



عندما يكون النظام (مجموعة الاجسام) معزولاً فإن القوى المؤثرة فيه تسمى بالقوى الخارجية $(\vec{F}_{ext})$ واذا كان السطح افقي املس (مهمل الاحتكاك) لذا لا تظهر فيه قوة احتكاك وتكون محصلة القوى الشاقولية يساوي صفراً لان $(N = W)$, كما في الشكل المجاور.

وعندئذ تكون القوة $(\vec{F})$ هي القوة الخارجية الوحيدة المؤثرة في النظام اما القوى الداخلية فهي الناتجة عن التفاعل بين مكونات النظام وهي عادة توجد بشكل قوى مزدوجة مثل القوى $(\vec{F}_1, -\vec{F}_1 , -\vec{T} , \vec{T})$ فتكون :

$\vec{F}$: هي القوة الخارجية المؤثرة في النظام. , $\vec{F}_1$: هي القوة التي تؤثرها الكتلة (m_1) في الكتلة (m_2) .

$-\vec{F}_1$: هي القوة التي تؤثرها الكتلة (m_2) في الكتلة (m_1) .

$\vec{T}$: قوة الشد في الحبل والمؤثرة في الكتلة (m_2). $-\vec{T}$: قوة الشد في الحبل والمؤثرة في الكتلة (m_1) .

وعند تطبيق القانون الثاني لنيوتن على النظام كله فأن :-

القوى الخارجية فقط تؤخذ في الحساب من غير الاعتماد على القوى الداخلية.

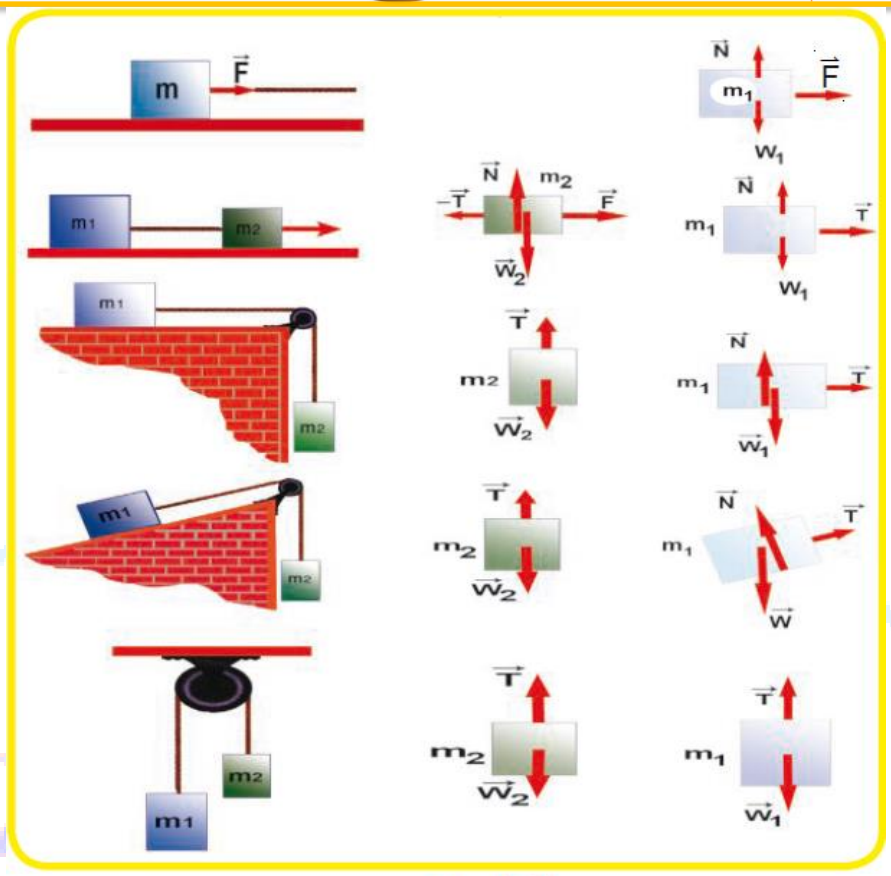
اما عندما نأخذ النظام بصورة مجزئة الى مكوناته فان القوى الداخلية التي كانت تؤثر فيه تعد قوى خارجية مؤثرة في كل جسم مكون له.

5-3 مخطط الجسم الحر

عند حل التمارين في علم الحركة يكون من المهم :-

ان نحلل القوى المؤثرة في الجسم او في النظام بصورة صحيحة , لذا يعزل الجسم (الساكن او المتحرك) عن محيطه , ثم توضع كل قوة من القوى المؤثرة فيه وتسمى هذه الطريقة بمخطط الجسم الحر.

وفيما يأتي اشكال للقوى المطبقة على الاجسام كما في الشكل (30) :-

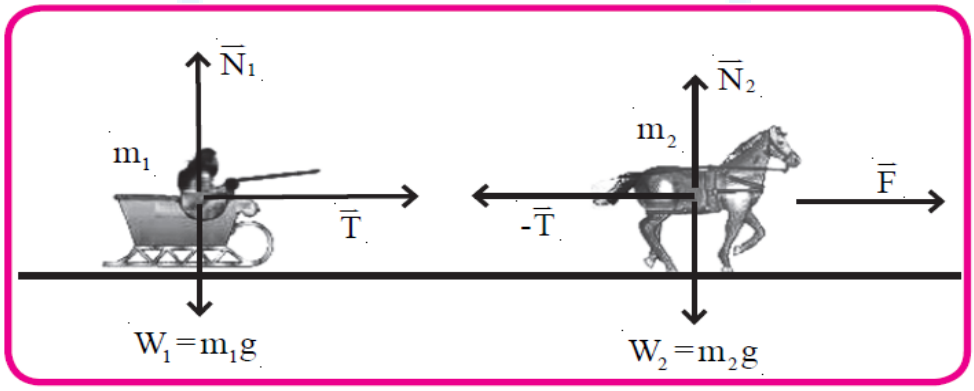


الشكل (30)

فكر/ في الشكل (31 a) حصان يسحب زلاجة على الجليد بقوة افقية , مسبباً تعجيل الزلاجة وضح على الشكل (31b) القوى المؤثرة في الزلاجة , وضح على الشكل (31c) القوى المؤثرة على الحصان.

الجواب

الشكل (31)



(b) (c)

6-3 الاحتكاك

عندما يتحرك جسم على سطح او خلال وسط لزج كالهواء او الماء , توجد عندئذ مقاومة للحركة نتيجة تفاعل الجسم مع محيطه تسمى هذه المقاومة بقوة الاحتكاك , ان قوة الاحتكاك مهمة جداً في حياتنا اليومية فهي تسمح لنا بالمشي او الركض كما انها ضرورية لحركة الدواب والمركبات ذوات الدواليب وقد تكون ضارة كما في الاحتكاك الذي يظهر بين العجلة والمحور للدراجة او السيارة.

قوة الاحتكاك :

حينما تؤثر محصلة قوى خارجية في جسم ما موضوع على سطح افقي خشن وتحاول تحريكه بسبب حصول تلامس بين الجسم والسطح الموضوع عليه تتداخل النتوءات الموجودة بين السطحين , مسببة قوة معيقة للحركة تسمى قوة الاحتكاك.

- يكون اتجاه تأثير قوة الاحتكاك مماسياً للسطحين ومعاكساً لاتجاه الحركة دائماً.
- ان القوة الضاغطة بين السطحين تمثل القوة العمودية على السطح ويرمز لها بالرمز $(\vec{N})$.
- ان قوة الاحتكاك تظهر حتى لو كان الجسم في حالة سكون فاذا اثرت محصلة قوى في جسم ولم تستطيع تحريكه , فلابد من وجود قوة احتكاك تمنع الجسم من الحركة وحيث الجسم لا يزال في حالة سكون , فاننا نسمي قوة الاحتكاك في هذه الحالة , قوة الاحتكاك السكوني ونرمز لها بالرمز $(\vec{f}_s)$ ويزداد مقدارها بزيادة القوة المؤثرة في الجسم , حتى يصل مقداره الاعظم حينما يوشك الجسم على الحركة.

وقد وجد تجريبياً ان المقدار الاعظم لقوة الاحتكاك السكوني $(\vec{f}_s)$ تتناسب مع القوة العمودية $(\vec{N})$, حسب العلاقة التالية :

$$\vec{f}_{s(max)} = \mu_s \vec{N}$$

وحدة القياس		رمز الكمية	اسم الكمية الفيزيائية
N	نيوتن	$\vec{f}_{s(max)}$	المقدار الاعظم لقوة الاحتكاك السكوني.
-	بدون وحدة	μ_s	معامل الاحتكاك السكوني.
N	نيوتن	N	قوة رد الفعل (القوة العمودية).

تزداد القوة المؤثرة في الجسم بشرط تتغلب على

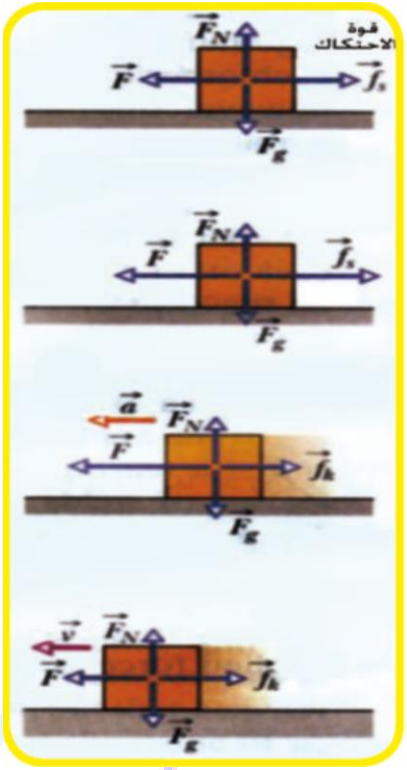
قوة الاحتكاك السكوني , يبدأ الجسم بالحركة فتقل قوة

الاحتكاك بشكل كبير, وتسمى حينها قوة الاحتكاك الانزلاقي

(الحركي) ونرمز لها بالرمز (f_k) كما في الشكل المجاور:

وقوة الاحتكاك الانزلاقي قوة ثابتة ضمن حدود السرع الصغيرة

, وتتناسب طردياً القوة العمودية حسب العلاقة الاتية :



$$\vec{f}_k = \mu_k \vec{N}$$

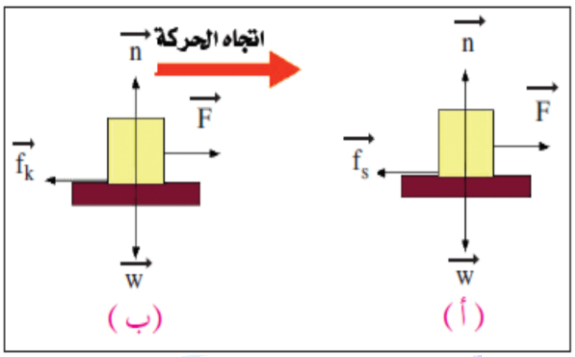
اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
قوة الاحتكاك الانزلاقي (الحركي).	$\vec{f}_k$	نيوتن	N
معامل الاحتكاك الانزلاقي (الحركي).	μ_k	بدون وحدة	-
قوة رد الفعل (القوة العمودية).	N	نيوتن	N

سؤال علام يعتمد معامل الاحتكاك الانزلاقي (الحركي) ؟

الجواب يعتمد على طبيعة الجسمين المتلامسين ولا يعتمد على مساحة السطحين المتلامسين.

ويمكن تلخيص ما سبق كالاتي :

1) يكون اتجاه قوة الاحتكاك السكوني بين سطحين معاكساً لاتجاه القوة المبذولة على الجسم , كما موضح في الشكل المجاور.



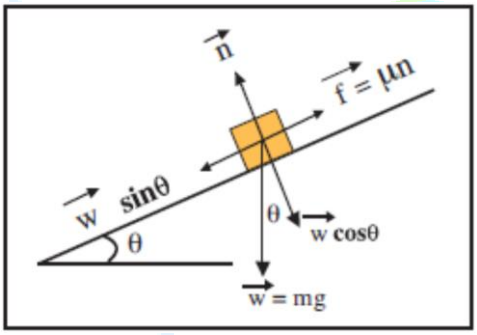
2) عندما يكون الجسم على وشك الحركة تكون قوة الاحتكاك السكوني اكبر ما يمكن , وتحسب من المعادلة التالية :

$$\vec{f}_{s(max)} = \mu_s \vec{N}$$

3) يكون اتجاه قوة الاحتكاك الحركي معاكساً لاتجاه حركة الجسم وهي تساوي :

$$\vec{f}_k = \mu_k \vec{N}$$

4) تعتمد قيمة معامل الاحتكاك السكوني والحركي على طبيعة مادة السطحين المتلامسين.



تنطبق العلاقة السابقة بين قوة الاحتكاك والقوة العمودية ومعامل الاحتكاك على الجسم عندما يكون على سطح افقي ولكن اذا كان المستوي يميل بزاوية (θ) فأن القوة العمودية التي يؤثربها السطح على الجسم تساوي المركبة الشاقولية لوزن الجسم , وبالتالي فإن علاقتي التناسب تكونان كالتالي كما في الشكل اعلاه .

$f_s = \mu_s W cos\theta$ (قوة الاحتكاك السكوني) لجسم يميل بزاوية على سطح مائل

$f_k = \mu_k W cos\theta$ (قوة الاحتكاك الانزلاقي (الحركي) لجسم يميل بزاوية على مائل

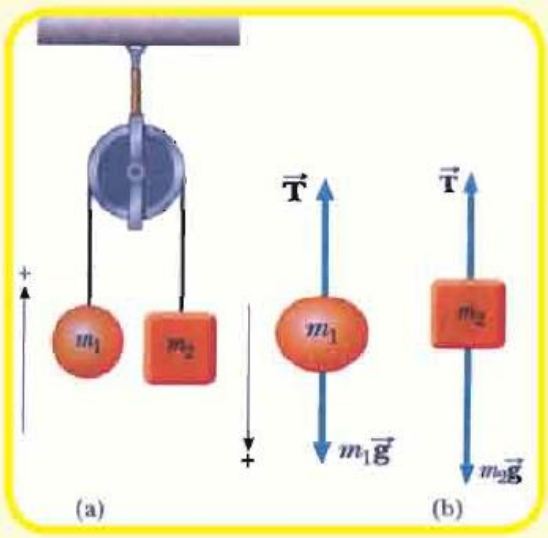
مثال (كتاب) 1

جسمان كتلة احداهما $(2\ kg)$ وكتلة الاخر $(3\ kg)$ معلقين شاقولياً بطرفي حبل خفيف يمر فوق بكرة مهملة الوزن والاحتكاك لاحظ الشكل (32) .

احسب مقدار تعجيل الجسمين والشد في الحبل افرض $(g = 10\ m/s^2)$.

الشكل $(32a)$ جسمان موصولان بوساطة حبل خفيف يمر فوق بكرة مهملة الاحتكاك.

الشكل $(32b)$ الشكل التخطيطي للجسمين $(m_1\ ,\ m_2)$ (تكون قوة الشد في الحبل على جانبي البكرة متساوية لان البكرة مهملة الوزن والاحتكاك).



الشكل (32)

نعوض عن (a) في احدى المعادلتين ولتكن المعادلة (1) فينتج :

$$T = 20 + 2 \times 2 = 20 + 4$$

$$T = 24\ N$$

صافي القوة المؤثرة في الجسم الصاعد $(2\ kg)$ هي:

$$T - m_1 g = m_1 a$$

$$T = 2 \times 10 + 2 \times a$$

$$T = 20 + 2\ a \ldots\ldots (1)$$

اما بالنسبة للجسم الثاني النازل بتعجيل

$$m_2 g - T = m_2 a$$

$$3 \times 10 - T = 3a$$

$$T = 30 - 3a \ldots\ldots (2)$$

الطرف الايمن للمعادلة (1) يساوي الطرف الايسر للمعادلة (2).

$$20 + 2a = 30 - 3a$$

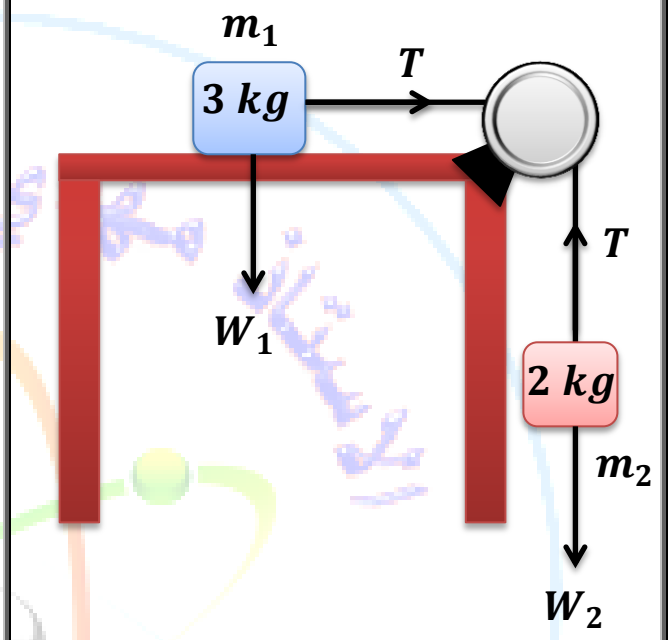
$$2a + 3a = 30 - 20$$

$$5a = 10$$

$$a = \frac{10}{5} = 2\ m/s^2$$

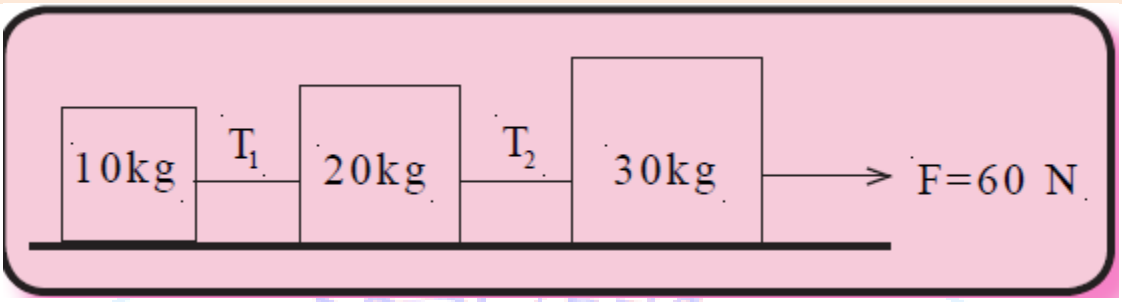
سؤال/ في المثال السابق ماذا تتوقع لو كانت : $m_1 = m_2$.

سؤال 1 وضع جسم كتلته $(3\ kg)$ على سطح منضدة املس ثم ربط هذا الجسم بخيط يدور حول بكرة مهملة الوزن والاحتكاك تقع على حافة المنضدة ويتدلى في نهاية الخيط الاخر جسم كتلته $(2\ kg)$ اعتبر التعجيل الارضي يساوي $(10\ m/s^2)$, احسب : 1) تعجيل المجموعة. 2) قوة الشد في الخيط.



سؤال 2 بدأ جسم كتلته $(20\ kg)$ الحركة بسرعة $(25\ m/s^2)$ على سطح افقي خشن فتوقف بعد ان قطع مسافة مقدارها $(50\ m)$ في خط مستقيم , ما مقدار القوة التي يؤثر بها السطح في الجسم اذا افترضنا انها ثابتة على طول المسار؟

3 سؤال ثلاث كتل متصلة موضوعة على سطح طاولة افقي املس الشكل , سحبت المجموعة الى اليمين بقوة مقدارها $(60\ N)$ فإذا كان مقدارهذه الكتل هي $(10kg\ ,20kg\ ,30\ kg)$ على التوالي , جد مقدارقوة الشدين (T_1) و(T_2) في السلك.

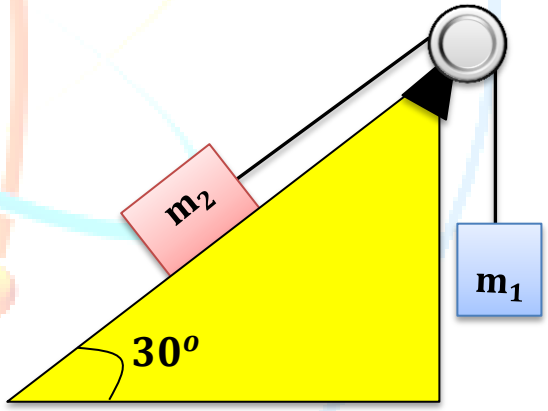


4 سؤال

جسمان متصلان بخيط خفيف مهمل الكتلة يتحركان على سطح افقي خشن معامل الاحتكاك الانزلاقي بين كل جسم والسطح (0.3) وكتلة الجسم الاول $(9\ kg)$ وكتلة الجسم الثاني $(5\ kg)$, فاذا سحب الجسم الاول بقوة افقية مقدارها $(100\ N)$, احسب : 1) التعجيل الذي يتحرك به الجسمان. 2) مقدارقوة الشد في الخيط.

5 سؤال يمسك شخص يقف على ارضية مصعد , بحبل ربط فيه جسم كتلته $(10\ kg)$, اذا كان اكبر قوة شد يمكن ان يؤثر فيه قبل ان ينقطع $(150\ N)$, فأحسب اقل تعجيل لحركة المصعد يمكن ان يؤدي لانقطاعه.

6 سؤال جسم كتلته $(5\ kg)$ وضع على مستوى املس يميل بزاوية مقدارها (30^o) عن الافق , ويتصل بجسم اخر كتلته $(10\ kg)$ معلق شاقولياً بنفس الحبل الذي يمر حول بكرة ملساء مهملة الكتلة كما في الشكل المجاور, احسب : 1) تعجيل المجموعة. 2) قوة الشد في الحبل.



اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 حبل يمر فوق بكرة مهملة الوزن والاحتكاك مربوط بأحد طرفيه جسم كتلته $(4\ kg)$ ومربوط بالطرف الاخر جسم كتلته $(12\ kg)$ احسب تعجيل المجموعة وقوة الشد في الخيط.

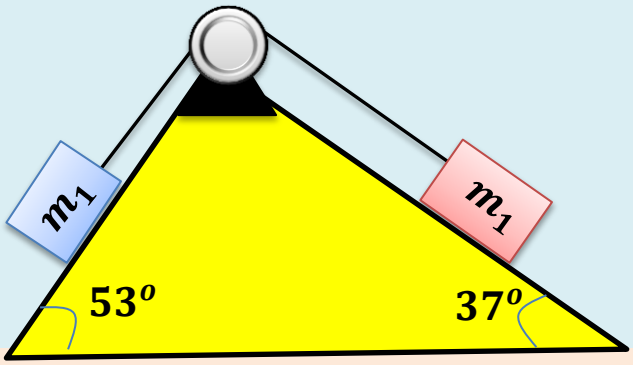
الجواب/ $(5\ m/s^2\ ,\ 60\ N)$.

سؤال 2 جسم كتلته $(m_1 = 6\ kg)$ موضوع على سطح خشن ويتصل بسلك يمر على بكرة ملساء ومهملة الوزن ومعلق بالطرف الاخر للسلك جسم كتلته $(m_2 = 12\ kg)$ ويوضع شاقولي كما في الشكل المجاور احسب معامل الاحتكاك بين الجسم الاول (m_1) والسطح الافقي حينما تتحرك المجموعة من السكون بتعجيل مقداره $(6\ m/s^2)$. الجواب/ (0.2).

سؤال 3 يستقر جسم كتلته $(m_1 = 6\ kg)$ على سطح افقي خشن معامل احتكاكه الحركي (0.2) , يربط الجسم بخيط يمر على بكرة ملساء ويعلق في نهايته جسم اخر كتلته $(m_2 = 3\ kg)$ احسب : 1) تعجيل المجموعة. 2) قوة الشد في الخيط. الجواب/ $(2\ m/s^2,\ 24\ N)$.

سؤال 4 في الشكل المجاور اذا كان معامل الاحتكاك الانزلاقي (الحركي) بين ل من السطحين والجسمين متساوي , واذا كان تعجيل المجموعة تساوي $(2\ m/s^2)$ باتجاه الكتلة (m_2) , وكانت كتلة الجسم الثاني $(m_1 = 100\ kg)$ وكتلة الجسم الثاني $(m_1 = 50\ kg)$, احسب : 1) معامل الاحتكاك الحركي. 2) قوة الشد في الخيط.

الجواب/ $(0.2\ ,\ 480\ N)$.

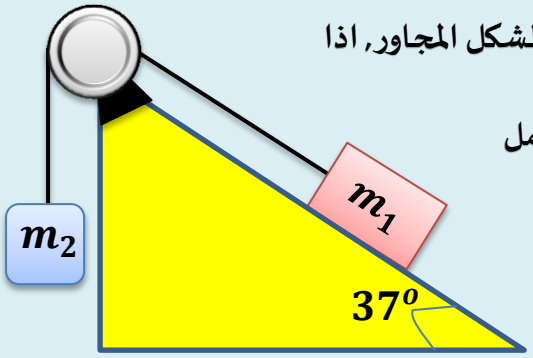


سؤال 5 حبل يمر فوق بكرة مهملة الوزن والاحتكاك مربوط بأحد طرفيه جسم كتلته $(4\ kg)$ ومربوط بالطرف الاخر جسم كتلته $(12\ kg)$ احسب تعجيل الجسم وقوة الشد في الخيط.

الجواب/ $(5\ \frac{m}{s^2}\ ,\ 60\ N)$.

سؤال 6

جسمان متصلان ببكرة ملساء كما في الشكل المجاور, اذا



كانت كتلة الجسم الاول تساوي $(m_1 = 10\ kg)$ ومعامل

الاحتكاك الحركي بينه وبين السطح المائل (0.2) , فإذا كان

الجسم الاول ينزلق للأسفل بسرعة ثابتة فما مقدار كتلة

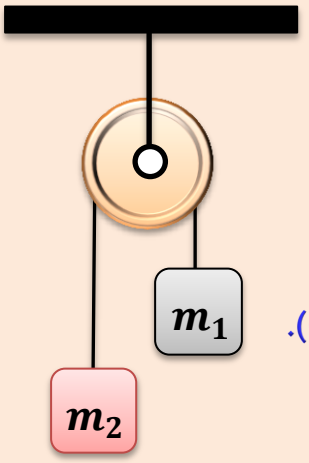
الجسم الثاني (m_2) , اذا كانت زاوية ميل السطح المائل (37^o). الجواب/ $(4.4\ kg)$.

سؤال 7

في الشكل المجاور, احسب تعجيل المجموعة وقوة الشد في الخيط , اذا علمت ان كتلة

الجسم الاول $(m_1 = 4\ kg)$ وكتلة الجسم الثاني $(m_2 = 12\ kg)$ مع ان البكرة ملساء والخيط

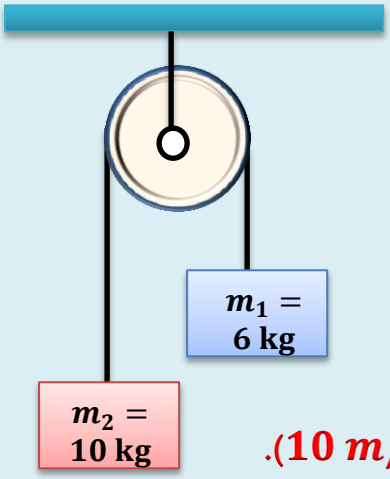
مهمل الكتلة اعتبر التعجيل الارضي $(g = 10\ m/s^2)$.



الجواب/ $(5\ m/s^2\ ,\ 60\ N)$.

سؤال 8

حبل دقيق يمر فوق بكرة ملساء ربطت في احد طرفيه



كتلة $(10\ kg)$ وفي الطرق الاخر كتلة اخرى مقدارها

$(6\ kg)$ كما في الشكل المجاور, احسب :

1) تعجيل المجموعة المتحركة.

2) احسب قوة الشد في طرفي الخيط.

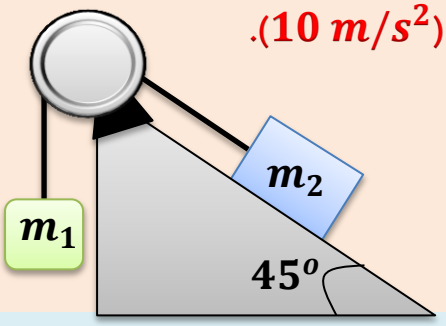
اهمل كتلة الخيط والبكرة والاحتكاك واعتبر التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$.

الجواب/ $(2.5\ \frac{m}{s^2}\ ,\ 75\ N)$.

سؤال 9 علق جسم كتلته $(50\ kg)$ في حبل في سقف مصعد كهربائي , احسب قوة الشد في الحبل في الحالات التالية : 1) اذا كان المصعد ساكناً. 2) اذا كان المصعد هابطاً بتعجيل $(1.6\ m/s^2)$. 3) اذا كان المصعد صاعداً بتعجيل $(1.8\ m/s^2)$. 4) اذا كان المصعد يتحرك بسرعة ثابتة. الجواب/ $(500\ N\ ,\ 420\ N\ ,\ 590\ N\ ,\ 500\ N)$.

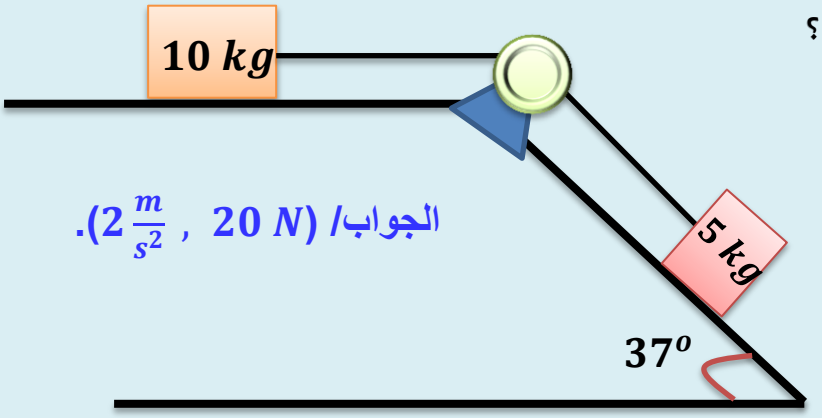
سؤال 10 برميل كتلته $(60\ kg)$ معلق بحبل طائرة مروحية كما في الشكل , احسب مقدار قوة الشد في الحالات التالية : 1) عندما تتحرك الطائرة الى الاسفل بتعجيل $(5\ m/s^2)$. 2) عندما تتحرك الطائرة الى الاعلى بتعجيل $(5\ m/s^2)$. 3) عندما تتحرك الطائرة الى الاسفل بسرعة ثابتة مقدارها $(8\ m/s)$. 4) عندما تكون الطائرة ساكنة. الجواب/ $(600\ ,\ 900\ N\ ,\ 300\ N)$.

سؤال 11 جسم كتلته $(5\ kg)$ مربوط بجسم اخر كتلته $(20\ kg)$ بواسطة حبل يمر حول بكرة ملساء مهملة الكتلة , كما في الشكل المجاور, فإذا تحرك الجسم على مستوي املس مائل يميل بزاوية (45^o) عن الافق , احسب تعجيل المجموعة اعتبر التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$.



الجواب/ $(3.6\ m/s^2)$.

سؤال 12 اذا كان السطحان في الشكل المبين املسين ما تعجيل المجموعة وما قوة الشد في الخيط الواصل بين الجسمين ؟



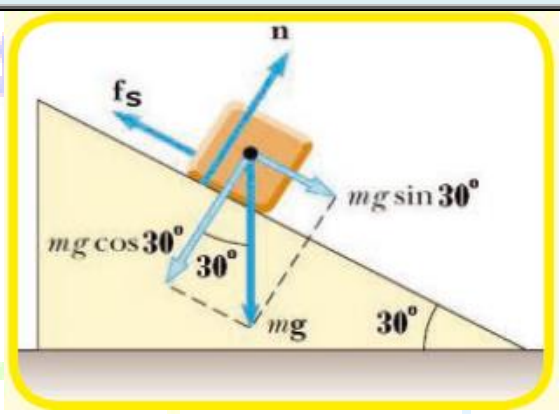
الجواب/ $(2\ \frac{m}{s^2}\ ,\ 20\ N)$.

مثال 2 كتاب

وضع صندوق كتلته $(400\ kg)$ على سطح افقي مائل خشن , مُسك السطح من احد طرفيه وجعل يميل عن الافق ثم زيد ميله تدريجياً عن المستوي الافقي وعندما صارت زاوية ميل السطح (30^o) فوق الافق كان الصندوق على وشك الانزلاق احسب :

1) قوة الاحتكاك السكوني حينما يوشك الصندوق على الحركة.

2) تعجيل الصندوق اذا كان معامل الاحتكاك الانزلاقي $(\mu_k = 0.1)$.



1) ∵ الجسم اصبح على وشك الحركة

$$\therefore\ f_s = mg\sin\theta$$

$$f_s = 400 \times 10 \times \sin 30^o$$

$$f_s = 4000 \times 0.5 = 2000\ N$$

2) هنا ينقاد الصندوق الى قانون نيوتن الثاني

$$\sum F = ma$$

$$mg\sin\theta - f_k = ma$$

$$mg\sin\theta - \mu_k mg\cos\theta = ma$$

$$400 \times 10 \times \sin 30^o - 0.1 \times 400 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 400\ a$$

$$200 \times 0.5 - 340 = 400\ a$$

$$2000 - 340 = 400\ a$$

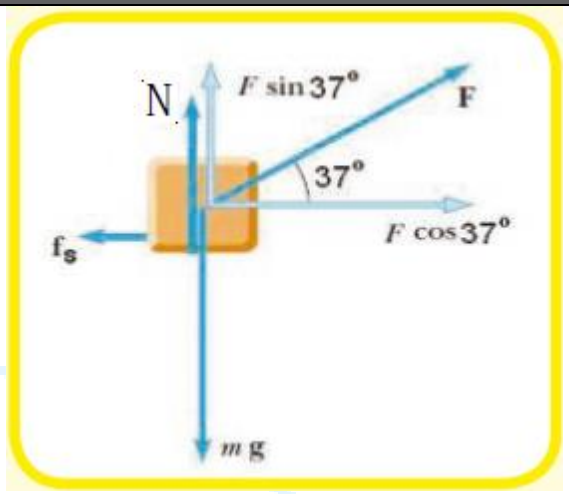
$$1660 = 400\ a$$

$$a = \frac{1660}{400} = 4.15\ m/s^2$$

مثال 3 الكتاب

وضع جسم كتلته $(150\ kg)$ على سطح افقي كما موضح في الشكل (a) أثرت فيه قوة ساحبة $(300\ N)$ تعمل زاوية (37^o) فوق الافق جعلته على وشك الحركة احسب : 1) معامل الاحتكاك السكوني بين الجسم والسطح الافقي.

2) تعجيل الجسم لو تضاعفت القوة المؤثرة فيه ومعامل الاحتكاك الانزلاقي (الحركي) يكون مقداره $(\mu_k = 0.1)$.



$$\sum F_x = ma$$

$$F\cos\theta - f_k = ma$$

$$600 \times \cos 37^o - 114 = 150a$$

$$480 - 114 = 150\,a$$

$$366 = 150\,a$$

$$a = \frac{366}{150} = 2.44\ m/s^2$$

1) عندما يكون الجسم على وشك الحركة تكون قوة الاحتكاك السكوني تساوي المركبة الافقية للقوة.

$$\sum F = 0$$

$$F_x - f_s = 0 \Rightarrow f_s = F_x$$

$$f_s = F\cos\theta = 300 \times \cos 30^o$$

$$f_s = 400 \times \frac{4}{5} = 240\ N$$

$$N = W - F_y = W - F\sin\theta$$

$$N = 1500 - 300 \times \frac{3}{5}$$

$$N = 1500 - 180 = 1320\ N$$

$$\mu_s = \frac{f_s}{N} = \frac{240}{1320} = 0.18$$

2) $F = 600\ N$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow N = W - F\sin\theta$$

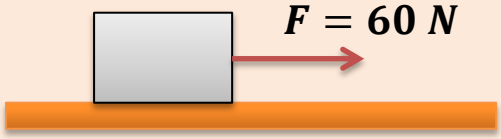
$$N = 1500 - 600 \times sin 37^o$$

$$N = 1500 - 360 = 1440\ N$$

$$f_k = \mu_k N = 0.1 \times 1140 = 114\ N$$

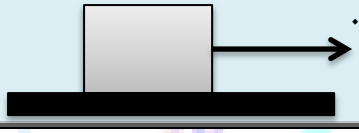
1 سؤال اثرائي

في الشكل المجاور يسحب صندوق كتلته $(16\ kg)$ على ارض افقية خشنة معامل الاحتكاك الانزلاقي بينهما (0.3) بقوة مقدارها $(60\ N)$, احسب : 1) قوة رد الفعل (القوة العمودية). 2) قوة الاحتكاك. 3) تعجيل الصندوق.



2 سؤال اثرائي

في الشكل المجاور جسم كتلته $(8\ kg)$ يتحرك على ارض افقية معامل احتكاكها (0.4) بتعجيل مقداره $(1.5\ m/s^2)$, احسب مقدار القوة المؤثرة (F).



3 سؤال اثرائي

يسحب رجل صندوقاً كتلته $(13\ kg)$ بقوة مقدارها $(50\ N)$ تميل بزاوية (37^o) مع الافق ويتحرك بسرعة ثابتة , احسب معامل الاحتكاك الانزلاقي بين الصندوق والارض.

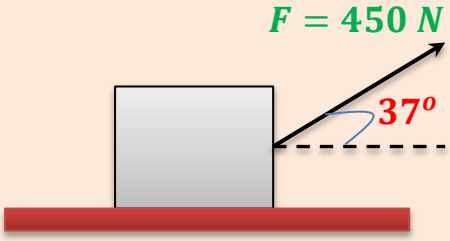
4 سؤال اثرائي

تتحرك سيارة كتلتها $(1350\ kg)$ من السكون على طريق مستقيم افقي بتعجيل ثابت , فتبلغ سرعتها $(21\ m/s^2)$ خلال زمن $(4\ s)$, (بإهمال قوى الاحتكاك ومقاومة الهواء) , احسب :

1) تعجيل السيارة. 2) قوة جر محرك السيارة في اثناء الحركة السابقة.

5 سؤال اثرائي

يسحب عامل صندوقاً مربوطاً على ارض افقية خشنة كما في الشكل المجاوراذا أثر العامل بقوة مقدارها $(450\ N)$ وتميل عن الافق بزاوية مقدارها (37^o) وتؤثر في الصندوق قوة احتكاك مقدارها $(50\ N)$ باتجاه معاكس لحركته , احسب تعجيل الصندوق عندما :

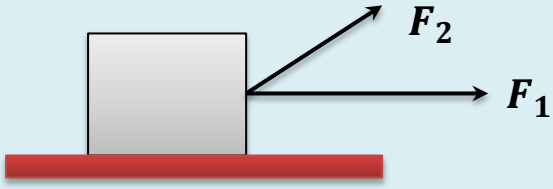


1) اذا كانت كتلة الصندوق $(310\ kg)$.

2) اذا كان وزن الصندوق $(310\ N)$.

6 سؤال اثرائي

جسم ساكن كتلته $(250\ kg)$ وضع على سطح افقي املس كما في الشكل المجاور , فاذا كانت $(F_1 = 100\ N)$, $(F_2 = 500\ N)$ وتميل بزاوية (37^o) مع الافق , احسب



1) القوة العمودية (قوة رد الفعل).

2) تعجيل الجسم.

3) سرعة الجسم بعد ان يكون قطع مسافة $(4\ m)$.

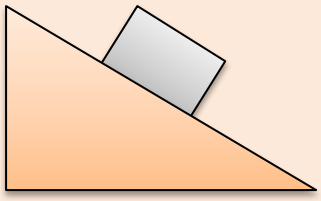
7 سؤال اثرائي

جسم كتلته $(45\ kg)$ موضوع على سطح افقي خشن , فأذا كانت القوة الافقية اللازمة ليكون الجسم على وشك الحركة $(315\ N)$ والقوة اللازمة ليحافظ على حركته بسرعة $(153\ N)$, احسب : 1) معامل الاحتكاك السكوني بين الجسم والسطح . 2) معامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والسطح .

الاستاذ مهدي احمد الشمري

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 في الشكل المجاوريتحرك جسم على سطح مائل خشن معامل احتكاكه الانزلاقي (0.05) , احسب تعجيل الجسم عندما :



1) كتلة الجسم $(20\ kg)$.

2) كتلة الجسم $(100\ kg)$.

3) ماذا تلاحظ عند المقارنة بين الاجابتين الاولى والثانية.

الجواب/ $(5.6\ m/s^2)$.

سؤال 2 وضع صندوق كتلته $(500\ kg)$ على مستوى خشن , ثم زيد ميل المستوى تدريجياً على المستوى الافقي , وعند زاوية مقدارها (30^o) بدأ الصندوق بالانزلاق , احسب : 1) قوة الاحتكاك النهائي السكوني حينما يكون الصندوق على وشك الحركة . 2) تعجيل الصندوق اذا كان معامل الاحتكاك بين الصندوق والسطح (0.1). 3) اقل قوة لازمة خارجية تلزم لتحريك الصندوق بسرعة ثابتة الى اعلى السطح المائل. الجواب/ $(2930N\ ,\ 4.14\frac{m}{s^2}\ ,\ 2500\ N)$.

سؤال 3 ينزلق متزلج من اعلى سطح مائل يميل بزاوية مقدارها (60^o) عن الافق , اذا علمت ان كتلة المتزلج $(60\ kg)$, احسب تعجيله في الحالات الاتية : 1) اذا كان السطح املساً. 2) اذا كان السطح خشناً وقوة الاحتكاك $(100\ N)$. الجواب/ $(7\ m/s^2\ ,\ 8.7\frac{m}{s^2})$.

سؤال 4 ما القوة الموازية لسطح مائل املس يميل بزاوية (37^o) عن الافق واللازمة لدفع صندوق وزنه $(500\ N)$ الى اعلى السطح بسرعة منتظمة ؟ الجواب/ $(300\ N)$.

سؤال 5 اذا كان معامل احتكاك الانزلاقي لجسم وزنه $(200\ N)$ موضوع على سطح افقي يساوي (0.2) :

1) ما القوة الافقية اللازمة لسحب الجسم بسرعة منتظمة وعلى خط مستقيم ؟

2) ما القوة اللازمة التي تعمل بزاوية (37^o) مع الافق لدفع الجسم على ذلك السطح بسرعة منتظمة وعلى خط مستقيم ؟

3) ما القوة اللازمة التي تعمل زاوية (37^o) مع الافق لسحب الجسم على ذلك السطح بسرعة منتظمة وعلى خط مستقيم ؟ الجواب/ $(43.48\ N\ ,\ 58.82\ N\ ,\ 40\ N)$.

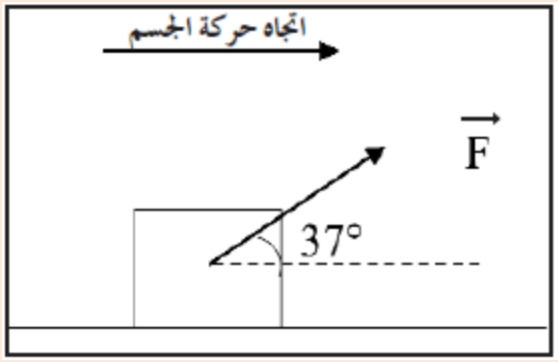
سؤال 6 جد القوة الموازية للسطح المائل اللازمة لدفع صندوق وزنه $(300\ N)$ الى اعلى السطح المائل الذي يميل عن الافق بزاوية (37^o) بسرعة منتظمة اذا كان معامل الاحتكاك الانزلاقي بين الصندوق والسطح (0.2). الجواب/ $(228\ N)$.

سؤال 7 سيارة كتلتها $(1000\ kg)$ تسير بسرعة $(72\ km/h)$ على طريق افقي ما القوة التي يسلطها موقفها (الكابح) لايقافها بعد ان تقطع ازاحة مقدارها $(8\ m)$. الجواب/ $(-25000\ N)$.

سؤال 8 صندوق فواكه كتلته $(18\ kg)$ موضوع في حالة سكون فوق سطح افقي , اذا علمت ان معامل الاحتكاك السكوني $(\mu_s = 0.45)$ ومعامل الاحتكاك الانزلاقي $(\mu_k = 0.41)$ احسب قوة الاحتكاك والتعجيل الذي سيتحرك به الصندوق في الحالتين الاتيتين : 1) اذا أثرت عليه قوة افقية مقدارها $(75\ N)$ في اتجاه الشرق. 2) اذا أثرت عليه قوة افقية مقدارها $(95\ N)$ في اتجاه الشرق.

سؤال 9 رجل يسحب عربة كتلتها $(2030\ kg)$ بقوة محصلة افقية مقدارها $(700\ N)$ خلال فترة زمنية مقدارها $(5\ s)$ فإذا بدأت العربة حركتها من السكون احسب المسافة التي ستتحركها العربة في الفترة الزمنية السابقة. الجواب/ $(4.3\ m)$.

سؤال 10 صندوق موضوع على سطح افقي خشن كتلته $(100\ kg)$ كما موضح في الشكل , اثرت عليه قوة مقدارها $(200\ N)$ باتجاه يميل عن الافق بزاوية مقدارها (37^o) فجعلته على وشك الحركة احسب : 1) معامل الاحتكاك السكوني.



2) مقدار القوة اللازمة لتحريك الصندوق بتعجيل مقداره $(3\ m/s^2)$ في نفس الاتجاه اذا كان معامل الاحتكاك الحركي (0.13).

الجواب/ $(0.186\ ,\ 258\ N)$.

سؤال 11 سيارة كتلتها $(1500\ kg)$ تسير بسرعة $(72\ km/h)$ شرقاً على طريق افقي , ما اقل ازاحة يمكن لسائقها ان يوقفها عن الحركة علماً ان معامل الاحتكاك بين اطارات السيارة والطريق يساوي (0.3). الجواب/ $(68\ m)$.

سؤال 12 وضعت قطعة نقود على صفيحة افقية :

a) ما زاوية ميل الصفيحة لتشرع قطعة النقود بالانزلاق الى اسفل ؟ اذا كان معامل الاحتكاك السكوني $(\frac{1}{\sqrt{3}})$.

b) ما التعجيل الذي تتحرك به قطعة النقود في اثناء انزلاقها عند بقاء زاوية ميل الصفيحة ثابتة علماً ان معامل الاحتكاك الانزلاقي (0.2). الجواب/ $(30^o\ ,\ 3.2\ m/s^2)$.

سؤال 13 يراد دفع صخرة كبيرة كتلتها $(20\ kg)$ الى قمة جبل دون دحرجتها , فإذا كان معامل الاحتكاك الحركي بين الصخرة وسطح الجبل (0.4) , وميل سطح الجبل (30^o) عن الافق فما القوة التي يتطلبها دفع الصخرة الى قمة الجبل بسرعة ثابتة ؟ علماً ان التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$ علماً ان $(cos30^o = 0.8)$ ؟ الجواب/ $(164\ N\ ,\ )$.

سؤال 14 تؤثر قوة مقدارها $(40\ N)$ في جسم كتلته $(5\ kg)$ موضوع على سطح افقي اكسبته تعجيلاً مقداره $(6\ m/s^2)$ في اتجاهها . 1) كم تبلغ قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح ؟ 2) ما مقدار معامل الاحتكاك الحركي ؟ الجواب/ $(0.2\ ,\ 10\ N)$.

سؤال 15 يسحب صندوق كتلته $(225\ kg)$ افقياً تحت تأثير قوة مقدارها $(675\ N)$ فإذا كان معامل الاحتكاك الانزلاقي (0.2) , فاحسب تعجيل الصندوق. الجواب/ $(1\ m/s^2)$.

سؤال 16 يسحب صندوق كتلته $(63\ kg)$ بحبل على سطح مائل يصنع زاوية (30^o) مع الافق , اذا كان الحبل يوازي السطح , والشد فيه $(512\ N)$, ومعامل الاحتكاك الانزلاقي (0.5) , فما مقدار تعجيل الصندوق ؟ الجواب/ $(1.2\ m/s^2)$.

ملاحظات مهمة جداً

- اتجاه الوزن للاسفل دائماً.
- القوة العمودي (قوة رد الفعل) هي التي يؤثربها السطح عل جسم موضوع عليه عند التلامس.
- القوة العمودية تساوي الوزن مقداراً وتعاكسه اتجاهاً.
- سبب وجود قوة الاحتكاك هووجود نتوءات على سطحي الجسمين ووجودها يؤدي لاعاقة الحركة.
- اذا ذكرفي السؤال السطح املس هذا يعني ان قوة الاحتكاك تساوي صفر (f).
- معامل الاحتكاك السكوني اكبرمن معامل الاحتكاك الانزلاقي الحركي $(\mu_s > \mu_k)$.
- اتجاه قوة الشد باتجاه الحبل (الخيط) دائماً وتكون متساوية لكل جسم.
- اذا كان الجسم على وشك الحركة او السرعة ثابتة يكون التعجيل يساوي صفر $(a = 0)$.

اي ان : $\sum F = 0$

اسئلة الفصل الثالث

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية :

1) أثرت محصلة قوى خارجية في جسم فحركته من السكون , فاذا كان مقدارو اتجاه تلك المحصلة معلوماً وكتلته معلومة عندها يمكن تطبيق القانون الثاني لنيوتن لايجاد :

a) وزن الجسم. b) انطلاق الجسم. c) ازاحة الجسم. d) تعجيل الجسم.

2) عندما يسحب حصانٌ عربة فان القوة التي تتسبب في حركة الحصان الى الامام هي :

a) القوة التي تسحب العربة. b) القوة التي تؤثر فيها العربة على الحصان.

c) القوة التي يؤثر فيها الحصان على الارض. d) القوة التي تؤثر فيها الارض على الحصان.

3) قوة الاحتكاك بين سطحين متماسين لا تعتمد على :

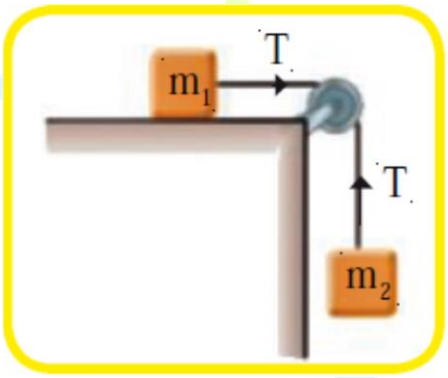
a) القوة الضاغطة عمودياً على السطحين المتماسين. b) مساحة السطحين المتماسين.

c) الحركة النسبية بين السطحين المتماسين. d) وجود زيت بين السطحين او عدم وجوده.

4) اذا اردت ان تمشي على ارض جليدية من غير انزلاق فمن الافضل ان تكون حركتك :

a) بخطوات طويلة. b) بخطوات قصيرة. c) على مسار دائري. d) على مسار متموج افقياً.

5) الكتلتان (m_1 , m_2) مربوطتان بسلك مهمل الوزن كما في الشكل المجاور وكانت الكتلة (m_1) تتحرك على سطح افقي املس في حين (m_2) معلقة شاقولياً بطرف السلك .



a) $T = 0$.

b) $T < m_2\, g$.

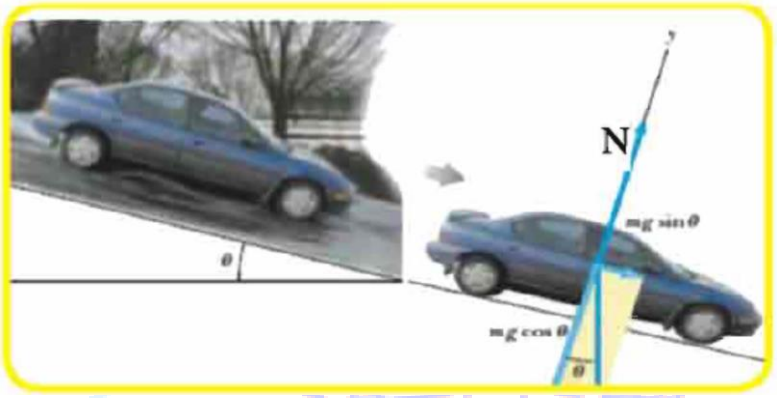
c) $T = m_2\, g$.

6) في الشكل المجاور الكتلتان (m_1 , m_2) تتصلان بطرفي حبل مهمل الوزن يمر على بكرة مهملة الوزن وعديمة الاحتكاك فاذا فرضنا $(m_1 = m_2)$ فأن تعجيل المجموعة.

a) يساوي (g). b) اكبر من (g).

c) صفراً. d) اقل من (g).

7) سيارة كتلتها (m) تنزلق على سطح مغطى بالجليد عديم الاحتكاك مائل بزاوية (θ) كما مبين في الشكل المجاور, فان تعجيل السيارة يساوي :



a) $g\ sin\theta$.

b) $sin\theta/g$.

c) $2g\ sin\theta$.

d) $\frac{1}{2}\ g\ sin\theta$.

8) القوة الافقية $(40\ N)$ تلزم لجعل صندوق من الفولاذ كتلته $(10\ kg)$ على وشك الشروع بالحركة فوق ارضية افقية من الخشب عندئذ يكون مقدار معامل الاحتكاك السكوني (μ_s) يساوي :

a) $0.08\ m/s^2$. b) $0.25\ m/s^2$. c) $0.4\ m/s^2$. d) $2.5\ m/s^2$.

9) القوة $(10\ N)$ تكسب جسماً تعجيلاً مقداره $(2\ m/s^2)$ في حين القوة التي مقدارها $(40\ N)$ تكسب الجسم نفسه تعجيلاً مقداره يساوي :

a) $4\ m/s^2$. b) $8\ m/s^2$. c) $12\ m/s^2$. d) $16\ m/s^2$.

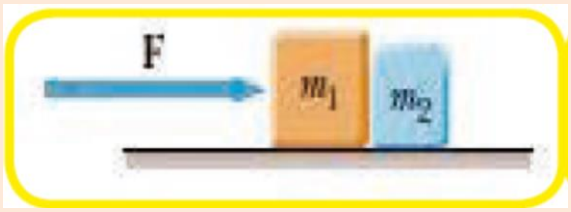
10) جسم كتلته (m) معلق بحبل في سقف مصعد فاذا كان المصعد يتحرك الى الاعلى بسرعة ثابتة فان الشد في الحبل :

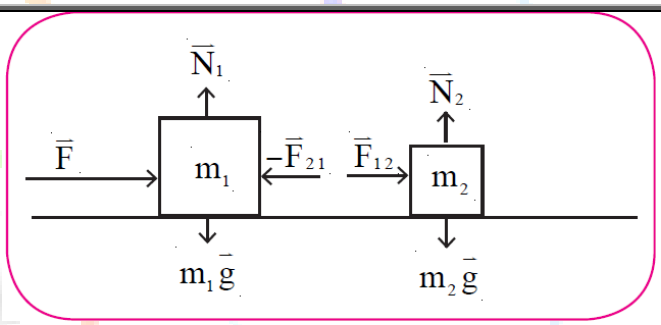
a) يكون مساوياً (mg). b) اقل من (mg). c) اكبر من (mg). d) تتحدد قيمته بناء على مقدار السرعة.

مسائل الفصل الثالث

سؤال 1

يبين الشكل المجاور الجسمان (m_1 , m_2) في تماس موضوعان على سطح افقي املس , كانت كتلة الجسم الاول $(m_1 = 4\ kg)$ وكتلة الجسم الثاني $(m_2 = 2\ kg)$ فإذا اثرت قوة افقية (F) مقدارها $(12\ N)$ تدفع الكتلة الثانية (m_1) كما في الشكل , جد مقدار تعجيل المجموعة المؤلفة من الجسمين ؟





بما ان الجسمان متماسان يمكن معاملتهما كجسم واحد.

$$\sum F = m_T a$$

$$m_T = m_1 + m_2$$

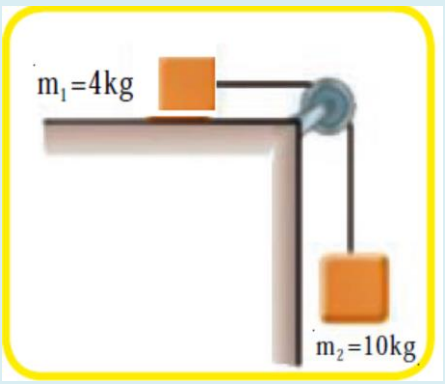
$$F = (m_1 + m_2)a$$

$$a = \frac{m_1 + m_2}{F} = \frac{12}{4+2} = \frac{12}{6}$$

$$a = 2\ m/s^2$$

سؤال 2

جسم كتلته $(4\ kg)$ موضوع على سطح افقي خشن ويتصل بطرف سلك يمر على بكرة ملساء ومهملة الوزن ومعلق بالطرف الاخر للسلك جسم كتلته $(10\ kg)$ وبوضع شاقولي كما في الشكل المجاور احسب معامل الاحتكاك بين الجسم (m_1) والسطح الافقي حينما تتحرك المجموعة من السكون بتعجيل مقداره $(6\ m/s^2)$.



بما ان البكرة ملساء هذا يعني ان انها مهملة

الاحتكاك والكتلة اي ان قوة الشد متساوي

للجسمين $(T_1 = T_2 = T)$.

نطبق قانون نيوتن الثاني على الجسم الاول.

$$\sum F = m_1 a$$

$$T - f_k = m_1 a$$

$$f_k = \mu_k N = \mu_1 m_1 g$$

$$f_k = 4 \times 10 \times \mu_k = 40\,\mu_k$$

$$T - 40\mu_k = 4 \times 6$$

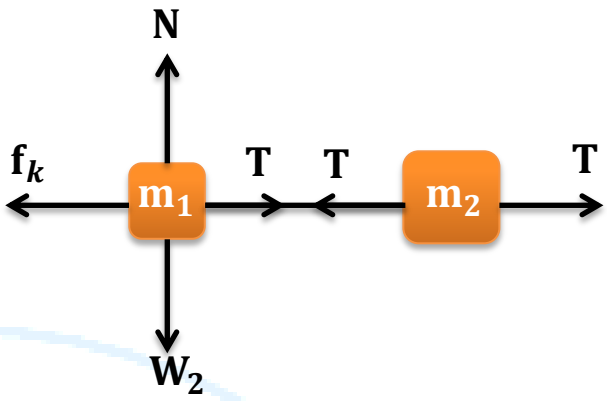
$$T - 40\,\mu_k = 24 \ldots\ldots (1)$$

نطبق قانون نيوتن الثاني على الجسم الثاني.

$$\sum F = m_1 a$$

$$W_2 - T = m_2 a$$

$$m_2 g - T = 10 \times 6$$



$$10 \times 10 - T = 60$$

$$100 - T = 60 \ldots\ldots (2)$$

$$T - 40\,\mu_k = 24 \ldots\ldots (1)$$

بالجمع $100 - 40\,\mu_k = 84$

$$40\,\mu_k = 100 - 84$$

$$40\,\mu_k = 16$$

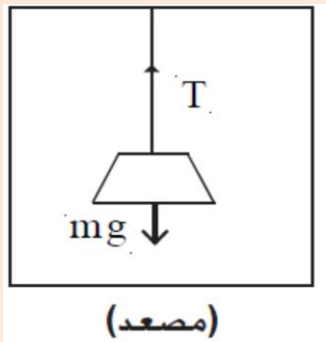
$$\mu_k = \frac{40}{16} = 0.4$$

سؤال 3

جسم كتلته $(1\ kg)$ معلق بسقف مصعد بوساطة سلك مهمل الوزن لاحظ الشكل المجاور, احسب مقدار قوة الشد (T) في السلك عندما يتحرك المصعد :

a) نحو الاعلى بتعجيل $(2\ m/s^2)$.

b) نحو الاسفل بتعجيل $(2\ m/s^2)$.



(مصعد)

a) نحو الاعلى بتعجيل ($a = 2\ m/s^2$).	b) نحو الاسفل بتعجيل ($a = 2\ m/s^2$).
يكون : $T > W$	يكون : $W > T$
$\sum F = ma$	$\sum F = ma$
$T - W = ma$	$W - T = ma \Rightarrow T = W - ma$
$T = ma + mg$	$T = mg - ma = 1 \times 10 - 1 \times 2$
$T = 1 \times 2 + 1 \times 10 = 2 + 10$	$T = 10 - 2 = 8\ N$
$T = 12\ N$	

سؤال 4

قوة افقية مقدارها ($20\ N$) اثرت في جسم ساكن كتلته ($2\ kg$) موضوع على سطح افقي املس , احسب : a) انطلاق الجسم في نهاية الثانية الاولى من حركته. b) الازاحة التي قطعها الجسم خلال ($3\ s$) من بدء حركته.

$F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m}$	$\Delta x = v_1 \Delta t + \frac{1}{2} a\, \Delta t^2$
$a = \frac{20}{2} = 10\ m/s^2$	$\Delta x = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times (3)^2$
$v_2 = v_1 + a\, \Delta t$	$\Delta x = 5 \times 9 = 45\ m$
$v_2 = 0 + 10 \times 1 = 10\ m/s^2$	

سؤال 5

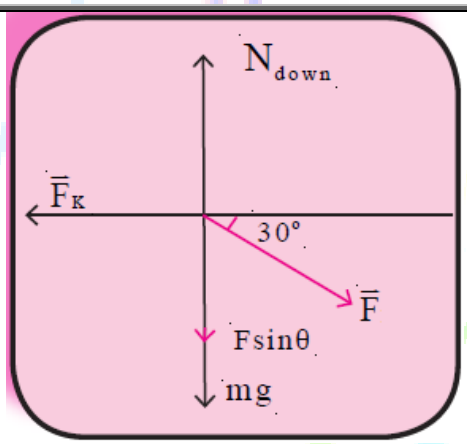
في الشكل ادناه شخص يدفع ابنته وهي جالسة على لوح للتزلج على الجليد , اي من القوتين التاليتين افضل ان يحرك الشخص ابنته لكي تسير على الجليد بسهولة :

a) يدفعها من خلال التأثير بقوة $(\vec{F})$ في كتفها بزاوية (30^o) تحت الافق.

b) يسحبها بالقوة $(\vec{F})$ نفسها بوساطة حبل يميل بزاوية (30^o) فوق الافق.

الجواب/ يسحبها بالقوة $(\vec{F})$ نفسها بواسطة حبل يميل بزاوية (30^o) فوق الافق ان قوة الاحتكاك المعرقلة للحركة في الحالة (b) تكون اصغر مما يؤدي الى السير على الجليد بسهولة اكثر مما في الحالة (a).

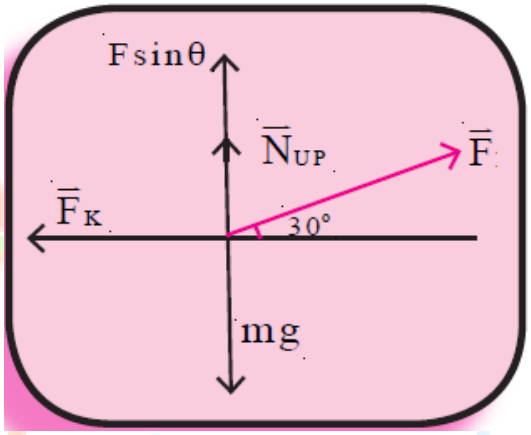
التوضيح :



الحالة a) يدفعها من خلال التأثير بقوة $(\vec{F})$ في كتفها بزاوية (30^o) تحت الافق .

$$N = mg + F\,sin\theta$$

$$f_k = \mu_k N = \mu_k(mg + Fsin\theta)$$



الحالة b) يسحبها بالقوة $(\vec{F})$ نفسها بوساطة حبل يميل بزاوية (30^o) فوق الافق.

$$N = mg - F\,sin\theta$$

$$f_k = \mu_k N = \mu_k(mg - Fsin\theta)$$

1-4 مفهوم الاتزان

فلو اثرت في الجسم الجاسئ محصلة قوى خارجية , سيتحرك بتعجيل , وذلك طبقاً للقانون الثاني لنيوتن في الحركة $(\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m})$, وعندما يكون مقدار محصلة القوى الخارجية المؤثرة في الجسم يساوي صفراً $(\sum \vec{F} = 0)$, فإن هذا الجسم سيخضع للقانون الاول لنيوتن (قانون الاستمرارية) ففي هذه الحالة اما ان يكون الجسم ساكناً فيقال ان الجسم في حالة اتزان سكوني او قد يكون متحركاً بانطلاق ثابت , وبخط مستقيم , فيقال عندئذ انه في حالة اتزان حركي .

2-4 شرط الاتزان الانتقالي

لكي يكون الجسم متزناً , يجب ان يتحقق شرطان لاتزانه , الشرط الاول (شرط الاتزان الانتقالي) يتحقق عندما يكون صافي القوى الخارجية (محصلة القوى الخارجية) المؤثرة في الجسم يساوي صفراً.

اي ان : $\sum \vec{F} = 0$

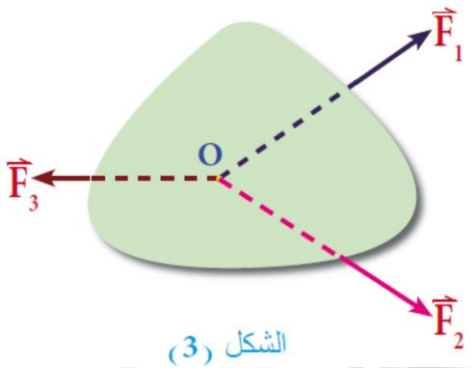
(وعلامة $\sum$ تعني مجموع او صافي اي كمية وتلفظ سمكاً).

وهذا يعني ان محصلة القوى الخارجية المؤثرة في الجسم على اي محور من المحاور الافقية والشاقولية (x, y) تساوي صفر أي ان :

$$\sum \vec{F}_x = 0$$
$$\sum \vec{F}_y = 0$$

3-4 شرط الاتزان الدوراني

اذا كان الجسم في حالة اتزان انتقالي قد لا يكون بالضرورة في حالة اتزان دوراني , ولهذا السبب قد يبقى الجسم يدور حتى لو كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة فيه صفراً.



الشكل (3)

ومن ملاحظتك الشكل (2) تجد ان هناك ثلاث قوى $(\vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3)$ تؤثر في صفيحة وامتدادات هذه القوى الثلاث تلتقي في نقطة واحدة هي (o) في الجسم . وبما ان محصلة القوى تساوي صفراً $(\sum \vec{F} = 0)$ فان الصفيحة تكون في حالة اتزان انتقالي.

لذا فان شرط الاتزان الدوراني يتحقق عندما يكون صافي العزوم الخارجية المؤثرة في الجسم حول محور معين يساوي صفراً :

$$\sum \vec{\tau} = 0$$ اي ان

حيث ان $(\vec{\tau})$ يمثل رمز العزم.

ومن ذلك نستنتج ان اي جسم في حالة اتزان سكوني (استاتيكي) يجب ان يكون في حالة اتزان انتقالي و اتزان دوراني في الوقت نفسه.

شرطا الاتزان الميكانيكي التام :

1) ليكون الجسم في حالة اتزان انتقالي يجب ان تكون محصلة القوى $(\sum F)$ المؤثرة في الجسم تساوي صفراً : $\sum F = 0$.

وبذلك تكون محصلة المركبات السينية (الافقية) تساوي صفر اي ان :

مجموع القوى باتجاه المحور $(+x)$ = مجموع القوى باتجاه المحور $(-x)$ وتكون محصلة المركبات الصادية صفراً اي ان :

مجموع القوى باتجاه المحور $(+y)$ = مجموع القوى باتجاه المحور $(-y)$.

2) وليكون الجسم في حالة اتزان دوراني يجب ان تكون محصلة العزوم المؤثرة فيه = صفر اي ان :

مجموع العزوم التي تدور الجسم باتجاه حركة عقارب الساعة = مجموع العزوم التي تدور الجسم باتجاه مضاد (عكس) عقارب الساعة.

4-4 شرط الاتزان الدوراني

عندما نفتح كتاباً او باباً او شباكاً او نثبت انابيب المياه الشكل (5) نستعمل قوة لها تأثير مدور(تأثير دور دوراني) والتأثير الدوراني للقوة يسمى بالعزم ويرمزله (τ).

الشكل (5)

سؤال ما المقصود بعزم القوة ؟ وما هي وحدة قياسه ؟

جواب

عزم القوة : محاولة القوة لتدوير الجسم حول محور معين وهو من الكميات المتجهة ويقاس بوحدة ($N.m$).

☒ فهو ناتج عن الضرب الاتجاهي للإزاحة (بين محور الدوران ونقطة تأثير القوة).

ويحسب العزم وفق العلاقة الرياضية التالية :

$$\tau = \ell F \sin\theta$$

سؤال علام يعتمد العزم ؟ وما هي العلاقة التي تربط هذه العوامل ؟

الجواب وفق العلاقة : $\tau = \ell F \sin\theta$

يعتمد العزم على : 1) مقدار القوة المؤثرة (F).

2) البعد العمودي (ℓ) من نقطة تأثير القوة الى محور الدوران.

3) الزاوية (θ) المحصورة بين خط فعل القوة والخط الواصل بين نقطة الدوران ونقطة تأثير القوة.

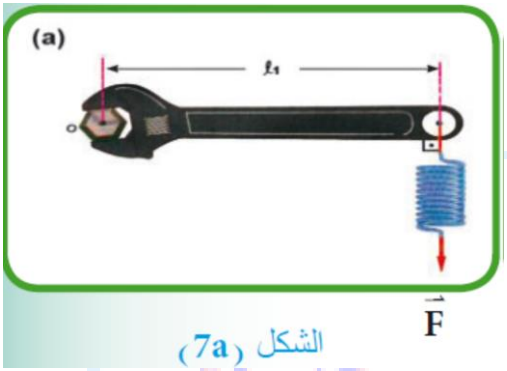
سؤال اشرح نشاط لبيان العوامل التي يعتمد عليها مقدارعزم القوة ؟

الجواب

الادوات : مفتاح ربط , برغي , قبان حلزوني.

خطوات النشاط :

❖ ادخل رأس البرغي في فوهة مفتاح الربط وبواسطة القبان الحلزوني سلط قوة صغيرة $(\vec{F}_1)$ عمودية على ذراع المفتاح بحيث تؤثرفي طرف المفتاح وعلى بعد (ℓ_1) من البرغي كما في الشكل $(7a)$.

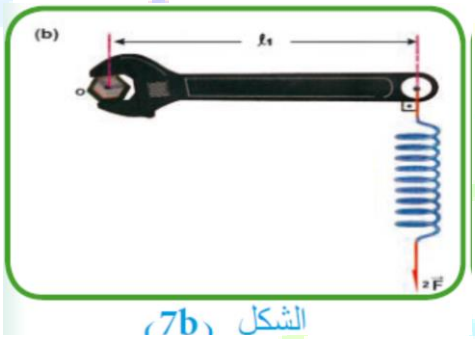


الشكل (7a)

❖ حاول تدوير البرغي بوساطة مفتاح الربط تجد صعوبة في التدوير.

❖ اعمل على مضاعفة القوة الاولى (اي تصبح $2\vec{F}$) وعلى البعد نفسه عن محورالدوران ستجد عندئذ سهولة في تدويرالبرغي.

لاحظ الشكل $(7b)$.



الشكل (7b)

نستنتج من ذلك :

ان عزم القوة يتناسب طردياً مع مقدارالقوة اي ان : $(\vec{\tau} \alpha \vec{F})$.

سؤال اشرح بنشاط تأثيرتغيرالبعد العمودي (ℓ) على مقدارعزم القوة (τ) ؟

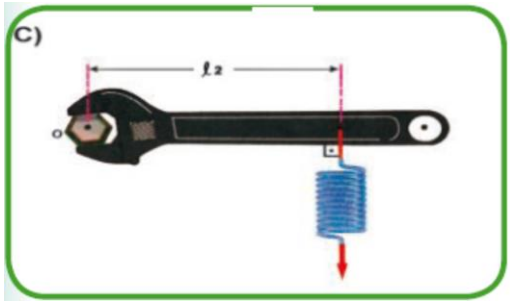
الجواب

الادوات : مفتاح ربط , برغي , قبان حلزوني.

خطوات النشاط :

❖ استعمل مقدارالقوة (F) نفسها (باستعمال القبان الحلزوني) واجعل نقطة تأثيرها على بعد (ℓ_2) بحيث تكون اقرب الى البرغي عندها تجد صعوبة اكثرفي تدويرالبرغي.

اي ان : $\ell_2 > \ell_1$ كما في الشكل المجاور.



❖ كررالعملية عدة مرات , وفي كل مرة قرب نقطة تأثيرالقوة من البرغي سوف تجد زيادة في صعوبة تدويرالبرغي.

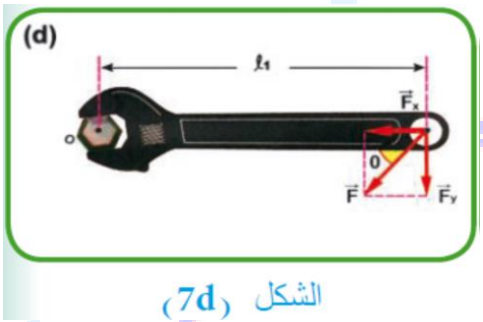
نستنتج من ذلك ان :

مقدارعزم القوة (τ) يتناسب طردياً مع البعد العمودي (ℓ) عن محور الدوران , اي ان :

$\vec{\tau} \alpha \ell$ بثبوت القوة ($\vec{F}$).

سؤال اشرح بنشاط تأثير تغير مقدار (θ) الزاوية على مقدار عزم القوة (τ) ؟

الجواب **الادوات :** مفتاح ربط , برغي , قبان حلزوني.

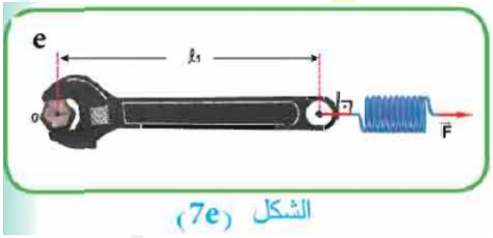


الشكل (7d)

خطوات النشاط :

- سلط قوة ($\vec{F}$) ومن نقطة تأثير البعد العمودي (ℓ_1) في طرف الذراع كما موضح في الشكل ($7d$) ولكن اجعل هذه المرة القوة غير عمودية على ذراع المفتاح (اي تعمل زاوية (θ) مع ذراع المفتاح) , عندها يعطي العزم المدور بالصيغة الاتية :

حاول مرة اخرى تدوير البرغي , سوف تجد صعوبة في تدويره كلما قلت الزاوية (θ) بين خط فعل القوة وذراع المفتاح.



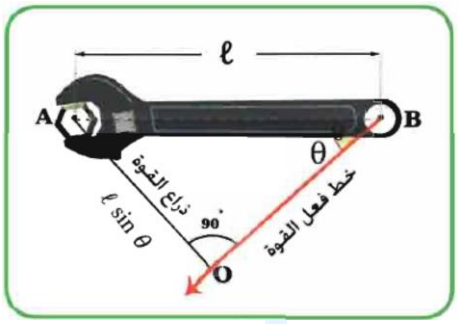
الشكل (7e)

- اجعل خط فعل القوة بموازاة ذراع المفتاح (في هذه الحالة يكون امتداد القوة $\vec{F}$) يمر في مركز الدوران لاحظ الشكل ($7e$) عندها ينعدم التأثير الدوراني للقوة.

نستنتج من ذلك :

ان عزم القوة ينعدم اذا كانت القوة او امتدادها يمر في مركز الدوران , لان تأثير ذراع القوة يصبح صفراً في هذه الحالة.

كيفية حساب ذراع القوة (ذراع العزم) :



لحساب ذراع القوة (ذراع العزم) نرسم خط مستقيماً يربط خط فعل القوة مع البعد العمودي عليه من نقطة الدوران (المحور) فنحصل على مثلث قائم الزاوية (ABO) لاحظ الشكل المجاور, فيكون ذراع القوة هو الضلع القائم (AO) يساوي $(\ell \sin\theta)$ وعندئذ عزم القوة :

$$\tau = \ell F \sin\theta$$

سؤال متى ينعدم عزم الدوران ؟

الجواب عندما تكون الزاوية بين البعد العمودي (ℓ) والقوة المؤثرة (F) تساوي صفراي ان خط عمل القوة يقع على محور الدوران.

سؤال ايهما اسهل لفتح الباب ان تدفعه من منتصفه ام قريباً من مقبضه ؟ ولماذا ؟

الجواب عند مقبضيه اسهل لان خط عمل القوة يكون (نقطة تأثيرها) على بعد يساوي (ℓ) اما عند المنتصف فتكون نقطة تأثير القوة على بعد نصف $(\frac{1}{2}\ell)$ من محور الدوران.

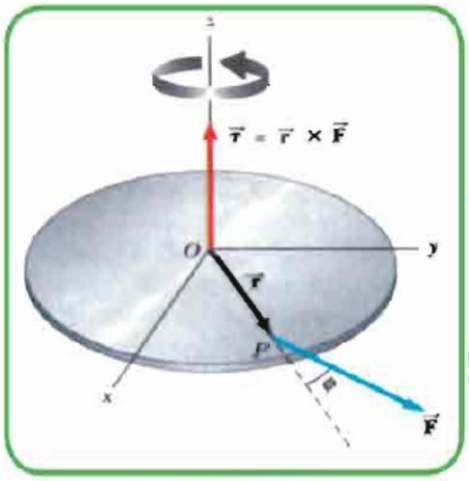
سؤال عندما يؤثر في الجسم قوى متزنة ما مقدار تعجيله ؟

الجواب التعجيل يساوي صفر, لان الجسم في هذه الحالة اما ان يكون ساكناً فيظل ساكناً , او يكون متحركاً بسرعة ثابتة فيحتفظ بها.

5-4 العزم كمية متجهة

من دراستنا في الفصل الاول عرفنا ان حاصل ضرب متجهين يكون اما كمية قياسية مثل الضرب النقطي $(c = \vec{F}.\vec{d})$ واما كمية متجهة مثل الضرب الاتجاهي $(\vec{A} = \vec{F} \times \vec{d})$ وبما ان متجه العزم هو حاصل الضرب الاتجاهي لمتجه الموقع $(\vec{r})$ ومتجه القوة $(\vec{F})$ لاحظ الشكل (9) فيكتب كما في المعادلة الاتية :-

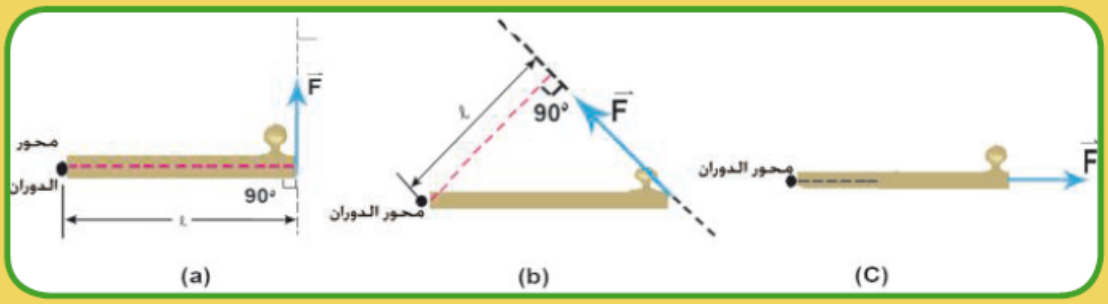
$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$



الشكل (9)

تذكر :

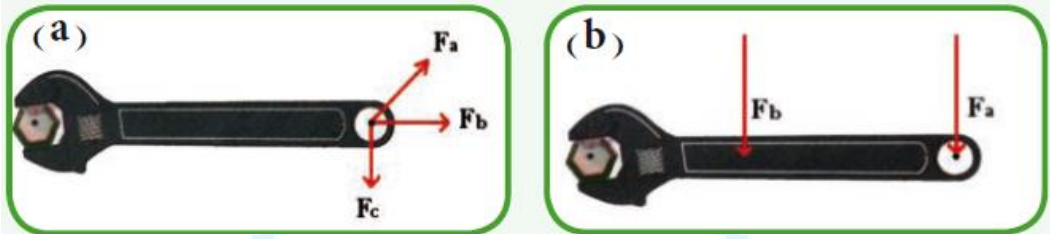
العزم الناتج عن تأثير القوة في تدوير جسم يكون بمقداره الاعظم $\vec{\tau}_{max}$ عندما يكون خط فعل القوة عمودياً على الخط الواصل بين نقطة تأثير القوة ومحور الدوران الشكل (13a) اي ان: $\tau_{max} = F_{\perp} . \ell$ ويقل مقدار العزم عندما يكون خط فعل القوة مائلاً الشكل (13b)

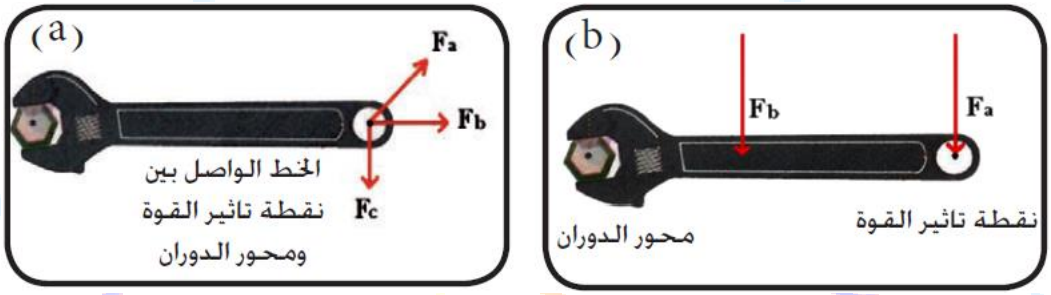


الشكل (13)

ينعدم العزم ($\tau = 0$) عندما يمر خط فعل القوة في نقطة او محور الدوران الشكل (13C) اي ان : $\tau = F_{11} . \ell = 0$

فكر/ أي القوى المبينة في الشكل (a, b) تسبب عزماً اقل لمفتاح الربط في تدوير البرغي علماً ان مقادير القوى المؤثرة متساوية.





الجواب/

الشكل (a) : (F_a) تولد عزماً اقل $(\tau_a = F_a\ \ell\ sin\theta)$ مما يولده عزم القوة (F_c)

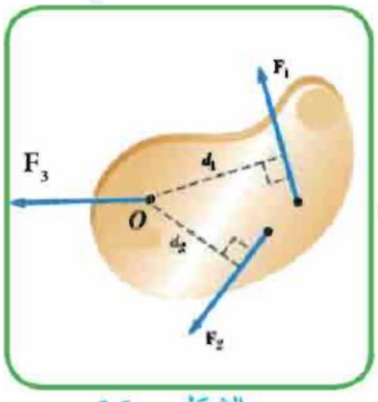
$$\tau_c = F_c . \ell$$

الشكل (b) : (F_b) تولد عزماً اقل $(\tau_b = F_\perp(\frac{1}{2}\square))$ مما يولده عزم القوة (F_a)

$$\tau_a = F_a . \ell$$

6-4 صافي العزوم و اتجاه الدوران

عندما تؤثر قوى متعددة في جسم واحد وتحاول تدويره فإن عزم كل قوة يحسب حول نقطة الدوران نفسها , فيكون المجموع الاتجاهي للعزوم المنفردة يساوي صافي العزوم (محصلة العزوم) $(\vec{\tau}_{net})$ لاحظ الشكل (16) اي ان :



الشكل (16)

$$\vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 + \vec{\tau}_3 + \cdots$$

7-4 المزدوج

عند تدوير مقود السيارة او مقود الدراجة وحنفية الماء فانك تسلط قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين بالاتجاه ومتوازيتين وليس لهما خط فعل مشترك وتشكل هاتان القوتان ما يسمى بالمزدوج لاحظ الشكل المجاور, وهناك العديد من التطبيقات الاخرى في الحياة العملية فمثلاً حينما تدير مفتاح الباب , او تستعمل مفتاح تغيير الاطارات.

سؤال عرف المزدوج ؟ وما هي وحدة قياس عزم المزدوج ؟

جواب

المزدوج : هو عبارة قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان فب الاتجاه ومتوازيتان وليس لهما خط فعل مشترك وللمزدوج اثر دوراني على الجسم وهو كمية اتجاهية مثل مفتاح حنفية الماء ومقودة السيارة ومفتاح تغيير الاطارات.

حساب عزم الازدواج :

لحساب عزم المزدوج فإن عزوم القوى تؤخذ حول أية نقطة تقع بين القوتين ثم يجمع عزميهما لانهما يعملان على تدوير الذراع بالاتجاه نفسه , و ابسط طريقة لحساب عزم المزدوج هي ان نضرب احدى القوتين في البعد العمودي بينهما.

$$\tau = F\ell \sin\theta$$

اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
عزم الازدواج	τ	نيوتن × متر	$N.m$
احدى القوتين	F	نيوتن	N
البعد العمودي	ℓ	متر	m
الزاوية المحصورة بين احدى القوتين والبعد العمودي	θ	-	-

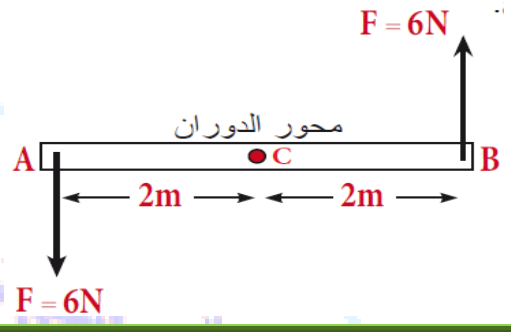
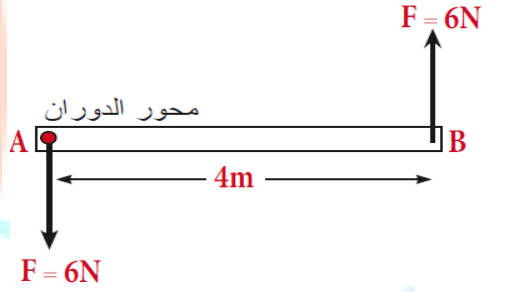
سؤال

احسب عزم الازواج في الاشكال المبينة ادناه :

جواب

يمكننا حساب عزم المزدوج للاشكال كما يأتي :

عزم المزدوج = إحدى القوتين في البعد الع مودي بينهما

$\vec{\tau}_{total} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$ $\vec{\tau}_{total} = F(AC + CB)$ $\vec{\tau}_{total} = 6(2+2) = 6 \times 4$ $\vec{\tau}_{total} = 24\ N.m$	
$\vec{\tau}_{total} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$ $\vec{\tau}_{total} = F(AD + DB)$ $\vec{\tau}_{total} = 6(1+3) = 6 \times 4$ $\vec{\tau}_{total} = 24\ N.m$	
$\vec{\tau}_{total} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$ $\vec{\tau}_{total} = F \times AB$ $\vec{\tau}_{total} = 6 \times 4$ $\vec{\tau}_{total} = 24\ N.m$	

سؤال

ما هي العوامل التي يعتمد عليها عزم الازدواج ؟

جواب

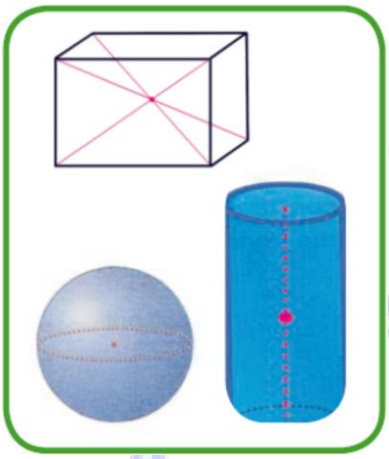
1) مقدار احدى القوتين (F). 2) البعد العمودي بين القوتين (ℓ).

ملاحظات/

- عزم المزدوج ثابت المقدار والاتجاه حول اي نقطة في المستوي ولا يعتمد على موضع محور الدوران.
- المزدوج كمية اتجاهية , قد يسبب دوران الجسم مع عقارب الساعة او بعكس عقارب الساعة.

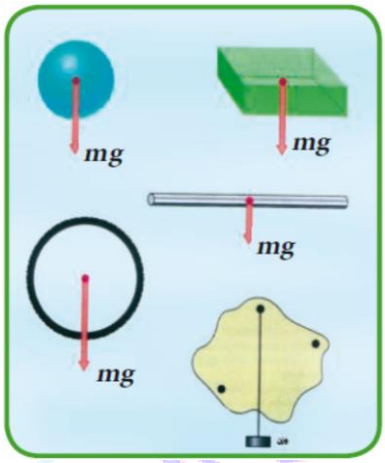
8-4 مركز الكتلة

هي النقطة التي يفترض ان يكون مجموع كتل الجسيمات المؤلفة له (m) متمركزة فيها ويمزلها بالرمز (Cm).



- كل جسم جاسي ذو أبعاد هو منظومة من الجسيمات توصف حركته بدلالة نقطة مهمة تسمى مركز الكتلة للجسم.
- افرض ان منظومة من الجسيمات تتألف من زوج من الجسيمات موصولة مع بعضها بوساطة ساق خفيفة (مهملة الوزن) ومركز كتلة المنظومة يقع على الخط الواصل بين الجسمين وهو اقرب الى الكتلة الاكبر مقداراً كما في الشكل المجاور.
- ان الاجسام الهندسية (المتناظرة والمتجانسة) فأن مركز كتلتها تقع على محور التناظر وهو المركز الهندسي للجسم مثل (الكرة , المكعب والاسطوانة وغيرها).
- اذا اثرت قوة مقدارها $(\vec{F})$ في مركز الكتلة للمنظومة (Cm) ففي هذه الحالة ستتحرك المنظومة بتعجيل :- $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$

9-4 مركز الثقل



في معظم مسارالاجسام الجائسة المتزنة تكون احدى القوى المؤثرة في الجسم هي قوة الجاذبية المؤثرة فيها وهي وزن الجسم وتمثل بسهم يتجه شاقولياً نحو الاسفل (نحو مركزالارض) ولحساب عزم قوة الجاذبية تلك نفرض ان الوزن الكلي للجسيمات المؤلفة للجسم تتجمع في نقطة واحدة تسمى مركزالثقل ويرمزلها (G_G) كما في الشكل المجاور.

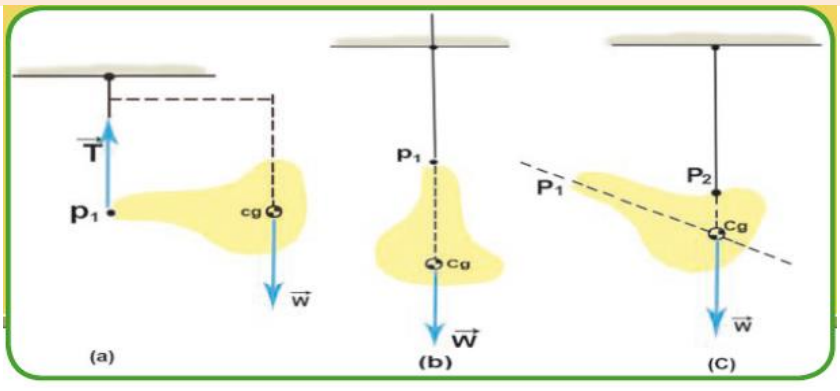
سؤال ما هو تعريف مركزثقل الجسم ؟

جواب **مركزثقل الجسم :-** يعرف بأنه تلك النقطة التي لو علق منها الجسم في أي وضع كان فأن الجسم لا يحاوكل الدوران لان صافي العزوم المؤثرة في الجسم حول تلك النقطة يساوي صفراً وهذه النقطة هي مركزثقل الجسم.

ملاحظة / ان مركزثقل الاجسام المتجانسة والمتناظرة يقع في مركزها الهندسي.

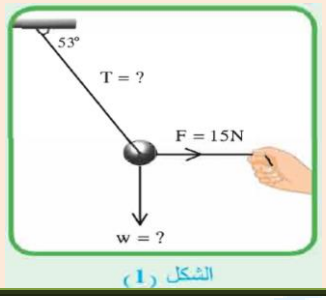
تذكر:

- مركزثقل الجسم هو نقطة في الجسم يظهرفيها ان كل وزن الجسم متجمع فيها.
- مركزكتلة الجسم هو نقطة في الجسم التي لوكان خط فعل القوة المؤثرة في الجسم (اوامتدادها) يمرفيها , فأن تلك القوة لا تسبب دوران الجسم.



مثال 1

في الشكل (1) كرة معلقة بطرف خيط , سحبت جانباً بقوة افقية مقدارها (15 N)



الشكل (1)

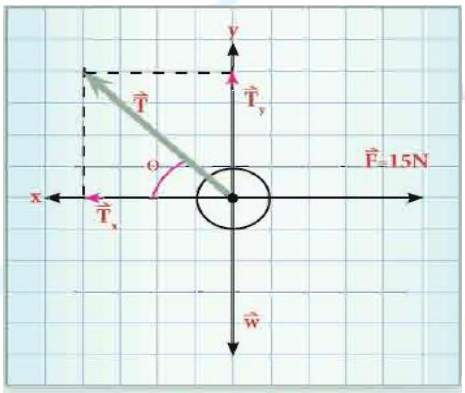
احسب مقدار:

1) قوة الشد في الخيط.

2) وزن الكرة.

علماً ان $(sin53^o = 0.8)$ و$(cos53^o = 0.6)$.

الطريقة الاولى طريقة التحليل



الشكل (2)

∵ الجسم في حالة اتزان سكوني , نحلل القوة المائلة $(\vec{T})$ الى مركبتيها الافقية والشاقولية كما في الشكل (2) ثم نطبق شرط الاتزان الانتقالي :

$$\sum \vec{F} = 0$$

1) $\sum \vec{F}_x = 0 \implies \vec{F} - \vec{T}_x = 0$

$$T_x = F \implies T\cos53^o = 15$$

$$T \times 0.6 = 15$$

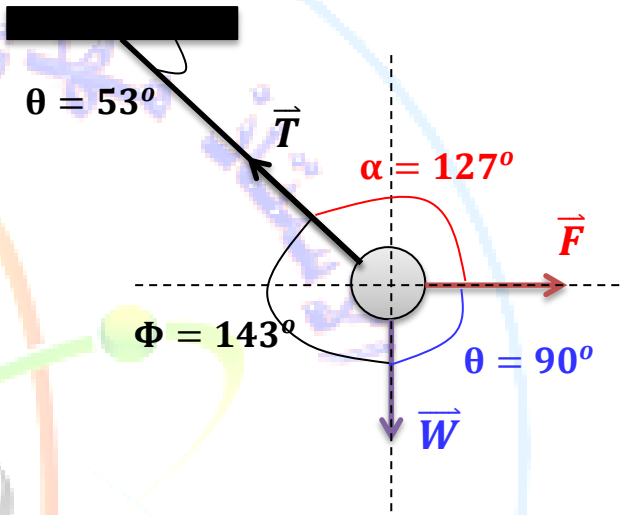
$$T = \frac{15}{0.6} = \frac{150}{6} = 25\ N$$

2) $\sum \vec{F}_y = 0 \implies \vec{T}_y - \vec{W} = 0$

$$T_y = W \implies T\sin53^o = W$$

$$W = 25 \times 0.8 = 20\ N$$

الطريقة الثانية طريقة الجيب (قاعدة لامي)



$$\frac{T}{sin\theta} = \frac{F}{sin\Phi} = \frac{W}{sin\alpha}$$

$$\frac{T}{sin90^o} = \frac{F}{sin143^o} = \frac{W}{sin127^o}$$

1) $\frac{T}{1} = \frac{15}{0.6} \implies 0.6\,T = 15$

$$T = \frac{15}{0.6} = 25\ N$$

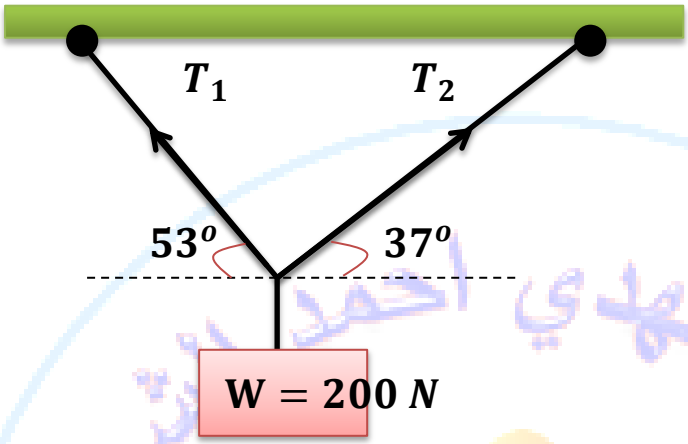
2) $\frac{T}{sin90^o} = \frac{W}{sin127^o}$

$$\frac{25}{1} = \frac{W}{0.8} \implies W = 25 \times 0.8$$

$$W = 20\ N$$

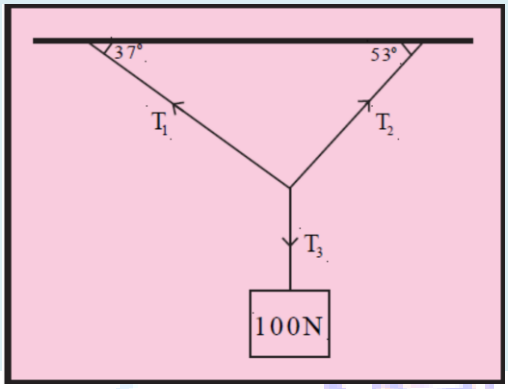
1 سؤال اثرائي

علق ثقل مقداره $(200\ N)$ بحبلين كما في الشكل , جد قوة الشد في كل من الحبلين .



2 سؤال اثرائي

جسم وزنه $(100\ N)$ معلق بخيطين مهملي الوزن كما في الشكل المجاوروهو متزن ,



ما قوة الشد في كل خيط من الخيوط الثلاثة ؟

اعتبر: $(sin37^o = 0.6\ , cos37^o = 0.8)$.

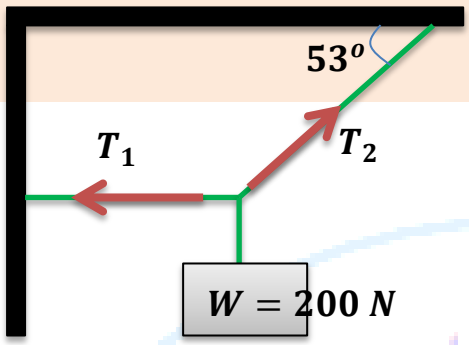
$(sin53^o = 0.8\ ,\ cos53^o = 0.6)$.

3 سؤال اثرائي

جسم وزنه $(200\ N)$ معلق بواسطة حبلين في سقف افقي كما في الشكل المجاور

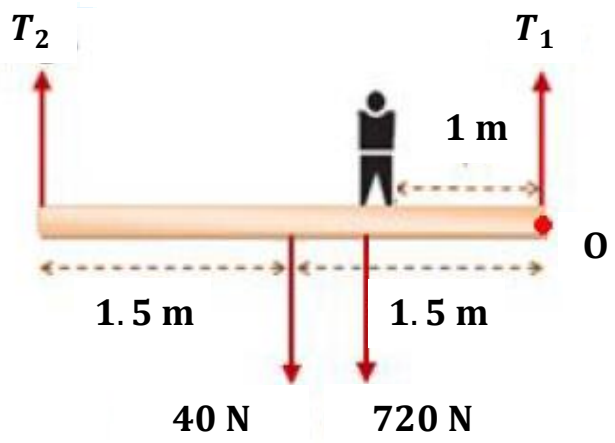
احسب :

قوة الشد بالحبل عندما يتزن الجسم.



4 سؤال اثرائي

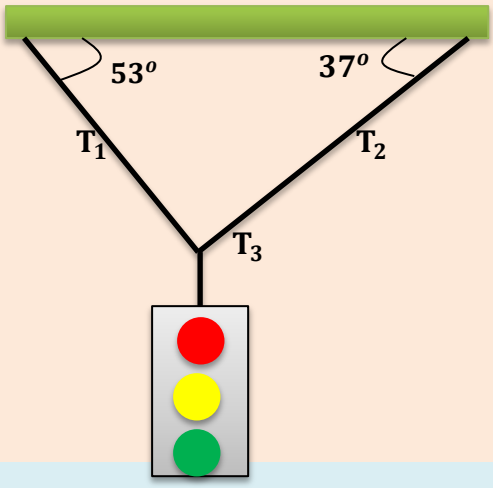
يتزن لوح منتظم من الخشب طوله $(3\ m)$, ووزنه $(40\ N)$ علق في وضع افقي بوساطة حبلين رأسيين مربوطين عند طرفيه , اذا وقف شخص كتلته $(72\ kg)$ على بعد $(1\ m)$ من احدى طرفيه , جد قوة الشد في كلا الحبلين.



اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1

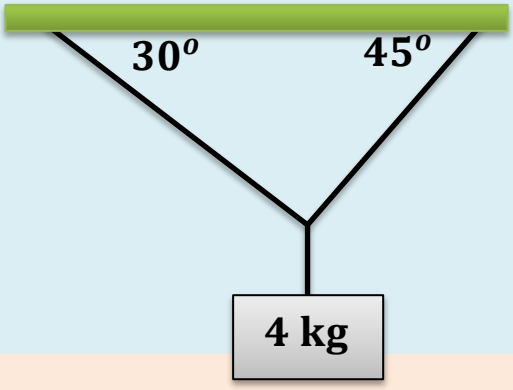
اشارة مرورية وزنها $(125\ N)$ معلقة بحبل وهذا الحبل مربوط بحبلين اخرين مثبتين بحامل كما في الشكل المبين , الحبلان العلويان يصنعان زاويتين مقدارهما (37^o) و (53^o) مع الافق , اوجد قوة الشد في الحبال الثلاثة.



الجواب/ $(100\ N\ ,\ 75\ N\ ,\ 125\ N)$.

سؤال 2

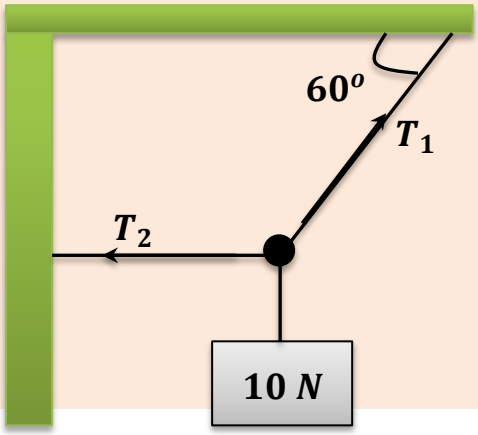
من الشكل المجاور احسب مقدار كل من قوة الشد الاولى (T_1) والثانية (T_2) , اذا كان الجسم متزناً .



الجواب/ $(36.31\ N\ ,\ 29.28\ N)$.

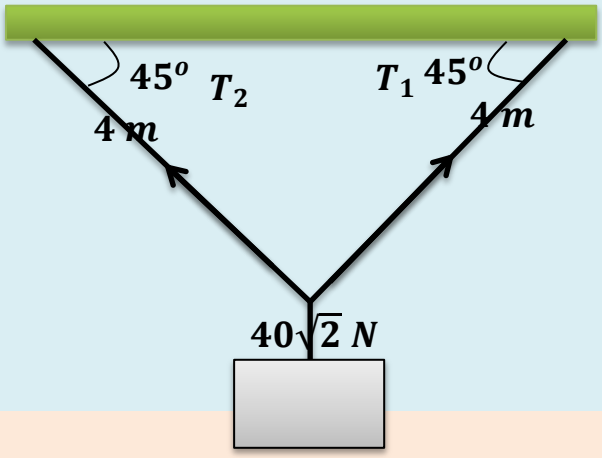
سؤال 3

وفقاً للبيانات المدونة في الشكل المجاور, اوجد قوة الشد في كل حبل .



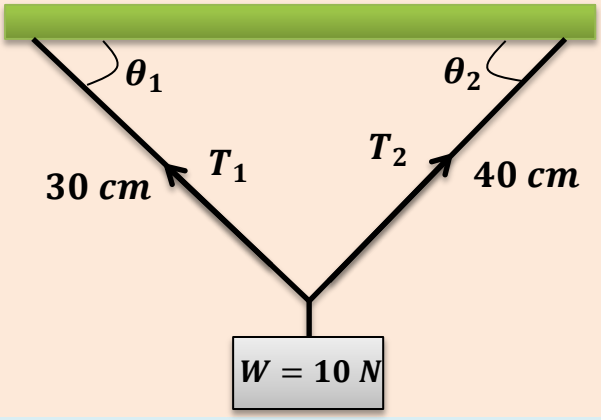
سؤال 4

علق جسم وزنه $(40\sqrt{2}\ N)$ بوساطة خيطين مربوطين في سقف كما في الشكل المجاور , احسب قوة الشد في خيط اذا كان طول الخيط الاول $(4\ m)$ وطول الخيط الثاني طوله $(4\ m)$.



سؤال 5

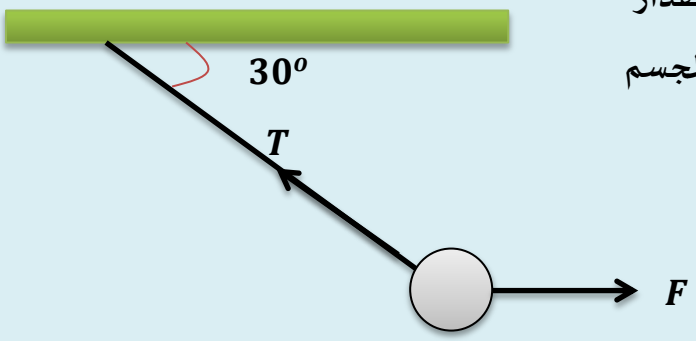
علق جسم وزنه $(10\ N)$ بوساطة خيطين مربوطين في سقف , احسب قوة الشد في كل خيط اذا كان طول الخيط الاول $(30\ cm)$ وطول الخيط الثاني $(40\ cm)$.



الجواب/ $(8\ N\ ,\ 6\ N)$.

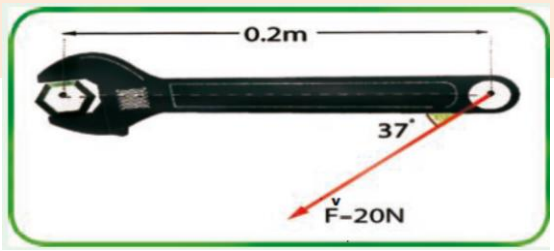
سؤال 6

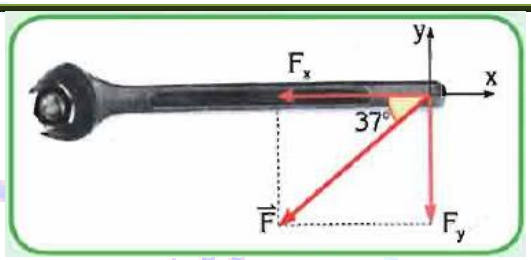
اثرت قوة افقية مقدارها $(80\ N)$ في جسم وزنه $(10\ N)$ معلق بوساطة حبل , لاحظ الشكل المجاور, ما مقدار و اتجاه قوة الشد (T) التي يؤثر بها الحبل على الجسم المعلق لتبقيه في حالة اتزان سكوني ؟ افرض $(g = 10\ m/s^2)$.



الجواب/ $(10\sqrt{3}\ N\ ,\ 20\ N)$.

مثال 2 اذا كان مقدار القوة المسلطة على مفتاح ربط طوله $(0.20\ m)$ تساوي $(20\ N)$ الشكل (14) احسب مقدار العزم الناتج عن هذه القوة.

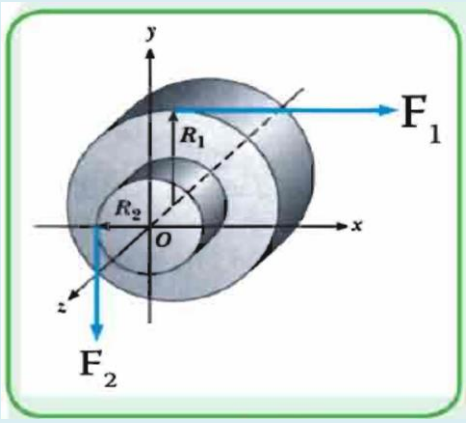




$$\tau = F_y . \ell = F\,\ell \sin\theta$$

$$\tau = 20 \times 0.6 \times 0.2 = 2.4\ N.m$$

مثال 3 اسطوانة صلدة جاسئة يمكنها الدوران حول محور افقي (مهمل الاحتكاك) لف حبل حول محيطها الخارجي ذو نصف القطر (R_1) لاحظ الشكل (17) فإذا سلطت القوة الافقية (F_1) التي تتجه نحو اليمين , ولف حبل اخر حول المحيط الاصغر ذو نصف القطر (R_2) وسلطت القوة (F_2) نحو الاسفل في طرف الحبل الثاني احسب : صافي العزوم المؤثرة في الاسطوانة حول المحور (Z) اذا كانت $(R_1 = 1\ m)$ و $(F_2 = 6\ N)$ و $(R_2 = 0.5\ m)$ و $(F_1 = 5\ N)$



$$\sum \tau = R_2F_2 - R_1F_1$$

$$\sum \tau = 0.5 \times 6 - 5 \times 1$$

$$\sum \tau = 3 - 5 = -2\ N.m$$

بما ان صافي العزوم سالب فهذا يعني ان الاسطوانة تدوربباتجاه دوران عقارب الساعة.

عزم القوة (F_1) والذي هو (τ) يكون سالباً (لانه يحاول تدوير الاسطوانة باتجاه دوران عقارب الساعة اي ان :

$$\tau_1 = -R_1F_1 = -5 \times 1 = -5\ N$$

بينما العزم الناتج عن القوة (F_2) والذي هو (τ_2) يكون موجباً (لانه يحاول تدوير الاسطوانة باتجاه معاكس لعقارب الساعة اي ان :

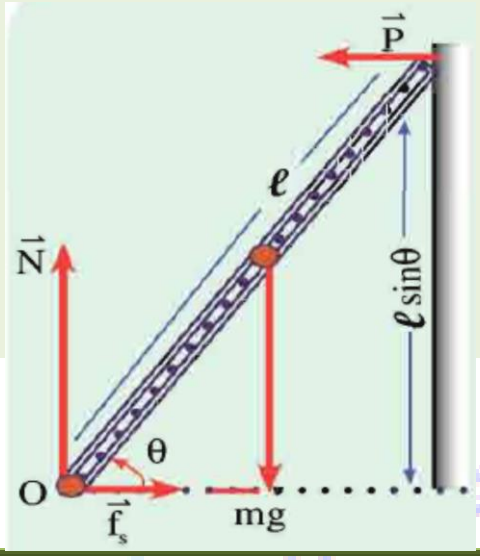
$$\tau_2 = R_2F_2 = 0.5 \times 6 = 3\ N$$

$$\vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$$

مثال 4

سلم منتظم طوله (ℓ) وكتلته (m) يستند على جدار شاقولي املس لاحظ الشكل (18) وكان معامل الاحتكاك السكوني بين السلم والارض $(\mu_s = 0.4)$

جد اصغر زاوية (θ) بحيث لا يحصل انزلاق للسلم.



بما ان السلم في حالة اتزان دوراني نطبق الشرط الثاني للاتزان ونتخذ النقطة (O) مركزاً للعزوم فتكون :

$$\sum \tau = 0$$

$$P\ell \sin\theta - mg\left(\frac{\ell}{2}\cos\theta\right) = 0$$

$$P\ell \sin\theta = mg\left(\frac{\ell}{2}\cos\theta\right)$$

$$\frac{sin\theta}{cos\theta} = \frac{mg}{2P}$$

وبالتعويض عن مقدار $(\frac{P}{mg})$ نحصل على :

$$tan\theta = \frac{1}{2\mu_s} = \frac{1}{2 \times 0.4} = 1.25$$

$$\theta = 51^o$$

من ملاحظتك للشكل (18) سلم في حالة سكون يستند على جدار شاقولي املس , فهو في حالة اتزان تحت تأثير اربع قوى هي :

$\vec{p}$ = رد فعل الجدار على السلم.

$\vec{N}$ = رد فعل الارض على السلم.

$\vec{f}_s$ = قوة الاحتكاك بين الارض والطرف السفلي للسلم.

mg = وزن السلم.

بما ان السلم في حالة اتزان نطبق الشرط الاول للاتزان.

$$\sum F_x = 0 \implies f_s - P = 0$$

$$P = f_s \implies f_s = \mu_s N$$

$$P = \mu_s N \ldots\ldots (1)$$

$$\sum F_y = 0 \implies N - mg = 0$$

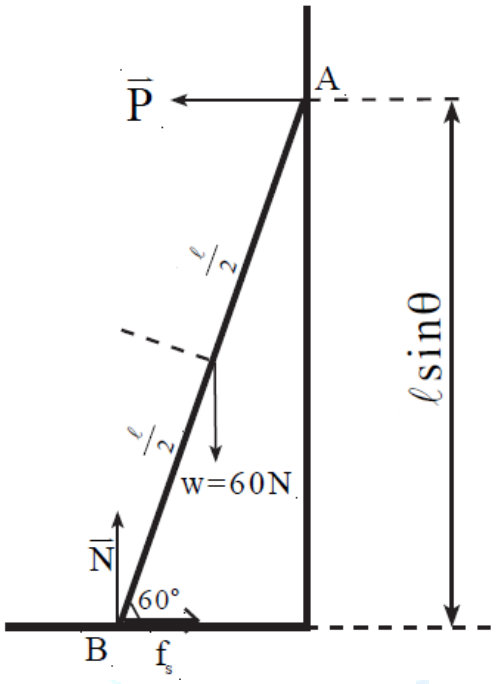
$$mg = N \ldots\ldots (2)$$

بقسمة معادلة (1) على معادلة (2).

$$\frac{P}{mg} = \frac{\mu_s N}{N} \implies \mu_s = \frac{P}{mg}$$

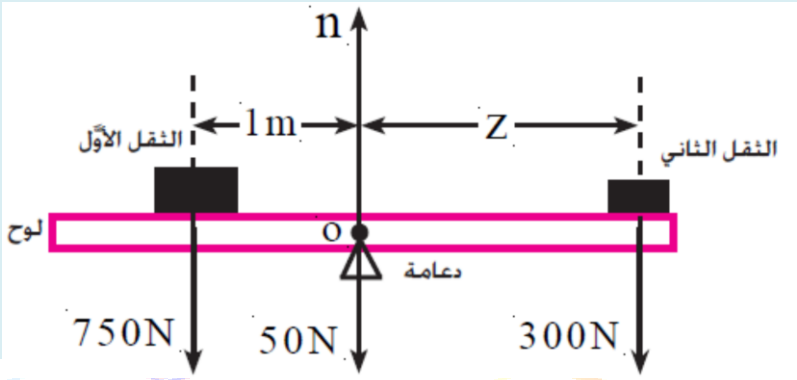
سؤال اثرائي 1

سلم منتظم (AB) طوله (ℓ) يستند طرفه (A) على جدار شاقولي املس وطرفه (B) يصنع مع الارض زاوية مقدارها (60^o) لاحظ الشكل ادناه فاذا كان وزن السلم يساوي $(40\ N)$ وان السلم هو في حالة اتزان , جد مقدار قوة الاحتكاك بين طرف السلم (B) والارض وكذلك جد مقدار رد فعل الجدار على السلم. اعتبر ان $(\sqrt{3} = 1.732)$.



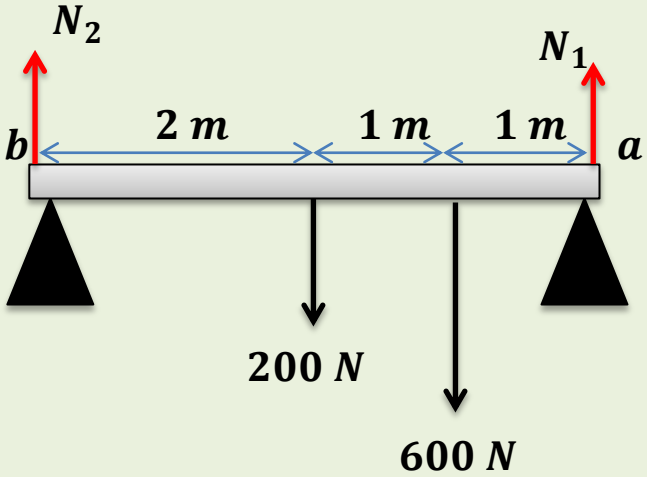
سؤال اثرائي 2

لوح متجانس وزنه $(50\ N)$ يؤثر في منتصفه , وضع عليه ثقلين الاول وزنه $(750\ N)$ والثاني وزنه $(300\ N)$ فإذا كانت نقطة ارتكاز اللوح (o) على الدعامة (المرتكز) تقع اسفل مركز ثقل اللوح وكان الثقل الاول يبعد مسافة $(1\ m)$ من مركز الثقل وبحيث اتزن اللوح افقياً لاحظ الشكل المجاور جد : a) مقدار القوة العمودية (n) التي تؤثر بها الدعامة في اللوح. b) البعد (z).



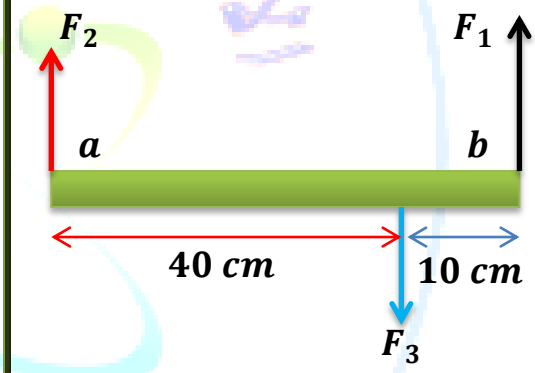
سؤال اثرائي 3

لوح متجانس طوله $(4\ m)$ ووزنه $(200\ N)$ يستند على مسندين في طرفيه (a) و (b) , وقف شخص وزنه $(600\ N)$ على بعد $(1\ m)$ من الطرف (a) كما هو مبين بالشكل المجاور احسب قوة رد فعل كل من المسندين.



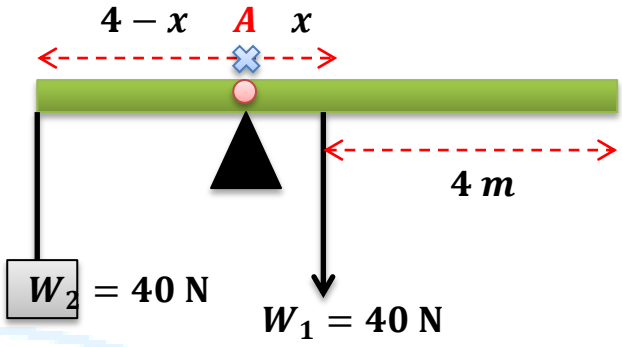
سؤال اثرائي 4

في الشكل المجاوراذا كان الجسم متزن احسب مقدار (F_1) و (F_2) .



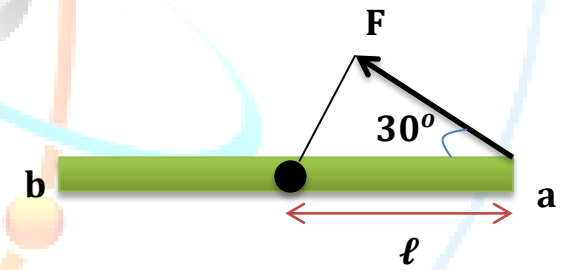
سؤال اثرائي 5

قضيب معدني متجانس طوله $(8\ m)$ ووزنه $(40\ N)$ يستند في نقطة على حامل , علق في احدى نهايتيه ثقلاً مقداروزنه $(40\ N)$, فاذا اتزن القضيب في وضع افقي فحد المسافة بين نقطة الاسناد والثقل المعلق.



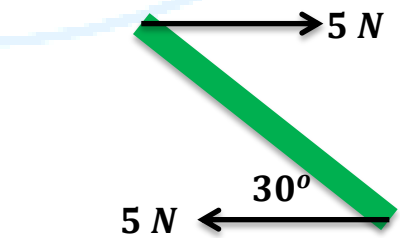
سؤال اثرائي 9

قضيب (ab) طوله $(3\ m)$ قابل للدوران حول محورعمودي يمر بمنتصفه , اثرت في طرفه (a) قوة مقدارها $(20\ N)$ في الاتجاه المبين في الشكل , احسب عزم القوة مقداراً و اتجاهاً .



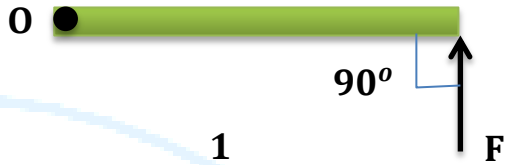
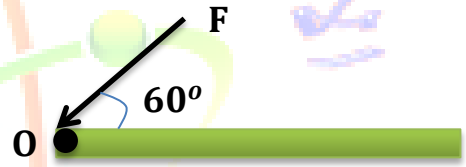
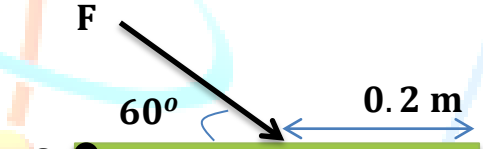
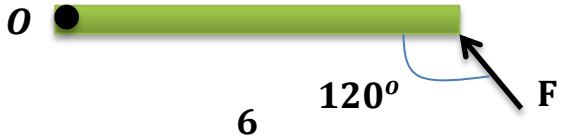
سؤال اثرائي 10

احسب عزم المزدوج المؤثر في القضيب طوله $(10\ cm)$ المبين في الشكل المجاور.



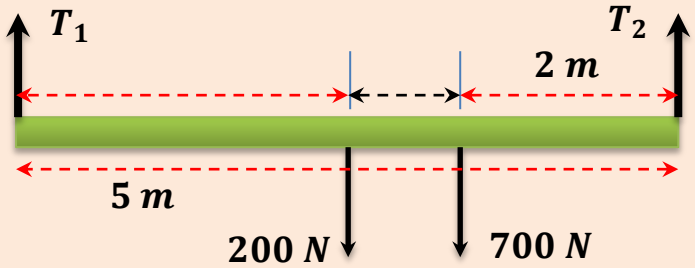
سؤال اثرائي 12

اوجد عزم القوة مقداراً و اتجاهاً حول النقطة (O) , في كل حالة , علماً بأن طول الجسم $(0.4\ m)$ والقوة المؤثرة $(20\ N)$.

	 1
	2
	 3
	 4
	5
	 6

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 في الشكل المجاور اذا علمت ان وزن اللوح $(200\ N)$ وهو متجانس , وهو معلق بواسطة حبلين يقف شخص وزنه $(700\ N)$ كما في الشكل , على اعتبار ان المجموعة متزنة احسب قوة الشد في كل من الحبلين (T_1) و (T_2).

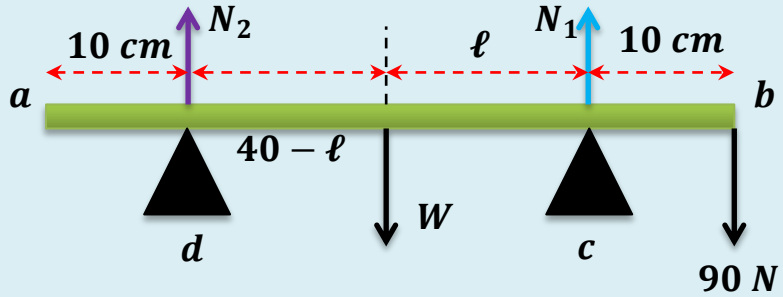


الجواب/ $(380\ N\ ,\ 520\ N)$.

سؤال 2 طفلان كتلتاهما $(25\ kg)$ و $(35\ kg)$ يجلسان على ارجوحة , الطفل الصغير يبعد مسافة $(180\ cm)$ عن نقطة ارتكاز الارجوحة , اذا علمت وزن الارجوحة $(200\ N)$, احسب : 1) المسافة (ℓ) التي يبعد عنها الطفل الكبير عن نقطة الارتكاز. 2) مقدار القوة (F) التي تضغط بها الدعامة على الارجوحة. الجواب/ $(800\ N\ ,\ 129\ cm)$.

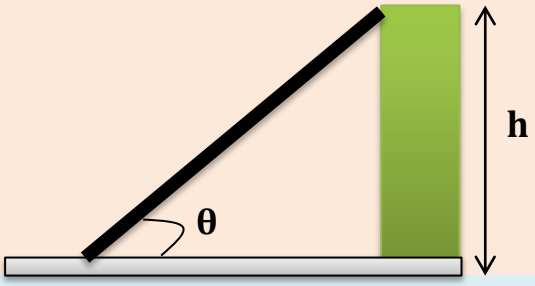
سؤال 3 قضيب منتظم طوله (ℓ) ووزنه $(200\ N)$ علق به ثقل ووزنه $(460\ N)$ كما في الشكل المجاور, احسب مقدار كل قوة تؤثر بها كل دعامة على القضيب. الجواب/ $(445\ N\ ,\ 215\ N)$.

سؤال 4 قضيب غير منتظم طوله $(60\ cm)$ يرتكز في وضع افقي على مسندين (c) و (d) حيث : $(ac = bd = 10\ cm)$, فاذا علق من ثقل مقداره $(90\ N)$ ليصبح القضيب على وشك الدوران حول النقطة (c) واذا علق من (b) ثقل مقداره $(150\ N)$ يصبح القضيب على وشك الدوران حول النقطة (d) اوجد مقدار وزن القضيب وبعد نقطة تأثيره على الطرف (a).

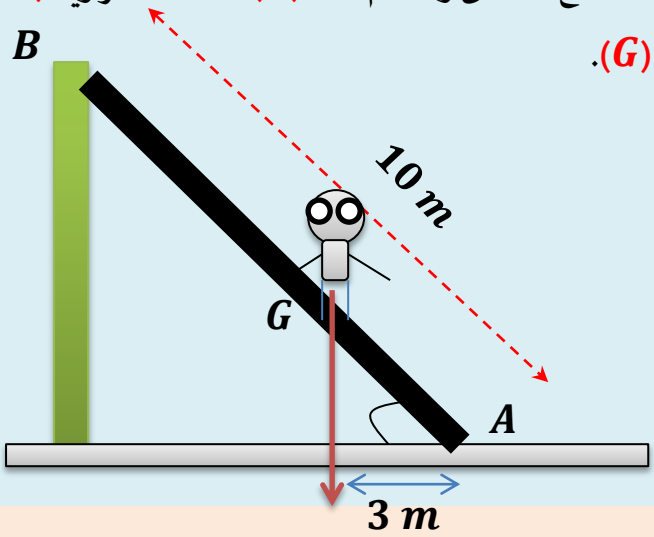


الجواب/ $(25\ cm\ ,\ 60\ N)$.

سؤال 5 سلم منتظم طوله (ℓ) وكتلته (m) يستند على جدار عمودي املس كما في الشكل المبين , وكان معامل الاحتكاك السكوني بين السلم والارض (0.4) , جد اصغر زاوية (θ) بحيث لا يحصل انزلاق للسلم علما ان التعجيل الارضي $(10\ m/s^2)$, حيث $(tan51^o = 1.25)$.

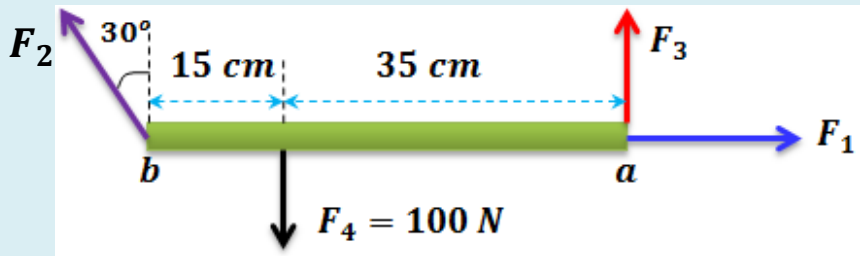


سؤال 6 يصعد رجل وزنه $(80\ kg)$ على سلم مهمل الوزن ويتوقف عندما يشعران السلم على وشك الانزلاق احسب مقدار معامل الاحتكاك بين السطح الخشن والسلم عند (A) اذا كانت الزاوية (60^o) والسطح (B) املس ويؤثر وزن الرجل في النقطة (G).



سؤال 7 مسطرة مترية معلقة من منتصفها , وضع جسم وزنه $(1\ N)$ فوق طرفها الايسر , فأين يجب وضع جسم وزنه $(2\ N)$, بالنسبة للطرف الايسر حتى تتزن المسطرة. الجواب/$(0.75\ m)$.

سؤال 8 في الشكل المجاور اذا كان الجسم متزن احسب مقدار كل من (F_1) و(F_2) و(F_3) .

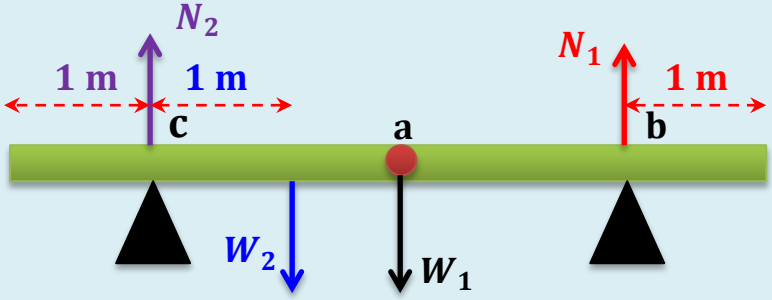


الجواب/ $(30\ N\ ,\ 80.8\ N\ ,\ 40.4\ N)$.

9 سؤال قضيب (ab) غير منتظم طوله $(60\ N)$ يرتكز في وضع افقي على مسندين (c) و (d) حيث $(ac = bd = 10\ cm)$, فاذا علق من (a) ثقل مقداره $(90\ N)$ ليصبح القضيب على وشك الدوران حول النقطة (c) واذا علق من (b) ثقل مقداره $(150\ N)$ يصبح القضيب على وشك الدوران حول النقطة (d) , اوجد مقداروزن القضيب وبعد نقطة تأثيره على الطرف (a).

الجواب/ $(60\ N\ ,\ 25\ cm)$.

10 سؤال يستقر لوح خشبي متزناً على دعامتين تؤثران فيه عند (b) و (c) كما في الشكل المجاور, اذا كان طول اللوح $(5\ m)$ ووزنه $(300\ N)$ يؤثر في منتصفه , ووقف رجل وزنه $(750\ N)$ فوق اللوح عند النقطة (b) احسب القوة العمودية (قوة رد الفعل) التي تؤثر بها كل دعامة في اللوح.



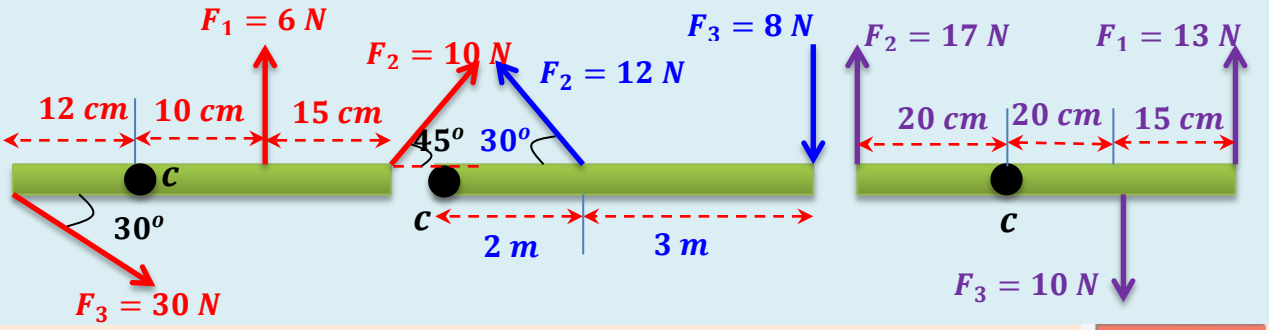
الجواب/ $(650\ N\ ,\ 400\ N)$.

11 سؤال رجلان يحملان عموداً طوله $(3\ m)$ معلق به جسم وزنه $(900\ N)$, يبعد عن الرجل الاول $(1\ m)$ وعن الرجل الثاني $(2\ m)$, احسب القوة التي يبذلها كل من الرجلين لحمل العمود والجسم مع اهمال وزن العمود. الجواب/ $(300\ N\ ,\ 600\ N)$.

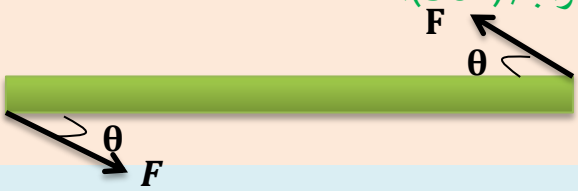
12 سؤال جسم كتلته $(120\ kg)$ ساكن على سطح افقي خشن معامل الاحتكاك (0.8) اثرت عليه قوة نحو اليمين وتميل بزاوية (37^o) عن الافق , حتى اوشك الجسم على الحركة احسب جميع القوى المؤثرة عليه. الجواب/ $(600\ N\ ,\ N = 750\ N\ ,\ F = 750\ N)$.

13 سؤال قضيب منتظم الشكل طوله $(6\ m)$ ووزنه $(25000\ N)$ موضوع على سطح افقي , احسب مقدار القوة اللازمة لرفعه من احد طرفيه. الجواب/ $(12500\ N)$.

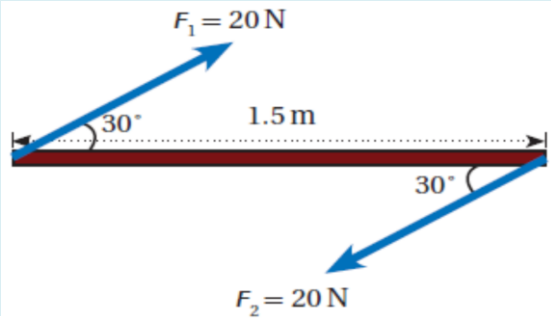
سؤال 37 احسب محصلة عزوم القوى حول النقطة (O) في الحالات التالية :



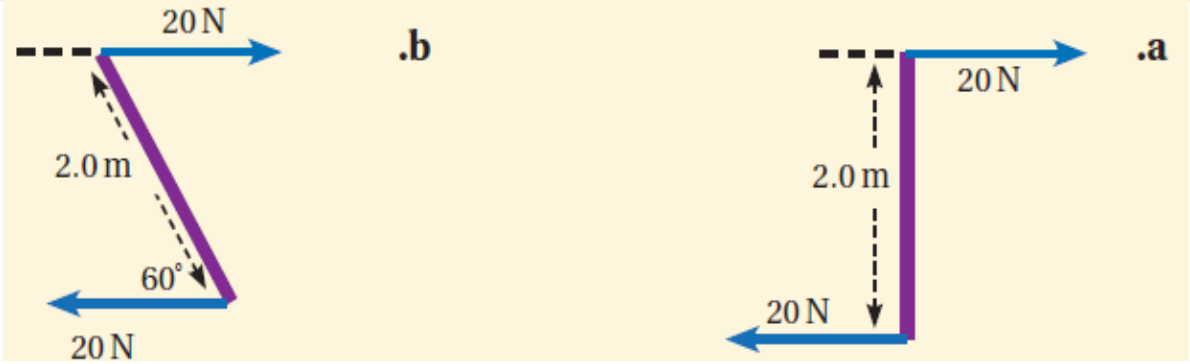
سؤال 38 مسطرة طولها $(2\ m)$ اثرنا عليها بقوتين مقدارل منهما $(160\ N)$ كما في الشكل فكان عزم الازدواج $(160\ N)$ احسب الزاوية (θ) . الجواب/ (30^o).



سؤال 39 ما عزم المزدوج المؤثر في القضيب الموضح في الشكل :



سؤال 40 احسب عزم المزدوج في الشكلين التاليين :



اسئلة الفصل الرابع

س1/ أختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية :

1) يقاس العزم بوحدات :

a) $N.m$. b) N/m . c) $kg.m$. d) kg/m .

التوضيح :

$$\tau = F.\ell \sin\theta = N.m$$

2) لكي يكون الجسم متزناً ويتحقق شرطا الاتزان فان :

a) $\sum \vec{\tau} > 0 \ , \ \sum \vec{F} < 0$. b) $\sum \vec{\tau} = 0 \ , \ \sum \vec{F} > 1$.

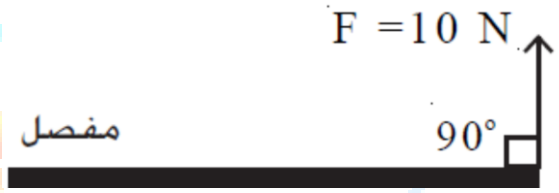
c) $\sum \vec{\tau} = 0 \ , \ \sum \vec{F} = 0$. d) $\sum \vec{\tau} = 0 \ , \ \sum \vec{F} > 0$.

3) يدفع شخص باباً بقوة مقدارها $(10\ N)$ تؤثر عمودياً عند نقطة تبعد $(80\ cm)$ من مفاصل الباب , فان عزم هذه القوة (بوحدات $N.m$) يساوي :

a) 0.08 . b) 8 . c) 80 . d) 800 .

التوضيح :

$$\tau = F.\ell \sin\theta = F.\ell$$
$$\tau = 10 \times 0.8 \times sin90^o$$
$$\tau = 8\ N$$



4) يستقر ساق متجانس من منتصفه فوق دعامة , فإذا اثرت قوتان متساويتان مقداراً ومتعاكستان اتجاهاً ومقدار كل منهما $(\vec{F})$ في طرفيه , فان محصلة القوى تساوي :

a) $2\vec{F}$ نحو الاعلى. b) $2\vec{F}$ للاسفل. c) $(\vec{F}/2)$ للأسفل. d) صفراً.

5) في السؤال السابق , نتيجة تأثير هاتين القوتين غي الساق فانه سوف :

a) يدور. b) يبقى ساكناً. c) يتحرك انتقالياً. d) يتحرك حركة اهتزازية.

التوضيح : لأنه مزدوج اي لا يوجد توازن دوراني لان محصلة العزوم لا تساوي صفراً.

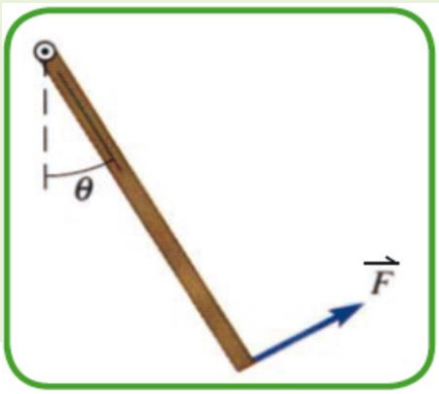
6) عتلة متجانسة كتلتها (m) (لاحظ الشكل المجاور)

معلقة من الاعلى عند النقطة (o) وتتحرك هذه العتلة.

بحرية كالبندول اذا اثرت فيها قوة $(\vec{F})$ عموديا على العتلة

ومن طرفها السائب . فان اعظم مقدارها (F) تجعل

العتلة متزنة وبزاوية مع الشاقول تساوي :



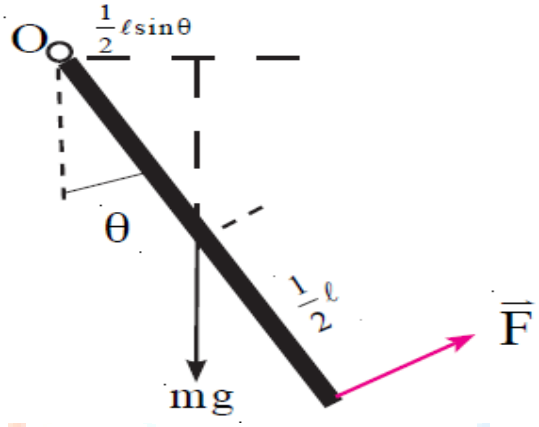
a) $2mg$.

b) $2mg\ sin\theta$.

c) $2mg\ cos\theta$.

d) $(\frac{mg}{2})\ sin\theta$.

التوضيح :-



التوضيح : نفرض طول الساق يساوي (ℓ).

اي ان البعد العمودي للوزن يساوي $(\frac{1}{2}\ell sin\theta)$.

ونفرض البعد العمودي للقوة يساوي (ℓ).

ثم نأخذ العزوم حول النقطة (O).

$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \ell = F\ell\ \sin\theta$$

$$\therefore F = \frac{\tau}{\ell\ sin\theta}$$

$$F \times \ell - mg \times \frac{1}{2}\ \ell\ \sin\theta = 0$$

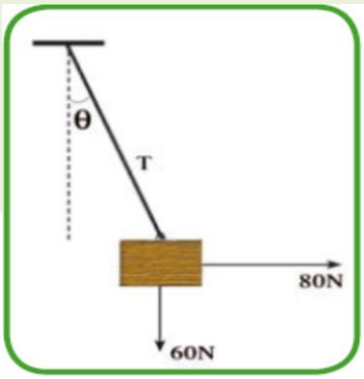
$$F\ \ell = mg \times \frac{1}{2}\ \ell\ \sin\theta$$

$$F = (\frac{mg}{2})\ \sin\theta$$

7) صندوق يزن $(60\ N)$ معلق بوساطة حبل في مسند رأسي

لاحظ الشكل المجاور, فاذا اثرت فيه قوة افقية مقدارها

$(80\ N)$ فسوف يصنع الحبل مع الشاقول زاوية قياسها :

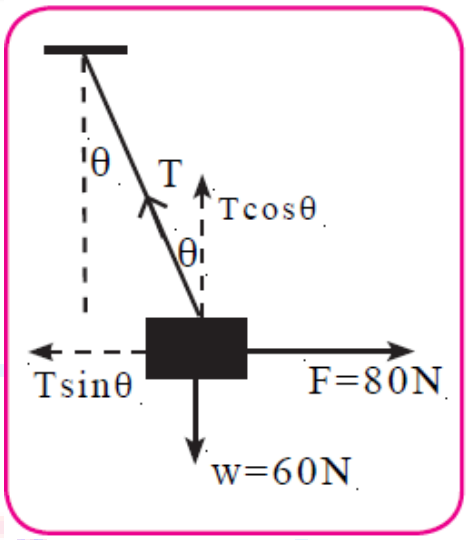


a) 37^o .

b) 45^o .

c) 60^o .

d) 53^o .



التوضيح : بما ان الجسم في حال اتزان سكوني

نطبق الشرط الاول للاتزان :

$$\sum \vec{F}_x = 0 \implies T\sin\theta - F = 0$$

$$F = T\sin\theta$$

$$\therefore T\sin\theta = 80 \ldots\ldots (1)$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \implies T\cos\theta - W = 0$$

$$T\cos\theta = W$$

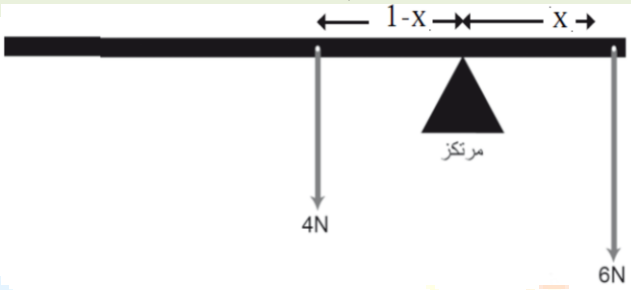
$$\therefore T\cos\theta = 60 \ldots\ldots (2)$$

$$\frac{T\sin\theta}{T\cos\theta} = \frac{F}{W}$$

$$\tan\theta = \frac{F}{W} = \frac{80}{60} = \frac{4}{3}$$

$$\theta = 53^o$$

8) لوح متجانس وزنه $(4\ N)$ وطوله $(2\ m)$ معلق في احد طرفيه جسم وزنه $(6\ N)$, لاحظ الشكل المجاور , يتزن افقياً عند نقطة يرتكز عليها تبعد عن الطرف المعلق به الجسم مسافة :



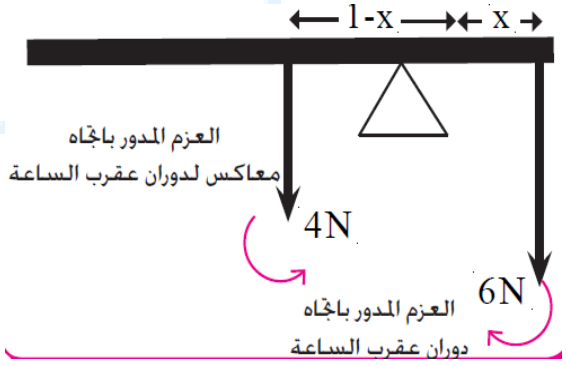
a) $0.2\ m$.

b) $0.4\ m$.

c) $0.6\ m$.

d) $0.8\ m$.

التوضيح :



$$\sum \vec{\tau}_{net} = 0 \implies \sum \vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 = 0$$

$$-F_1\,\ell_1 + F_2\,\ell_2 = 0$$

$$-6x + 4(1-x) = 0$$

$$4 - 4x = 6x$$

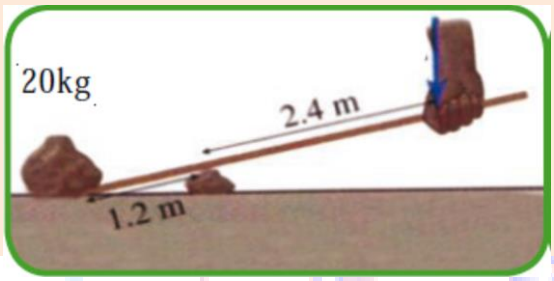
$$3x + 2x = 2 \implies 5x = 2$$

$$x = \frac{2}{5} = 0.4\ m$$

مسائل الفصل الرابع

سؤال 1

ما مقدار القوة $(\vec{F})$ التي يجب ان يؤثر فيها العامل في العتلة كي يستطيع رفع ثقل كتلته $(20\ kg)$ المبين في الشكل المجاور.



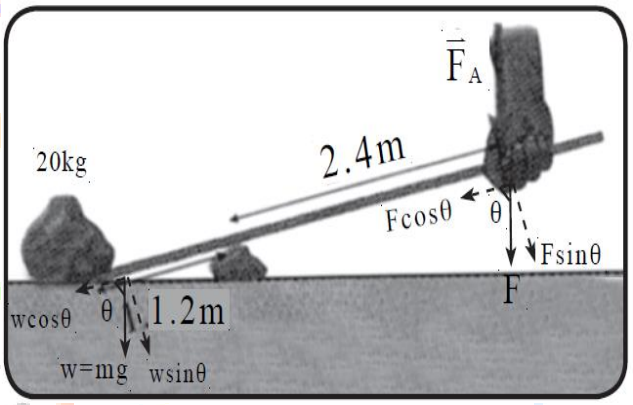
$$\sum \vec{\tau}_{net} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 = 0$$

$$-F\,\ell_1 \sin\theta + W\,\ell_2 \sin\theta = 0$$

$$F\,\ell_1 = mg\,\ell_2$$

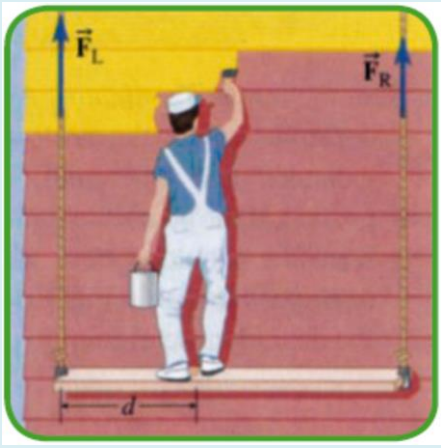
$$F \times 2.4 = 20 \times 10 \times 1.2$$

$$F = \frac{240}{2.4} = 100\ N$$



سؤال 2

صباغ دوريقف فوق لوح منتظم يتزن افقياً كما مبين في الشكل المجاور, وهو معلق من طرفيه بحبلين قوة الشد فيها $(\vec{F}_L)$ و $(\vec{F}_R)$ ومقدار كتلة الصباغ $(75\ kg)$ وكتلة اللوح $(20\ kg)$, فاذا كانت المسافة من الطرف الايسر للوح الى موضع وقوف الصباغ هي $(d = 2\ m)$, وان الطول الكلي للوح $(d = 5\ m)$ اوجد :



a) مقدار القوة $(\vec{F}_L)$ المؤثرة بوساطة الحبل الايسر في اللوح.

b) مقدار القوة $(\vec{F}_R)$ المؤثرة بوساطة الحبل الايمن في اللوح.

الجواب/ بما ان النظام متزناً (اللوح والصباغ) اي ان الجسم في حالة اتزان سكوني اي تطبيق شرطاً الاتزان يكون في حالة اتزان انتقالي و اتزان دوراني في الوقت نفسه.

محصلة القوى الخارجية المؤثرة تساوي صفراً.

$$\sum \vec{F}_{net} = 0$$

محصلة القوى الى الاعلى = محصلة القوى الى الاسفل.

$$F_L + F_R = W_1 + W_2$$

$$F_L + F_R = 750 + 200 = 950$$

$$F_L + F_R = 950 \ldots\ldots (1)$$

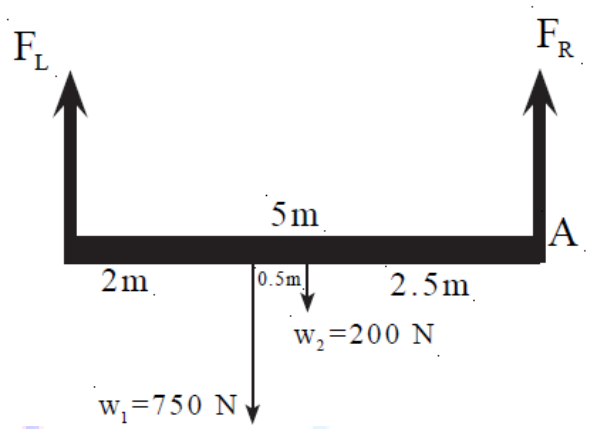
2) صافي العزوم الخارجية المؤثرة في الجسم حول محور معين يساوي صفراً اي ان : $\sum \vec{\tau}_{net} = 0$

ونتخذ النقطة (A) مركزاً للعزوم تكون :

مجموع العزوم باتجاه دوران عقارب الساعة = مجموع العزوم باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة

$$F_L \times 5 = F_R \times 0 + 750 \times 3 + 200 \times 2.5$$

$$5\,F_L = 0 + 2250 + 500$$



$$5\,F_L = 2750$$

$$F_L = \frac{2750}{5} = 550\ \text{N}$$

نعوض في معادلة (1)

$$550 + F_R = 950$$

$$F_R = 950 - 550 = 400\ \text{N}$$

سؤال 3

يقف صباغ على ارتفاع $(3\ m)$ من الارض فوق سلم منتظم طوله $(5\ m)$ يستند طرفه الاعلى على جدار شاقولي عند نقطة تبعد $(4.7\ m)$ عن سطح الارض . لاحظ الشكل المجاور, فإذا كان وزن الصباغ $(680\ N)$ ووزن السلم $(120\ N)$ وعلى فرض عدم وجود احتكاك بين السلم والجدار اوجد قوة الاحتكاك (f_s) بين الارض والطرف الاخر للسلم.

توضيح :

(AB) ذراع وزن السلم ونقطة (A) هو محور الدوران.

(AC) ذراع الصباغ , (R_x) هو رد الفعل للجدار.

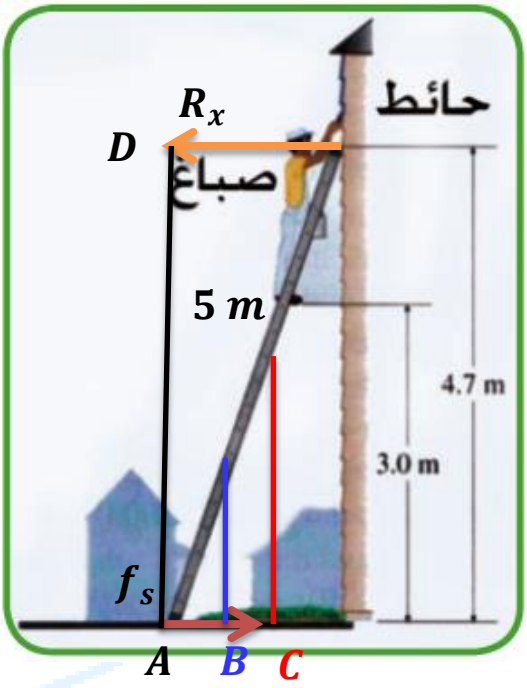
(AD) ذراع قوة الاحتكاك.

ذراع وزن الصباغ

$$(tan\theta = \frac{3}{AC} \Longrightarrow AC = \frac{3}{tan\theta})$$

ذراع وزن السلم

$$(cos\theta = \frac{AB}{5} \Longrightarrow AB = cos\theta \times 5)$$



$$sin\theta = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{4.7}{5} = 0.94$$

$$\theta = 70^o$$

$$\cos 70^o = 0.341 \ , \quad \tan 70^o = 2.75$$

$$\sum F_x = 0 \quad (\text{شرط الاتزان الانتقالي})$$

$$F_s - F_x = 0 \Longrightarrow F_s = R_x$$

$$\sum \tau = 0 \quad (\text{شرط الاتزان الدوراني})$$

$$R_x \ell \sin 70^o = 680 \times \frac{3}{tan\theta} + 120 \times \frac{1}{2} \times 5\cos\theta$$

$$R_x \times 5 \times 0.94 = 680 \times \frac{3}{2.75} + 120 \times \frac{1}{2} \times 5 \times 0.341$$

$$R_x \times 4.7 = 741.8 + 102.3$$

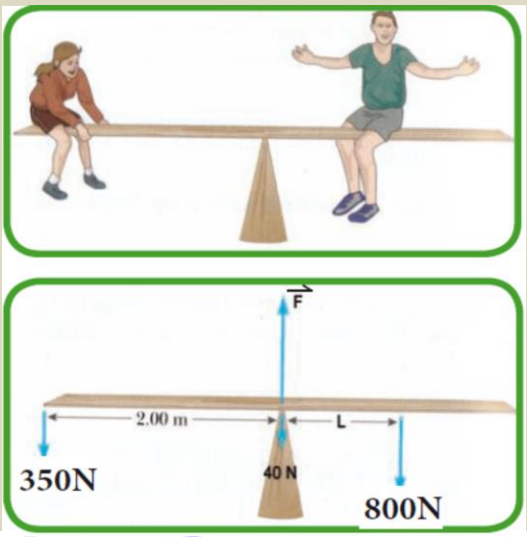
$$R_x \times 4.7 = 843.1$$

$$f_s = \mathrm{P} = \frac{843.1}{4.7} = 179.38 \ \mathrm{N}$$

$$\mu_s = \frac{f_s}{N} = \frac{179.38}{680 + 120} = 0.224$$

سؤال 4

يجلس ولدان على لوح متجانس مثبت من منتصفه بدعامة كما في الشكل المجاور, فإذا كان وزن اللوح $(40\ N)$ ويؤثر في منتصفه , وكان الولد الاول $(350\ N)$ ووزن الولد الثاني $(800\ N)$, فأوجد ما يلي :



a) القوة العمودية $(F_\perp)$ التي تؤثر بها الدعامة في اللوح.

b) البعد (L) المبين في الشكل , كي يتزن اللوح افقياً.

b) نأخذ العزوم في نقطة الارتكاز (O).

$$F_1 \ell_1 = F_2 L$$

$$350 \times 2 = 800 \times L$$

$$700 = 800\ L$$

$$L = \frac{700}{800} = \frac{7}{8} = 0.875\ m$$

الجواب/ بما ان النظام متزناً فهو في حالة اتزان سكوني يجب ان يكون في حالة اتزان انتقالي و اتزان دوراني في الوقت نفسه.

a) شرط الاتزان الانتقالي $\sum \vec{F}_{net} = 0$

محصلة القوة الى الاعلى = محصلة القوى الى الاسفل.

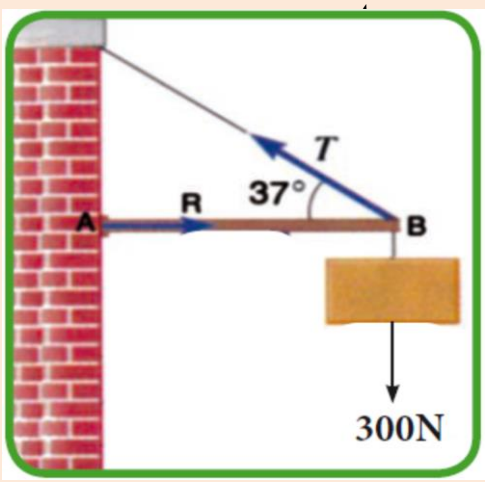
$$F_\perp = F_1 + F_2 + W$$

$$F_\perp = 350 + 800 + 40$$

$$F_\perp = 1190\ N$$

سؤال 5

لوح متجانس مهمل الوزن طوله $(6\ m)$ يب



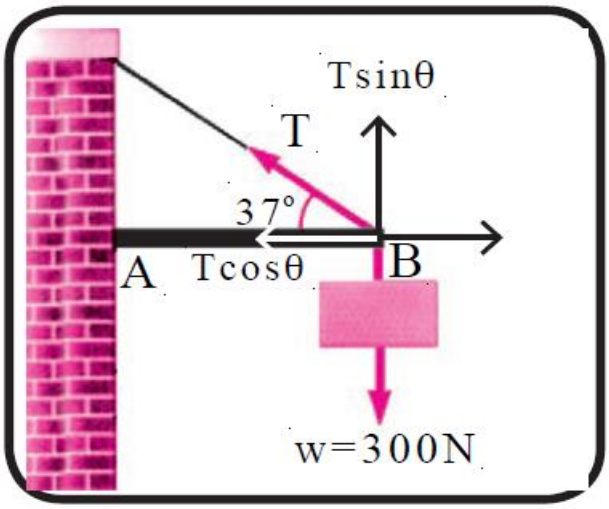
بناية وطرفه السائب مربوط الى جداروصنع زاوية

(37^o) مع الافق , كما في الشكل المجاور, علق في طرفه

السائب ثقل مقداره $(300\ N)$ ما مقدار:

a) الشد (T) في حبل الربط.

b) رد فعل الجدار (R) على امتداد اللوح.



الجواب/ بما ان الجسم في حالة اتزان سكوني

محصلة القوى الخارجية المؤثرة في الجسم تساوي

صفراً : $\sum \vec{F} = 0$

$$T\sin\theta - W = 0$$

$$T\sin 37^o = W$$

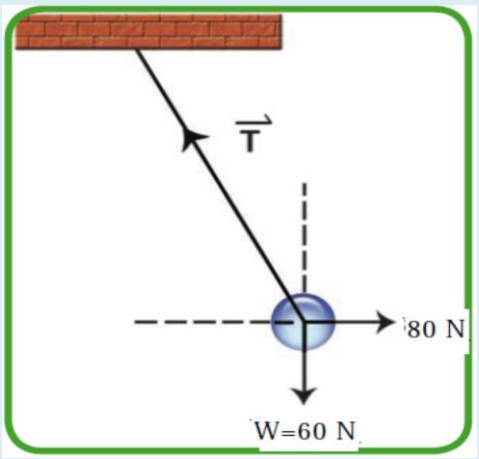
$$T \times 0.6 = 300$$

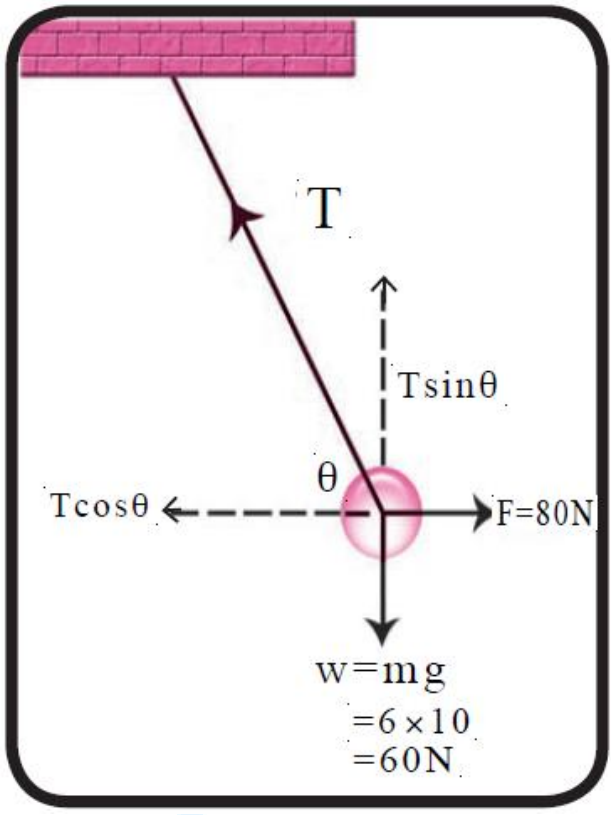
$$\therefore T = \frac{300}{0.6} = 500\ N$$

$$R = T\cos 37^o$$

$$R = 500 \times 0.8 = 400\ N$$

سؤال 6 اثرت قوة افقية مقدارها $(80\ N)$ في جسم كتلته $(6\ kg)$ معلق بوساطة حبل , لاحظ الشكل المجاور, ما مقدار و اتجاه قوة الشد (T) التي يؤثربها الحبل على الجسم المعلق لتبقيه في حالة اتزان سكوني ؟ افرض $(g = 10\ m/s^2)$.





الجواب/ بما ان الجسم في حالة اتزان سكوني

محصلة القوى الخارجية المؤثرة في الجسم تساوي صفراً : $\sum \vec{F}_{net} = 0$.

$$T\ sin\theta = W$$

$$T\ sin\theta = 60 \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$T\ cos\theta = F$$

$$T\ cos\theta = 80 \ldots\ldots\ldots (2)$$

بقسمة معادلة (1) على معادلة (2) نحصل على

$$\frac{T\ sin\theta}{T\ cos\theta} = \frac{60}{80} = \frac{3}{4}$$

$$\tan\theta = \frac{3}{4} \Longrightarrow \therefore \theta = 37^o$$

$$T\ sin37^o = 60$$

$$T \times 0.6 = 60$$

$$T = \frac{60}{0.6} = 100\ N$$

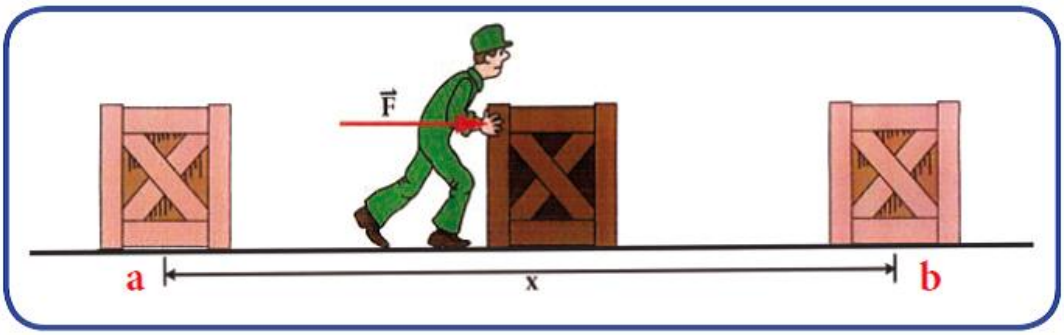
or) $T\ cos37^o = 80$

$$T \times 0.8 = 80$$

$$T = \frac{80}{0.8} = 100\ N$$

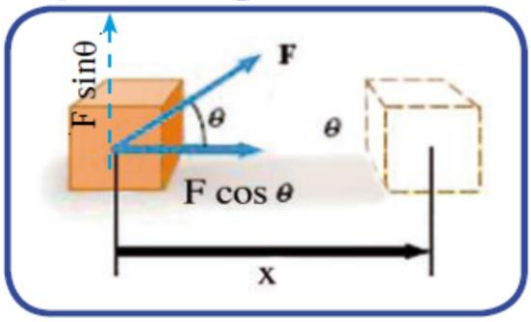
1-5 مفهوم الشغل

تطلق كلمة الشغل بالمعنى العام على كل مجهود عقلي او عضلي يقوم به الانسان , اما بالمعنى الفيزيائي فلا بد من وجود قوة تؤثر في جسم يقطع ازاحة باتجاه موازي لتلك القوة او لأحدى مركباتها مثلا لنفرض ان القوة $(\vec{F})$ اثرت في صندوق واستطاعت تحريكه من (a) الى (b) ازاحة قدرها (x) كما في الشكل المبين (1) فأنها تكون بذلت شغلاً عليه.



الشكل (1)

أما اذا اثرت القوة في الصندوق باتجاه يصنع زاوية (θ) مع اتجاه الازاحة $(\vec{x})$, فأننا نقوم بتحليل متجه القوة الى مركبتين , كما في الشكل مركبة افقية $(F\ cos\theta)$, ومركبة شاقولية $(F\ sin\theta)$, اذ نجد ان مركبة القوة باتجاه ازاحة الجسم هي وحدها التي انجزت شغلاً



يعرف الشغل رياضياً (W) :- هو حاصل الضرب القياسي (النقطي) لمتجه القوة المسببة في متجه الازاحة التي تحركها الجسم تحت القوة.

اي ان :

$$W = F.x\ cos\theta$$

وحدة القياس		رمز الكمية	اسم الكمية الفيزيائية
J	جول	W	الشغل المنجز (المبذول)
N	نيوتن	F	القوة المؤثرة على الجسم
m	متر	x	مقدار الازاحة التي تحركها الجسم
-	-	θ	الزاوية المحصورة بين متجه القوة $(\vec{F})$ ومتجه الازاحة $(\vec{x})$

ملاحظات

1) اذا كانت القوة (F) عمودية على الازاحة (x) , اي ان $(\theta = 90^o)$, فإن الشغل = صفر $(W = 0)$.
أي لا تبدل القوة شغلاً.

$$\theta = 90^o \implies cos90^o = 0 \implies W = F.x\,cos90^o = 0$$

2) اذا كانت القوة (F) بنفس اتجاه الازاحة (x) , اي ان $(\theta = 0)$, فان الشغل
$(W = F.x\,cos0 \implies W = F.x)$.

3) اذا كانت القوة (F) , بعكس اتجاه الازاحة (x) فان $(\theta = 180^o)$, فإن الشغل $(W = -F.x)$
يكون الشغل سالباً.

4) اذا اثرت قوة على جسم ولم تحركه من مكانه فإن هذه القوة لا تبذل شغلاً لان $(F = 0)$.

5) الشغل كمية قياسية ووحدة قياسه في النظام الدولي للوحدات جول $(N.m = J)$.

6) كل جسم يرفع الى الاعلى فان الشغل $(+)$ (لان القوة الرافعة للشخص بنفس اتجاه الازاحة).

7) كل جسم ينخفض الى الاسفل فان الشغل $(-)$ (لان القوة الخافضة للشخص بعكس اتجاه الازاحة).

سؤال عرف الشغل بالمفهوم الفيزيائي ؟ وما هي وحدة قياس الشغل ؟

جواب **الشغل :-** كان الشغل بالمفهوم الفيزيائي هو قوة مقدارها (F) تؤثر في جسم وتزيحه ازاحة ما وبشكل موازي لتلك القوة او لأحدى مركباتها , وهو من الكميات القياسية.

سؤال ما المقصود بالجول ؟

جواب **الجول :-** هو الشغل الذي تنجزه قوة ثابتة مقدارها $(1\ N)$ لو اثرت في جسم لإزاحته باتجاهها متراً احد.

سؤال قارن بين الشغل والعزم ؟

جواب

ت	الشغل (W)	العزم (τ)
1	الشغل مقدار ناتج عن الضرب العددي للقوة في الازاحة : $W = F.x\,cos\theta$	العزم مقدار ناتج عن الضرب الاتجاهي للقوة في البعد العمودي : $\tau = F.l\,sin\theta$
2	كمية عددية	كمية اتجاهية
3	وحدة قياسه هي الجول $(Juole)$.	وحدة قياسه هي نيوتن × متر $(N.m)$.
4	يعتمد على :	يعتمد على :

	1) القوة المؤثرة في الجسم. 2) الازاحة. 3) الزاوية المحصورة بين القوة والازاحة.	1) القوة المؤثرة في الجسم. 2) البعد العمودي. 3) مقدار الزاوية بين القوة والبعد العمودي.

سؤال **ما الذي يجب توافره لإنجاز شغل بالمعنى الفيزيائي ؟**

جواب 1) لا بد من وجود ازاحة يتحركها الجسم. 2) يجب ان تكون الازاحة باتجاه القوة المؤثرة فيه او باتجاه احد مركباتها.

سؤال **لو ان القوة المؤثرة في جسم معين لم تستطيع تحريكه فما مقدار الشغل الذي تكون قد بذلته تلك القوة في هذه الحالة.**

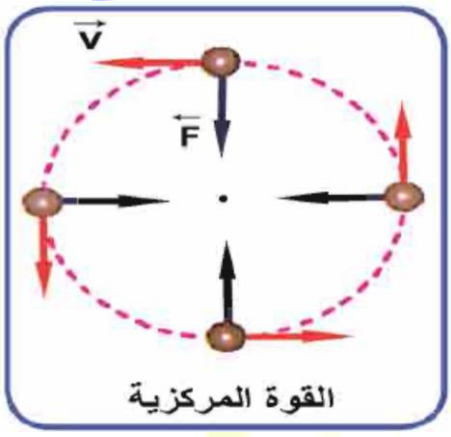
جواب الشغل يساوي صفر لان الازاحة $(\vec{x})$ تساوي صفر $(W = \vec{F}.\vec{x} = 0)$.

امثلة على القوى التي لا تنجز شغلاً :-

1) القوة المركزية (لأنها عمودية على الازاحة).

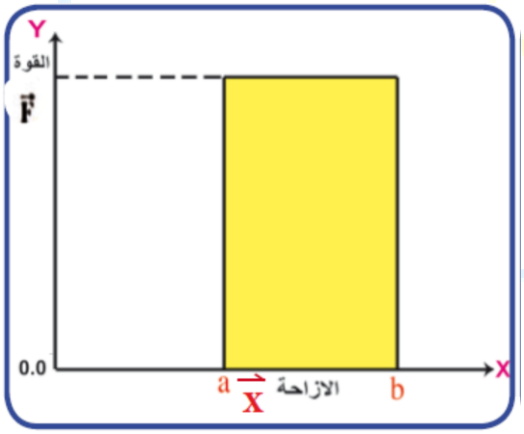
2) شخص يمشي افقياً ويحمل صندوقاً بيده.
ما مقدار الشغل الذي يبذله الشخص ؟

3) ما مقدار الشغل الذي ينجزه طالب يدفع جداراً لاحظ الشكل (6) ؟



2-5 تمثيل الشغل بيانياً

اذا تم ازاحة جسم افقياً بتأثير قوة ثابتة , فانه يمكن تمثيل العلاقة بين القوة والازاحة بيانياً , كما في الشكل اذ يمثل المحور الافقي (x) الازاحة الافقية $(\vec{x})$ والمحور العمودي (y) يمثل القوة $(\vec{y})$ حيث بقيت القوة ثابتة ولم تتغير.



ان المساحة المضللة تحت المنحني = مساحة المستطيل الذي طوله (ab) وعرضه (OF) أي المساحة تحت المنحني = الشغل

$$W = \vec{F}.\vec{x}$$

الشغل الناتج من عدة قوى مؤثرة في جسم

في مثل هذه الحالة نقوم بتحليل كل قوة الى مركبتيهما ثم نحسب شغل مركبة كل قوة على حدة , ثم نحسب الشغل الكلي الذي يمثل شغل القوة المحصلة.

مثال 1

رجل يسحب مكنسة كهربائية بقوة تساوي $(F = 50\ N)$ بزاوية (30^o) مع الافق لاحظ الشكل (7) احسب الشغل المنجز من قبل القوة على المكنسة الكهربائية عند تحريكها ازاحة مقدارها $(3\ m)$ باتجاه اليمين.

الشكل (7)

$$W = F.x\ cos\theta = 50 \times 3 \times cos30^o = 150 \times 0.866$$
$$W = 130\ J$$

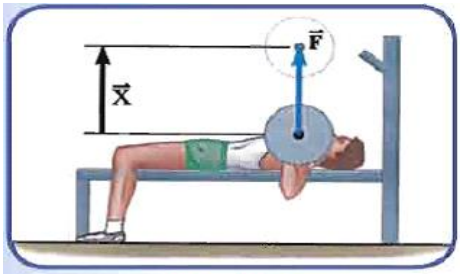
مثال 2

يبين الشكل $(8a)$ رافع الاثقال الذي يحمل الاثقال التي مقدارها $(710\ N)$, وفي الشكل $(8b)$ يبين انه يرفع الاثقال لإزاحة مقدارها $(0.65\ m)$ الى الاعلى وفي الشكل $(8c)$ يخفض الثقل الى الاسفل بالإزاحة

نفسها. فاذا كانت عملية رفع وخفض الاثقال تمت بسرعة ثابتة فأوجد الشغل المنجز على الاثقال من قبل رافع الاثقال : a) رفع الاثقال. b) خفض الاثقال.

a) رفع الاثقال .

متجه القوة الى الاعلى ومتجه الازاحة الى الاعلى فان الزاوية بينهما : $(\theta = 0)$ اي ان $(cos0 = 1)$.

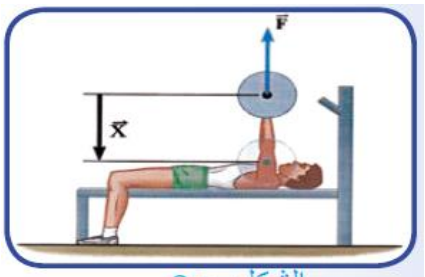


الشكل (8b)

$$W = F.x\ cos\theta$$
$$W = 710 \times 0.65 \times cos0$$
$$W = 460\ J$$

b) خفض الاثقال.

متجه القوة الى الاعلى ومتجه الازاحة الى الاسفل فان الزاوية بينهما : $(\theta = 180^o)$ اي ان $(cos180^o = -1)$.

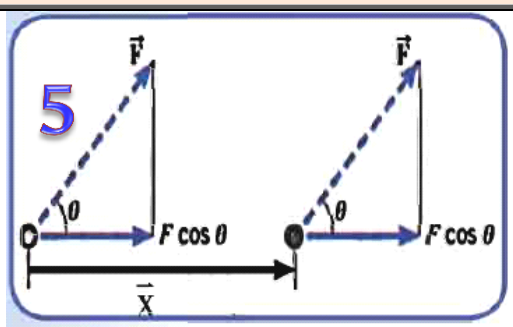


الشكل (8c)

$$W = F.x\ cos\theta$$
$$W = 710 \times 0.65 \times cos0$$
$$W = 460 \times (-1) = -460\ J$$

مثال 3

يسحب شخص صندوقاً على سطح افقي خشن بسرعة ثابتة بتأثير قوة الشد $(\vec{F})$ والتي تصنع زاوية قياسها (37^o) مع المحور الافقي (X) وتحركه ازاحة مقدارها $(5\ m)$ لاحظ الشكل $(10\ a)$. فاذا كانت قوة الاحتكاك الانزلاقي (f_k) بين الصندوق والسطح تساوي $(20\ N)$. ما مقدار قوة الشد $(\vec{F})$ وما مقدار الشغل المنجز بوساطة قوة الشد ؟



الشكل $(10b)$

الشغل الكلي (W_{total}) = الشغل الذي تنجزه قوة الشد (W_1) الشغل الذي تنجزه قوة الاحتكاك الانزلاقي (W_2).

$$W_1 = F.x\cos 37^o = 25 \times 5 \times 0.8$$

$$W_1 = 100\ J$$

بما ان الصندوق يتحرك بسرعة فأن الجسم في حالة اتزان استاتيكي.

$$\sum F_x = 0$$

$$F\cos\theta - f_k = 0 \implies F\cos\theta = f_k$$

$$F \times cos37^o = 20$$

$$F \times 0.8 = 20$$

$$F = \frac{20}{0.8} = 25\ N$$

سؤال (اثرائي) 1

ما مقدار الشغل الذي تنجزه قوة مقدارها $(20\ N)$ تسحب جسماً على ارض افقية مقدارها $(15\ m)$ اذا كانت تلك القوة تميل بزاوية (60^o) عن سطح الارض ؟

سؤال (اثرائي) 2

اثرت قوة افقية مقدارها $(30\ N)$ في جسم كتلته $(5\ kg)$ فحركته مسافة افقية من حالة السكون وباتجاه تأثير القوة , احسب الشغل المبذول بعد $(4\ s)$ من تأثير القوة ؟

سؤال (اثرائي) 3

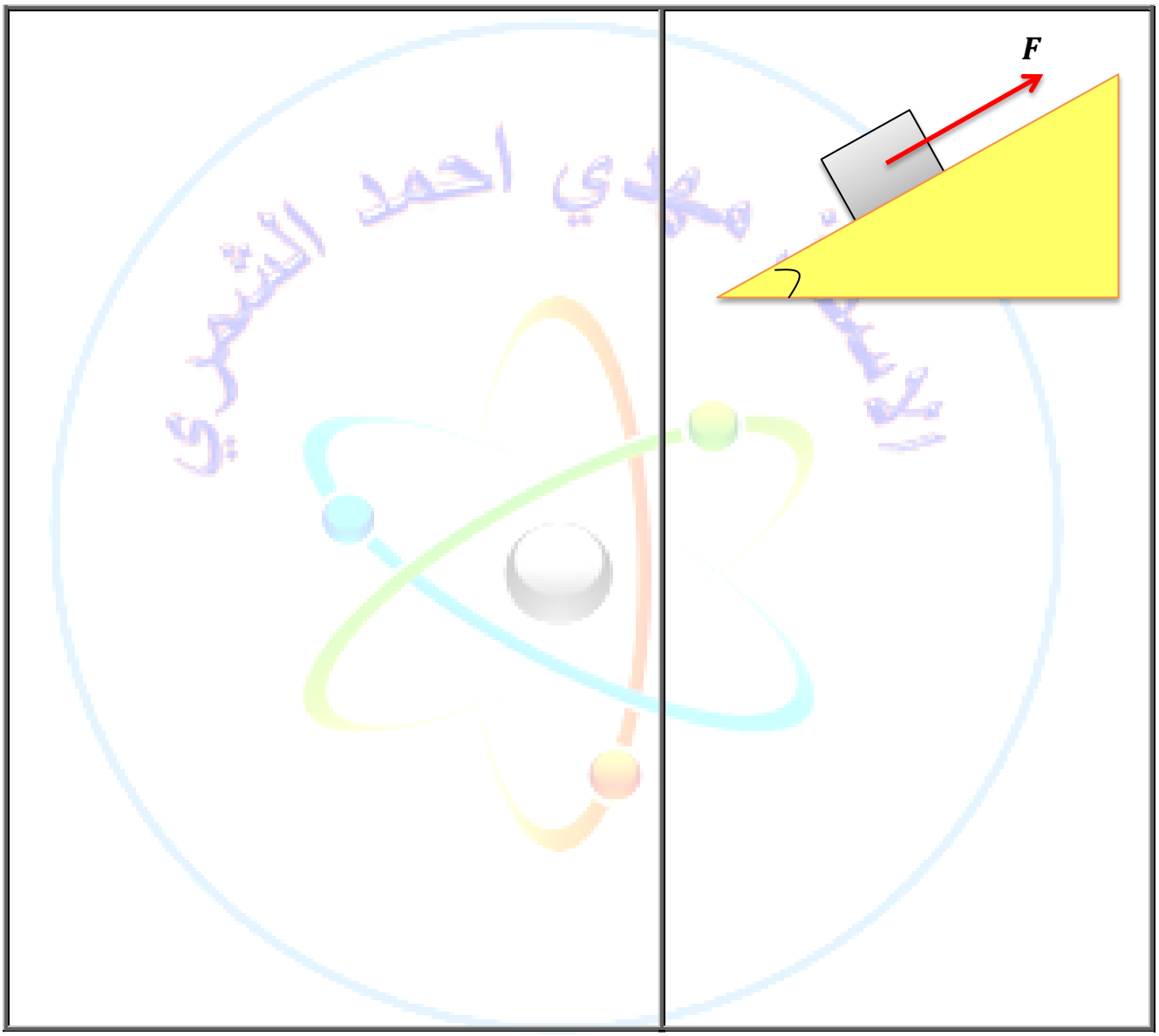
اثرت قوة مقدارها $(200\ N)$ على جسم فحركته إزاحة مقدارها $(50\ m)$,

احسب الشغل الذي تبذله القوة عندما تكون الزاوية بين القوة والازاحة تساوي :

1) $\theta = 0$ 2) $\theta = 37^o$ 3) $\theta = 90^o$ 4) $\theta = 127^o$ 5) $\theta = 180^o$

سؤال (اثرائي) 4

جسم ساكن كتلته $(1\ kg)$ موضوع عند اسفل نقطة في سطح مائل املس طوله $(5\ m)$, ويميل بزاوية مقدارها (30^o) عن الافق , اثرت قوة ثابتة (F) موازية للسطح ولمدة ثانية واحدة فحركته الى اعلى السطح تحت تأثيرها , جد : a) مقدار القوة (F). b) مقدار شغل القوة (F).



اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 لسحب صندوق موضوع على الارض كتلته $(20\ kg)$ بسرعة ثابتة يسلتزم قوة افقية مقدارها $(50\ N)$, ما مقدار الشغل اللازم ؟ a) لسحب الصندوق ازاحة $(5\ m)$ على الارض. b) الشغل الذي يصرفهُ الاحتكاك على الصندوق. c) لرفع الصندوق شاقوليًا ازاحة مقدارها $(5\ m)$.
الجواب/ $(1000\ J\ ,\ -250\ J\ ,\ 250\ J)$.

سؤال 2 سلم خشبي طوله $(6\ m)$ وكتلته $(8\ kg)$ ومركز ثقلهِ يبعد مترين عن قاعدته مطروحٌ على الارض , ما مقدار الشغل اللازم لاقامته بصورة عمودية على قاعدته ؟
الجواب/ $(160\ J)$.

سؤال 3 يراد سحب جسم كتلته $(30\ kg)$ على ارض افقية بسرعة ثابتة فاذا كان معامل الاحتكاك بين الجسم والارض (0.6) فما مقدار الشغل المبذول لسحب ذلك الجسم ازاحة مقدارها $(0.5\ m)$ ؟ الجواب/ $(90\ J)$.

سؤال 4 جسم كتلته $(46\ kg)$ موضوع على ارض افقية اثرت فيه قوة تميل بزاوية (37^o) عن الافق فاذا كان معامل الاحتكاك بين الجسم وسطح الارض (0.2) فما مقدار : 1) القوة المؤثرة في الجسم عند سحبه بسرعة ثابتة. 2) الشغل المنجز لسحب الجسم ازاحة $(12\ m)$.
الجواب/ $(960\ J\ ,\ 100\ N)$.

سؤال 5 جسم كتلته $(40\ kg)$ موضوع على سطح املس يميل (30^o) عن الافق فما مقدار الشغل المنجز لسحبه ازاحة مقدارها $(10\ m)$ الى اعلى السطح بتعجيل منتظم مقداره $(2\ m/s^2)$ ؟ الجواب/ $(2800\ J)$.

سؤال 6 جسم كتلته $(2\ kg)$ يسير على سطح افقي املس بانطلاق $(40\ m/s)$ اثرت فيه قوة افقية فاصبح انطلاقه $(60\ m/s)$ بالاتجاه نفسه بعد $(5\ s)$ من ابتداء تأثير القوة , فما مقدار الشغل الذي انجزته تلك الفترة ؟

سؤال 7 جسم كتلته $(40\ kg)$ موضوع على سطح املس يميل (30^o) عن الافق فما مقدار الشغل المنجز لسحبه ازاحة مقدارها $(10\ m)$ الى اعلى السطح بتعجيل مقداره $(2\ m/s^2)$.
الجواب/ $(500\ J)$.

8 سؤال جسم كتلته $(46\ kg)$ موضوع على ارض افقية اثرت فيه قوة تميل بزاوية (37^o) عن الافق فاذا كان معامل الاحتكاك بين الجسم وسطح الارض (0.2) فما مقدار : 1) القوة المؤثرة في الجسم عند سحبه بسرعة ثابتة. 2) الشغل المنجز لسحب الجسم ازاحة $(12\ m)$.

الجواب/ $(960\ J\ ,\ 100\ J)$.

9 سؤال وضع جسم كتلته $(10\ kg)$ على سطح خشن , اذا كانت قوة الاحتكاك بين السطح والجسم تساوي $(25\ N)$, احسب الشغل الذي تنجزه قوة لتحرك جسم مسافة $(20\ m)$ في الحالات التالية :

a) اذا كان السطح افقي والقوة افقية وتحرك الجسم بسرعة ثابتة.

b) اذا كان السطح افقي والقوة افقية وتحرك الجسم بتعجيل مقداره $(2\ m/s^2)$.

الجواب/ $(900\ J\ ,\ 500\ J)$.

10 سؤال يراد رفع صندوق على شكل متوازي مستطيلات كتلته $(100\ kg)$, من اسفل سطح مائل املس الى اعلاه , فإذا كان طول السطح المائل $(5\ m)$ وارتفاعه عن الارض $(3\ m)$, جد :

a) مقدار الشغل الذي يجب ان تبذله قوة خارجية موازية للسطح وتدفع الصندوق الى اعلى بسرعة ثابتة.

b) اذا اردنا ان نرفع الصندوق شاقولياً بدون السطح المائل , فكم يكون الشغل المبذول في هذه الحالة ؟ الجواب/ $(3000\ J)$.

11 سؤال يسحب رجل صندوقاً كتلته $(15\ kg)$ مسافة $(15\ m)$ على سطح افقي خشن معامل احتكاكه (0.333) بسرعة ثابتة , ما الشغل المبذول على الصندوق اذا كانت قوة الشد تصنع زاوية (37^o) مع الافق ؟ الجواب/ $(600\ J)$.

12 سؤال يتحرك صندوق كتلته $(50\ kg)$ من السكون من اسفل سطح مائل خشن طوله $(8\ m)$, ويميل بزاوية مقدارها (30^o) عن الافق تحت تأثير قوة موازية للسطح المائل للاعلى مقدارها $(500\ N)$ في زمن مقداره $(4\ s)$, احسب : a) شغل كل قوة تؤثر في الصندوق. b) شغل القوة المحصلة. الجواب/ $(400\ J\ ,400\ J\ ,-1600\ J\ ,-20000\ J\ ,4000\ J)$.

3-5 القدرة (Power)

سؤال **ما المقصود بالقدرة ؟ وما هي وحدة قياس القدرة ؟**

الجواب القدرة :- بانها المعدل الزمني لانجاز شغل وتقاس بوحدة الواط $(Watt)$.

اي ان :

$$P = \frac{W}{t}$$

- الواط يكافئ $(Watt = Joule/Second)$.
- ومن الوحدات الشائعة ايضا لقياس القدرة هي القدرة الحصانية (hp).

$$hp = 746\ Watt$$

سؤال **ما المقصود بالواط $(Watt)$ ؟**

الجواب الواط $(Watt)$: هو قدرة الجسم الذي ينجز شغلاً مقداره جول واحد $(1\ Joule)$ خلال زمن قدره واحد ثانية $(1\ sec)$.

- هنالك علاقة اخرى للقدرة تسمى القدرة اللحظية وهي القدرة المتوسطة حينما تؤول الفترة الزمنية الى الصفر. فاذا كانت القوة التي تنجز الشغل ثابتة (لا تتغير مع الزمن) , فان القدرة اللحظية (P_i) تعطى بالعلاقة الاتية :

$$P_i = \frac{W}{t} = \frac{\vec{F}.\vec{x}}{t}$$

وبما ان $(v_i = \frac{x}{t})$ وهي السرعة اللحظية , ومنها نحصل على :-

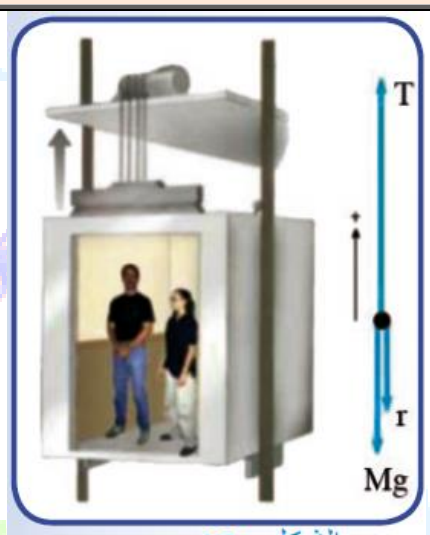
$$P_{inst} = \vec{F}.\vec{v}_{inst} \Longrightarrow P_{inst} = F.v\cos\theta$$

سؤال **ما المقصود بالقدرة اللحظية (P_{ins}) ؟**

الجواب القدرة اللحظية (P_{ins}) :- هي القدرة التي تبذلها القوة في لحظة معينة.

مثال 4

مصعد كهربائي محمل بعدد من الاشخاص , يرتفع الى الاعلى بسرعة ثابتة $(0.7\ m/s)$, فاذا كانت القدرة التي ينجزها السلك الفولاذي الحامل للمصعد $(20300\ Watt)$ احسب قوة الشد في السلك لاحظ الشكل (12).



الشكل (12)

ان تأثير السلك في المصعد يكون بقوة شد باتجاه الاعلى في اثناء صعوده , وبذلك تكون القوة والسرعة وبالاتجاه نفسه اي ان : الزاوية بينهما تساوي صفراً $(\theta = 0)$ ومن قانون القدرة اللحظية نحصل على :-

$$P_i = F.v_i \cos\theta$$

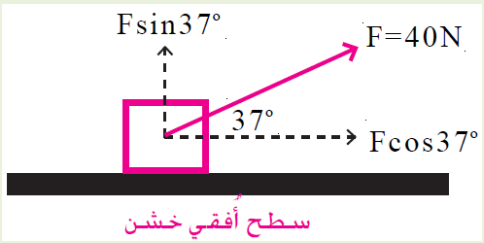
$$20300 = F \times 0.7 \times \cos 0$$

$$20300 = 0.7\ F$$

$$F = \frac{20300}{0.7} = 29000\ N$$

سؤال اثرائي 1

وضع جسم على سطح افقي خشن , اثرت فيه قوة سحب مقدارها $(40\ N)$ تميل بزاوية مقدارها (37^o) بالنسبة للافق . فتحرك الجسم مسافة افقية مقدارها $(12\ m)$ بسرعة ثابتة في زمن مقداره $(4\ s)$, جد : a) مقدار شغل قوة السحب . b) قدرة قوة السحب. اعتبر $(\cos 37^o = 0.8)$.



سؤال اثرائي 2

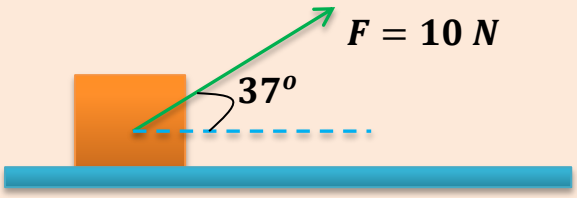
يرفع محرك قدرته $(190\ W)$ حملاً بمعدل سرعته $(5\ m/s)$ ، ما مقدار اكبر حمل يمكن للمحرك ان يرفعه عند هذا المعدل ؟

سؤال اثرائي 3

احسب قدرة محرك يرفع كتلة مقدارها $(100\ kg)$ مسافة $(20\ m)$ شاقولياً نحو الاعلى بسرعة ثابتة خلال $(4\ s)$ ، ثم احسب القوة التي يؤثر بها المحرك في تلك اللحظة .

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 اثرت قوة مقدارها $(10\ N)$ على جسم كتلته $(2\ kg)$ كما في الشكل المجاور، فحركته افقياً على سطح افقي املس , فإذا كان زمن تأثير القوة $(4\ s)$, اوجد : 1) التغير في الطاقة الحركية الجسم.



2) متوسط قدرة القوة خلال $(4\ s)$.

3) قدرة القوة بعد $(4\ s)$.

الجواب/ $(128\ W\ ,\ 64\ Watt\ ,\ 256\ J)$.

سؤال 2 يتسلق رجل حبلاً طوله $(12\ m)$, احسب متوسط قدرة الرجل اذا الرجل تسلق الرجل الحبل : 1) بسرعة ثابتة مقدارها $(5\ m/s)$. 2) بتعجيل مقداره $(5\ m/s^2)$, علماً بأن كتلة الرجل $(60\ kg)$. الجواب/ $(4909\ Watt\ ,\ 7200\ Watt)$.

سؤال 3 احسب القدرة التي تبذلها قوة $(10\ N)$ تؤثر في جسم فتغير من سرعته من $(3\ m/s)$ الى $(9\ m/s)$ ؟ الجواب/ $(60\ Watt)$.

سؤال 4 جسم كتلته $(66\ kg)$ وكان معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح (0.5) فما مقدار القوة التي تعمل بزاوية (37^o) مع الافق لسحب الجسم بسرعة منتظمة وما مقدار القدرة اذا ازيح الجسم $(6\ m)$ خلال $(30\ s)$. الجواب/ $(44\ Watt)$.

سؤال 5 تسلق رياضي كتلته $(81\ kg)$ تلاً ارتفاعه $(100\ m)$, ما هو الشغل الذي يبذله المتسلق ضد الجاذبية الارضية ؟ وهل تعتمد كمية الشغل هذه على المسار الذي يسلكه المتسلق ؟ اذا كان زمن التسلق (90) دقيقة فما متوسط قدرة ذلك الرياضي بالواط ؟ الجواب/ $(15\ Watt)$.

سؤال 6 باخرة قدرة محركها $(30000\ kw)$ و اقصى سرعة لها $(27\ km/h)$ فما مقدار المقاومة التي تصادفها الباخرة عندما تسير بتلك السرعة ؟ الجواب/ $(4 \times 10^6\ N)$.

4-5 الطاقة (Eenrgy)

سؤال **ما المقصود بالطاقة ؟ وما هي وحدة قياس الطاقة ؟**

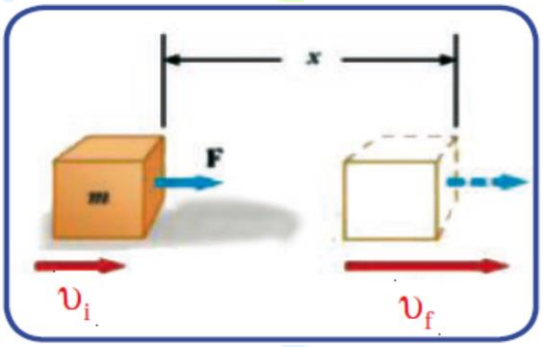
الجواب **الطاقة :-** هي قابلية الجسم على انجاز شغل . وتقاس بوحدة الجول ($Joule$).

هنالك صور مختلفة للطاقة وممكن تحويل بعضها الى بعض , ومن انواعها :

1) الطاقة الميكانيكيا وتقسم الى نوعين : a) الطاقة الحركية. b) الطاقة الكامنة
2) الطاقة الحرارية. 6) الطاقة الكهربائية.
3) الطاقة الكيميائية. 7) الطاقة الضوئية.
4) الطاقة المغناطيسية. 8) الطاقة الصوتية.
5) الطاقة النووية.

a- الطاقة الحركية Kinetic Energy

هي الطاقة التي يمتلكها الجسم اثناء حركته , مثل كرة تسقط باتجاه الارض وسيارة متحركة , والرياح المتحركة , وشخص يركض .



سؤال **اثبت ان الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية للجسم المتحرك ؟**

جواب

$$W = \vec{F}.\vec{x}$$

$$\because \vec{F} = \mathrm{m}.\vec{a} \implies \therefore \mathrm{W} = (\mathrm{ma})\mathrm{x} \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\,\mathrm{ax} \implies v_f^2 - v_i^2 = 2\mathrm{a}\,\mathrm{x}$$

$$\mathrm{x} = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2\mathrm{a}} \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

نعوض معادلة (2) في معادلة (1) نحصل على

$$\mathrm{W} = (\mathrm{ma})\mathrm{x} = \frac{ma\,(v_f^2 - v_i^2)}{2\mathrm{a}}$$

$$\mathrm{W} = \frac{1}{2}\,\mathrm{m}(v_f^2 - v_i^2) = \frac{1}{2}\mathrm{m}\,v_f^2 - \frac{1}{2}\mathrm{m}\,v_i^2$$

$$\mathrm{W} = KE_f - KE_i = \Delta\mathrm{KE}$$

وهذا يعني ان الشغل الذي تنجزه محصلة قوى خارجية تؤثر في الجسم يساوي التغير في طاقته الحركية $(\Delta\mathrm{KE})$, مع ملاحظة ان محصلة القوى تكون موجبة اذا كانت باتجاه الحركة وسالبة اذا كانت معاكسة لاتجاه الحركة.

لذا نستطيع القول ان الجسم الذي كتلته (m) ويتحرك بسرعة (v) فأنه طاقة حركية (KE) تعطى بالعلاقة الاتية :

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2$$

سؤال **على ماذا يعتمد مقدار الطاقة الحركية ؟**

جواب وفق العلاقة التالية الطاقة الحركية تعتمد على : $KE = \frac{1}{2}\,mv^2$

1) **كتلة الجسم** (m). 2) **سرعة الجسم** (v).

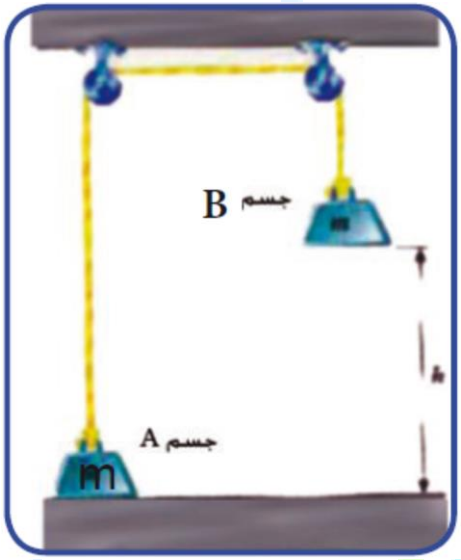
وحدة قياس الطاقة الحركية (KE) هي نفس وحدات الشغل وهي الجول $(Joule)$.

b- الطاقة الكامنة Potential Energy

وهي كمية الطاقة المخزونة في الجسم التي يمكن ان تنجز شغلاً متى ما اريد لها ذلك .

وتقسم الى قسمين : a) الطاقة الكامنة التثاقلية (الوضعية). b) الطاقة الكامنة للمرونة.

الطاقة الكامنة التثاقلية Gravitational Potential Energy



النظام المبين في الشكل المجاوريمثل بكرتين مهملتين الاحتكاك والوزن تحملان جسمين متساويين بالكتلة ولنفرض ان وزن كلا منهما (mg) فاذا دفع الجسم (B) دفعة صغيرة الى الاسفل فانه سوف يبدأ بالسقوط ببطئ بأتجاه الارض بسرعة ثابتة المقداروسوف يبدأ الجسم (A) في الارتفاع الى الاعلى في الوقت نفسه الذي ينزل فيه الجسم (B) الى الاسفل , فاذا كان الجسم (B) مثلاً قد هبط مسافة (h) الى الاسفل فان الجسم (A) قد ارتفع المسافة نفسها (h) عن الارض .

الشد في الحبل يساوي وزن الجسم (A) وهو (mg) فان الشغل المبذزل بوساطة الحبل طبقا لتعريف الشغل :

$$W = mg.h$$

سؤال **ما المقصود بالطاقة الكامنة التثاقلية (طاقة الوضع) ؟ وما هي وحدة قياسها ؟**

جواب **الطاقة الكامنة التثاقلية (طاقة الوضع) :** وهي الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب قوى الجاذبية. وتقاس بوحد الجول $(Joule)$.

$$GPE = mg.h$$

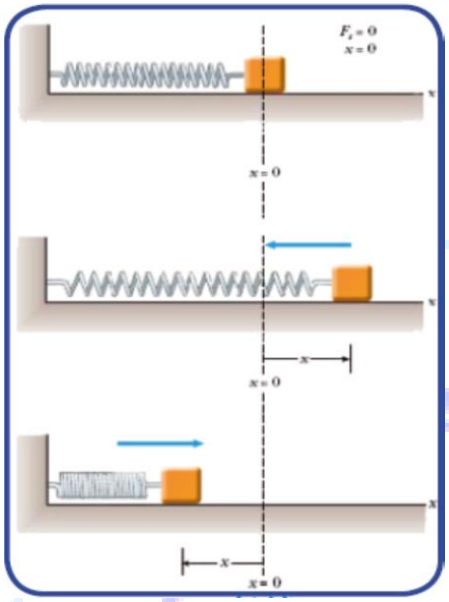
وتحسب الطاقة الكامنة التثاقلية وفق العلاقة الاتية :

سؤال **علامَ تعتمد الطاقة الكامنة التثاقلية (طاقة الوضع) ؟**

جواب وفق العلاق التالية تعتمد على : $GPE = mg.h$

1) **كتلة الجسم (m).** 2) **التعجيل الارضي (g).** 3) **ارتفاع الجسم (h).**

الطاقة الكامنة للمرونة Elastic Potential Energy



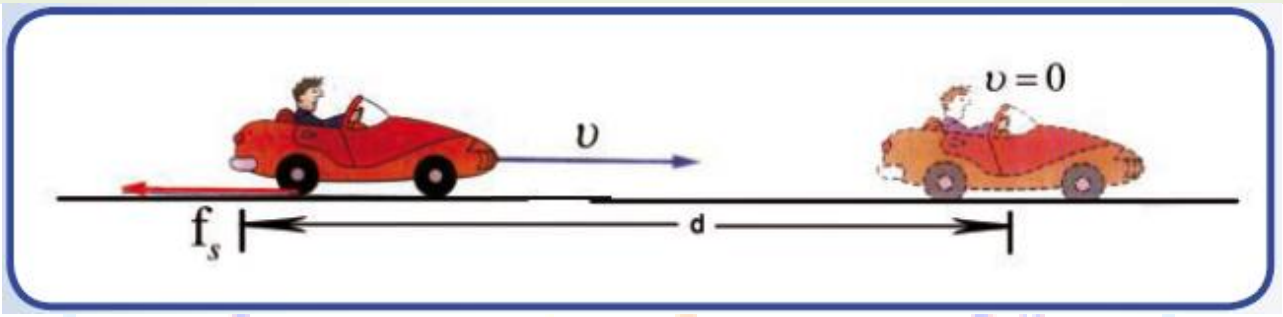
من الامثلة المهمة على شغل تنجزه قوى متغيرة المقدار الشغل الذي تنجزه قوة النابض , ويبين الشكل نابضاً مهمل الكتلة موضوعاً على سطح افقي املس (مهمل الاحتكاك) , ومثبت من طرفه بحائط شاقولي ومربوط من الطرف الاخر بكتلة (m). فعند التأثير فيه بقوة تحدث له ازاحة على شكل استطالة او انضغاط , مقدارها (x) , فأن قوة تنشأ عن النابض تساوي القوة الخارجية مقداراً وتعاكسها و اتجاهاً.

وان الطاقة الكامنة للمرونة (EPE) في هذه الحالة تعرف بالعلاقة الاتية :

$$EPE = \frac{1}{2} k x^2$$

اسم الكمية الفيزيائية	رمز الكمية	وحدة القياس	
الطاقة الكامنة المرونة.	EPE	جول	J
ثابت النابض	k	نيوتن/متر	N/m
مقدار التغير (الاستطالة) في طول النابض.	x	متر	m

مثال 5 سيارة كتلتها $(2000\ kg)$ تتحرك على ارض افقية , ضغط سائق السيارة على الكوابح حينما كانت تسير بسرعة $(20\ m/s)$ فتوقفت بعد ان قطعت مسافة $(100\ m)$, كما في الشكل (14) , جد ما يأتي : 1) التغير في الطاقة الحركية. 2) الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك في ايقاف السيارة . 3) ما مقدار قوة الاحتكاك بين عجلات السيارة والطريق على فرض انها بقيت ثابتة.



1) $\Delta KE = (KE)_f - (KE)_i$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}\,mv_f^2 - \frac{1}{2}\,mv_i^2$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2} \times 200(0^2 - (20)^2)$$

$$\Delta KE = -1000 \times 400$$

$$\Delta KE = -400000\ J$$

2) الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك (W) = التغير في الطاقة الحركية (ΔKE).

$$W_f = \Delta KE$$

$$W = -400000\ J$$

3) الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك ($f_s\ x cos\theta$) = التغير في الطاقة الحركية (ΔKE).

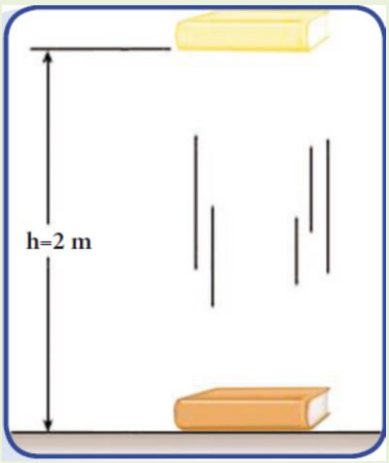
$$\Delta KE = f_s\ x\ cos\theta \quad \Longrightarrow \quad \theta = 180^o$$

$$KE = f_s\ x\ cos180^o \ \Longrightarrow\ -400000 = f_s \times 100 \times (-1)$$

$$f_s = \frac{-400000}{-100} = 4000\ N$$

مثال 6

احسب التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية في مجال الجاذبية الارضية لكتاب كتلته $(3\ kg)$ عند سطح الارض وعلى ارتفاع $(2\ m)$ عن سطح الارض. اعتبر ان $(g = 10m/s^2)$.



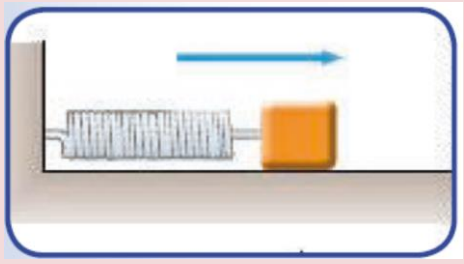
الجواب/

نختار اولاً مستوى الاسناد الذي تعد الطاقة التثاقلية عنده تساوي صفراً وليكن سطح الارض اي عند $(h = 0)$ ثم نحسب الطاقة الكامنة في الموقعين المشار اليهما ؟

نحسب التغير في الطاقة الكامنة للجسم	الطاقة الكامنة عند مستوى الارض
(ΔGPE) عن المستوى الافقي :	(المستوى القياسي) (GPE) تعطى :
$\Delta GPE_1 = GPE_2 - GPE_1$	$GPE_1 = mgh = 3 \times 10 \times 0$
$\Delta GPE = 60 - 0$	$GPE_1 = 0\ J$
$\Delta GPE = 60\ J$	اما الطاقة الكامنة على ارتفاع $(2\ m)$:
	$GPE_2 = mgh = 3 \times 10 \times 2$
	$GPE_2 = 60\ J$

مثال 7

نابض معدني ثابت القوة فيه $(200\ N/m)$ اثبت احد طرفيه بجدار شاقولي ووصل طرفه الاخر بجسم كتلته $(2\ kg)$ موضوع على سطح افقي املس لاحظ الشكل (19) كبس النابض ازاحة مقدارها $(0.2\ m)$ ما اقصى انطلاق يكتسبه عند ازالة القوة الكابسة عنه ؟



$$EPE = KE$$

$$\frac{1}{2}\,\mathrm{K}x^2 = \frac{1}{2}\mathrm{m}v^2$$

$$\frac{1}{2} \times 200 \times (0.2)^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2$$

$$200 \times 0.04 = 2\,v^2 \implies v^2 = \frac{8}{2} = 4$$

$$v = 2\ \mathrm{m/s}$$

سؤال اثرائي 1

علق جسم كتلته $(400\ g)$ بنابض معدني ثابت مرونته $(800\ N/m)$, احسب : 1) مقدار الاستطالة. 2) الطاقة الكامنة المرونية.

سؤال اثرائي 2

تحرك جسم كتلته $(2\ kg)$ على ارض افقية ملساء بواسطة قوة افقية مقدارها $(2\ N)$ مسافة $(22\ m)$, احسب السرعة النهائية للجسم اذا كانت السرعة الابتدائية مقدارها $(10\ m/s)$.

المعطيات $m = 2\ kg$ $\mathrm{F} = 2\ \mathrm{N}$ $\mathrm{x} = 22\ \mathrm{m}$ $v_1 = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ $v_2 = ?$	

سؤال اثرائي 3

جسم كتلته $(5\ kg)$ قذف من نقطة على سطح الارض بسرعة ابتدائية مقدارها $(40\ m/s)$, احسب : 1) سرعة الجسم على ارتفاع $(35\ m)$ عن سطح الارض. 2) الطاقة الحركية للجسم على ارتفاع $(35\ m)$.

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1

نابض مرن موضوع على سطح افقي املس مثبت من احد طرفيه دعامة عمودية والطرف الاخر يرتبط به جسم املس كتلته $(200\ g)$, فاذا اثرت قوة مقدارها $(3\ N)$ على النابض فاستطال بمقدار $(5\ cm)$, احسب : 1) ثابت النابض (k). 2) الطاقة الحركية التي اختزنها النابض. 3) اكبر سرعة يتحرك بها الجسم اذا ترك النابض ليعود الى طوله الاصلي.

الجواب/ $(60\ \frac{N}{m}\ ,\ 0.075\ J\ ,\ 0.866\ m/s)$.

سؤال 2

جسم كتلته $(4\ kg)$ متصل بطرف نابض حلزوني افقي ثابت القوة فيه $(100\ N/m)$ يستقر على سطح افقي املس فاذا ثبت الطرف الاخر من النابض بجدار شاقولي , ثم كبس النابض ازاحة $(10\ cm)$ فما اقصى سرعة يكسبها ذلك الجسم عند رفع القوة الكابسة منه ؟

الجواب/ $(0.5\ m/s)$.

3 سؤال جسم وزنه $(20\ N)$ موضوع فوق سطح افقي املس ومتصل بطرف نابض معدني له ثابت قوة $(200\ N/m)$ وقد ثبت الطرف الاخر للنابض بجدار شاقولي وكبس النابض ازاحة مقدارها $(0.2\ m)$, ما اقصى انطلاق يكتسبهُ الجسم عند ازالة القوة الكابسة عنه ؟ الجواب/ $(2\ m/s)$.

4 سؤال يبلغ الطول الطبيعي لنابض $(15\ cm)$ وثابت مرونته $(150\ N/m)$, ما القوة اللازمة لشده ليصبح طوله $(30\ m)$. الجواب/ $(22.5\ N)$.

5 سؤال اثرت قوة (F) على جسم يميل بزاوية مقدارها (37^o) عن الافق , فتحرك الجسم من السكون افقياً بتعجيل ثابت مقداره $(2\ m/s^2)$ مسافة $(10\ m)$ تحت تاثير القوة (F) , اذا كانت قوة الاحتكاك المؤثرة على الجسم $(8\ N)$, وكتلته $(2\ kg)$, احسب : 1) الطاقة الحركية للجسم. 2) مقدار القوة (F).

الجواب/ $(40\ J\ ,\ 15\ N)$.

6 سؤال ترك جسم كتلته $(5\ kg)$ ليسقط من فوق مبنى , فاكتسب طاقة حركية مقدارها $(600\ J)$ عند لحظة ملامسته الارض , احسب : 1) ارتفاع المبنى. 2) الطاقة الكامنة للجسم لحظة بدء السقوط. 3) الطاقة الكامنة على ارتفاع نصف ارتفاع المبنى.

4) الطاقة الكامنة للجسم بعد $(1.2\ s)$ من بدء السقوط.

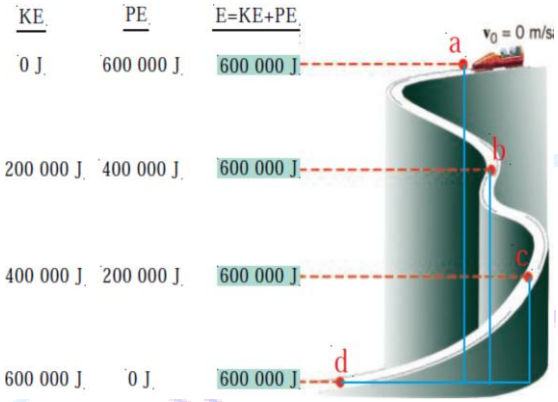
الجواب/ $(240\ J\ ,300\ m\ ,600\ J\ ,\ 12\ m)$.

الجواب/ $(175\ N\ ,10\frac{m}{s}\ ,-240\ J)$.

7 سؤال ايهما يمتلك طاقة حركية اكبر رصاصة كتلتها $(50\ g)$ وتتحرك بسرعة $(800\ m/s)$, ام قذيفة كتلتها $(500\ g)$ وتتحرك بسرعة $(80\ m/s)$.

5-5 حفظ الطاقة الميكانيكية

ان الاجسام قد تمتلك طاقة كامنة او طاقة حركية , تعد الحالة التي يبينها الشكل المجاور مثالاً على حفظ الطاقة الميكانيكية (E_{mech}) .



اي ان الطاقة يمكن ان تتحول من شكل الى اخر, ولكن في اي عمليات تحول الطاقة يكون ما يتحول من احد اشكال الطاقة مساوياً لما ينتج عن الاشكال الاخرى , بحيث يبقى المقدار الكلي للطاقة ثابتاً , اي ان :

ويسمى مجموع الطاقة الكامنة والطاقة الحركية $E_{mech} = PE + KE$

لنظام محافظ في موقع ما , بالطاقة الميكانيكية (E_{mech}) اي ان :

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي

$(KE_i + PE_i)$ $(KE_f + PE_f)$

وتسمى المعادلة اعلاه (قانون حفظ الطاقة الميكانيكية).

6-5 الشغل المبذول بوساطة القوى غير المحافظة

ان وجود قوى غير محافظة في نظام خاضع للجاذبية يسبب تغيراً في الطاقة الميكانيكية للنظام . وعلى هذا الاساس فان شغل القوى غير المحافظة يساوي التغير في الطاقة الميكيانيكية للنظام وذلك على النحو الاتي :

$$W_{nc} = E_f - E_i$$

سؤال قارن بين القوة المحافظة والقوة الغير المحافظة ؟

الجواب

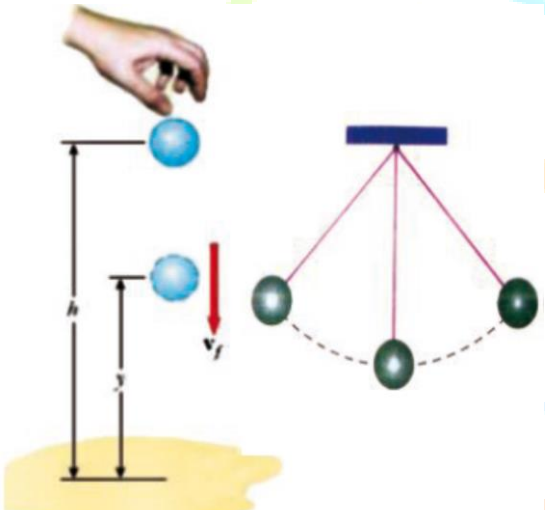
ت	القوى المحافظة	القوى الغير محافظة
1	هي القوى التي لا يعتمد الشغل الذي تبذله على المسار بين نقطتي البداية والنهاية لحركة الجسم.	هي القوى التي يعتمد الشغل الذي تبذله على المسار بين نقطتي البداية والنهاية لحركة الجسم.
2	يكون شغل القوى الغير محافظة موجب .	يكون شغل القوى الغير محافظة سالب.
3	يحصل زيادة في الطاقة الميكانيكية للنظام.	يحصل نقصان في الطاقة الميكانيكية للنظام.
4	مثل شغل قوة الاحتكاك ومقاومة الهواء .	مثل شغل المحركات والالات.

❖ **اذا كان شغل القوى غير المحافظة سالب (مثل قوة الاحتكاك ومقاومة الهواء فانه يسبب نقصان في الطاقة الميكانيكية للنظام).**

❖ **اما اذا كان شغل القوى غير المحافظة موجب (مثل شغل المحركات والالات فنحصل على زيادة في الطاقة الميكانيكية للنظام).**

7-5 قانون حفظ الطاقة

ان الطاقة تكون دائماً محفوظة , وهذه العملية تستند على واحد من اهم القوانين في الطبيعة الا وهو قانون حفظ الطاقة :

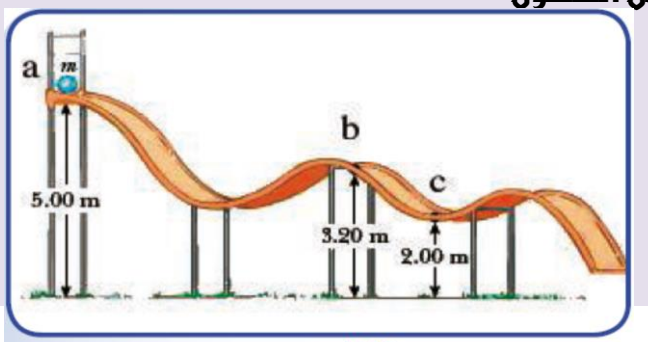


سؤال على ماذا ينص قانون حفظ الطاقة ؟

الجواب ينص على ان الطاقة لاتفنى ولاتستحدث ولن يمكن تحويلها من صورة الى اخرى اي ان المجموع الكلي للطاقة في الكون يبقى ثابتا.

مثال 8

انزلقت كرة كتلتها $(5\ kg)$ من السكون من نقطة (a) عبر مسار مهمل الاحتكاك كما في الشكل (21) , احسب سرعة الكرة عند النقطتين (b) و (c) علماً ان التعجيل الارضي يساوي $(10\ m/s^2)$.



الشكل (21)

الجواب/

نختار اولاً مستوى مرجعياً نفترض عنده الطاقة الكامنة في مجال الجاذبية تساوي صفراً , وليكن مستوى سطح الارض , ولحساب سرعة الكرة عند النقطة (b) , نطبق قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بين الموقعين (a) و (b).

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي

$$KE_f + PE_f = KE_i + PE_i$$

$$\frac{1}{2}\,mv_b^2 + (mgh)_b = \frac{1}{2}\,mv_a^2 + (mgh)_a$$

$$\frac{1}{2} \times 5 \times v_b^2 + 5 \times 10 \times 3.2 = 0 + 5 \times 10 \times 5$$

$$2.5\,v_b^2 + 160 = 250 \implies v_b^2 = 36 \implies v_b = 6\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$KE_c + PE_c = KE_b + PE_b$$

$$\frac{1}{2}\,mv_c^2 + (mgh)_c = \frac{1}{2}\,mv_b^2 + (mgh)_b$$

$$\frac{1}{2} \times 5 \times v_c^2 + 5 \times 10 \times 2 = \frac{1}{2} \times 5 \times (6)^2 + 5 \times 10 \times 3.2$$

$$2.5\,v_c^2 + 100 = 90 + +160$$

$$2.5\,v_c^2 = 250 - 100$$

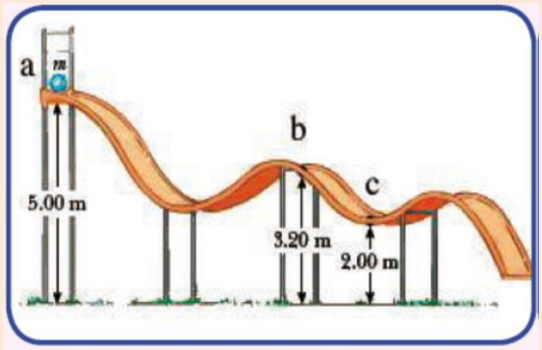
$$2.5\,v_c^2 = 150 \implies v_c^2 = \frac{150}{2.5} = 60$$

$$v_c = 7.746\ \mathrm{m/s}$$

سؤال 1

انزلقت كرة كتلتها $(5\ kg)$ من السكون عند النقطة (a) على المسار المنحني كما مبين في الشكل (23) اذا علمت ان المسار مهمل الاحتكاك في الجزء من (a) الى (b) وخشن من (b) الى (c) جد ماياتي :-

سرعة الكرة عند النقطة (b).



الشكل (23)

بما ان الكرة انزلقت من السكون فان :

1) الحركة من $(a \rightarrow b)$ مهمل الاحتكاك

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$\frac{1}{2}\,m(v_i)_a^2 + mg(h_i)_a = \frac{1}{2}\,m(v_f)_b^2 + mg(h_f)_b$$

$$\frac{1}{2}\times 5\times (0)^2 + 5\times 10\times 5 = \frac{1}{2}\times 5\times v_{fb}^2 + 5\times 10\times 3.2$$

$$0 + 250 = 2.5\,v_{fb}^2 + 160 \implies 2.5\,v_{fb}^2 = 250 - 160$$

$$2.5\,v_{fb}^2 = 90 \implies v_{fb}^2 = \frac{90}{2.5} = 36$$

$$v_{fb} = 6\ m/s$$

سؤال اثرائي 2 سيارة كتلتها $(600\ kg)$ تسير بسرعة $(20\ m/s)$ فوق جبل يرتفع عن سطح الارض $(100\ m)$ احسب : 1) الطاقة الحركية للسيارة. 2) الطاقة الكامنة للسيارة. 3) الطاقة الكلية للسيارة.

سؤال اثرائي 3 سيارة كتلتها $(600\ kg)$ تسير بسرعة $(20\ m/s)$ فوق جبل يرتفع عن سطح الارض $(100\ m)$ احسب : 1) الطاقة الحركية للسيارة. 2) الطاقة الكامنة للسيارة. 3) الطاقة الكلية للسيارة.

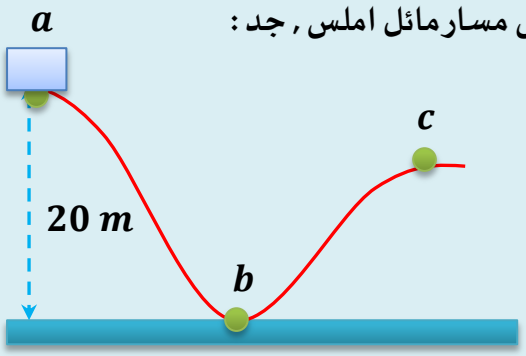
اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال اثرائي 1

سيارة كتلتها $(600\ kg)$ تسير بسرعة $(20\ m/s)$ فوق جبل يرتفع عن سطح الارض $(100\ m)$ احسب : 1) الطاقة الحركية للسيارة. 2) الطاقة الكامنة للسيارة. 3) الطاقة الكلية للسيارة. الجواب/ $(720000\ J\ ,\ 600000\ J\ ,\ 120000\ J)$.

سؤال اثرائي 2

يبين الشكل المجاوررجل كتلته $(75\ kg)$ جلس في عربة ساكنة كتلتها $(250\ kg)$ عند نقطة ترتفع $(20\ m)$ عن سطح الارض على مسار مائل املس , جد :



1) الطاقة الكامنة للرجل والعربة معاً في النقطة (a).

2) سرعة الرجل والعربة في النقطة (b).

3) الطاقة الميكانيكية للرجل والعربة معاً عند النقطة (c).

الجواب/ $(65000\ J\ ,\ 20\ \frac{m}{s}\ ,\ 65000\ J)$.

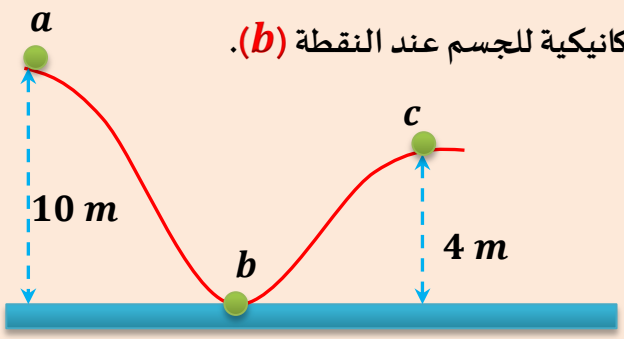
سؤال اثرائي 3

تزحلق جسم كتلته $(2\ kg)$ من السكون من النقطة (a) على سطح املس كما في الشكل المجاور, احسب : 1) الطاقة الكامنة والطاقة الحركية والطاقة الميكانيكية للجسم عند النقطة (a).

2) الطاقة الكامنة والطاقة الحركية والطاقة الميكانيكية للجسم عند النقطة (b).

3) سرعة الجسم عند النقطة (c).

الجواب/ $(200\ J\ ,\ 9\ m/s)$.



8-5 الزخم الخطي والدفع

سؤال عرف الزخم الخطي ؟ وما هي وحدة قياسه ؟ وعلى ماذا يتوقف مقدار الزخم الخطي ؟

الجواب الزخم الخطي :- هو كمية الحركة التي يمتلكها الجسم المتحرك ويساوي حاصل ضرب كتلة الجسم وسرعته وهو كمية متجه .

وحدة قياسه : هي $(kg.m/sec)$.

يتوقف مقداره على : 1) سرعة الجسم (v). 2) كتلة الجسم (m).

❖ الزخم الخطي يمثل له بالعلاقة الاتية :

$$P = m\,v$$

❖ وقد اطلق عليه العالم نيوتن اسم كمية الحركة.

سؤال علل / من السهولة ايقاف السيارة ذات السرعة القليلة , ولكن من الصعب جداً ايقاف السيارة ذات السرعة الاكبر ؟

الجواب لان زخم السيارة الصغيرة صغير بينما يصعب ايقاف السيارة ذات السرعة الاكبر لان زخمها كبيراً .

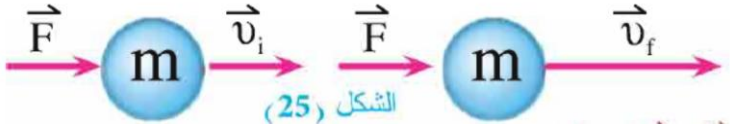
سؤال اثبت ان قوة الدفع تساوي التغير في الزخم الخطي ؟

الجواب

$$F = ma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$v_f = v_i + a\,t \implies a\,t = v_f - v_i$$

$$a = \frac{v_f - v_i}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$



الشكل (25)

$$F = m\left(\frac{v_f - v_i}{t}\right)$$

$$F\,.\,t = mv_f - mv_i \implies F.\,t = P_f - P_i$$

$$I = F.\,t = \Delta P \implies F.\,t = \text{تسمى قوة الدفع}$$

سؤال **عرف الدفع ؟ وما هي وحدة قياسه ؟**

الجواب **الدفع :-** هو كمية فيزيائية اتجاهية ويعد مقياساً للقوة المؤثرة في الجسم مضروباً بالمدة الزمنية التي تؤثر بها القوة في الجسم.

وحدة قياس الدفع هي : $(N.sec)$ او $(\frac{kg.m}{s})$.

- $(\vec{F} \times t)$ يمثل كمية فيزيائية تسمى دفع القوة .
- ان القوة (F) هي القوة المحصلة المؤثرة في جسم او نظام يتكون من جسيمات متعددة.
- يحسب دفع القوة وفق العلاقات التالية :-

$$I = F.t = \Delta P \Longrightarrow I = \Delta P = P_2 - P_1$$

$$\text{الدفع} = I = F.t$$

وحدة القياس		رمز الكمية	اسم الكمية الفيزيائية
$N.m/s$	نيوتن.متر/ثانية	I	دفع القوة
$N.s$	نيوتن.ثانية	$F.t$	دفع القوة
N	نيوتن	F	القوة المؤثرة في الجسم.
s	ثانية	t	زمن تأثير القوة المؤثرة.
$N.m/s$	نيوتن.متر/ثانية	ΔP	التغير في الزخم الخطي.
$N.m/s$	نيوتن.متر/ثانية	P_1	الزخم الابتدائي.
$N.m/s$	نيوتن.متر/ثانية	P_2	الزخم النهائي

سؤال **ما هي العوامل التي يعتمد عليها الدفع المؤثر على الجسم ؟**

الجواب **يعتمد الدفع المؤثر على جسم حسب العلاقة الاتية :** $(\text{الدفع} = F.t)$ **على العوامل التالية :**

1) مقدار القوة المؤثرة على الجسم (F).

2) فترة تأثير القوة المؤثرة على الجسم (t).

مثال 9

سيارة كتلتها $(1200\ kg)$ احسب :

a) زخمها حينما تتحرك بسرعة $(20\ m/s)$ شمالاً .

b) زخمها اذا توقفت عن الحركة ثم تحركت نحو الجنوب بسرعة $(40\ m/s)$.

c) التغير في زخم السيارة في الحالتين السابقتين .

$$P = mv$$

$a)\ P_i = \mathrm{m}\ v_i = 1200 \times 20 = 24000 = 24 \times 10^3\ \mathrm{kg.m/s}$ الزخم شمالاً

$b)\ P_f = \mathrm{m}\ v_f = 1200 \times 40 = 48000 = 48 \times 10^3\ \mathrm{kg.m/s}$ الزخم جنوباً

$c)\quad \Delta P = P_f - P_i = 48 \times 10^3 - 24 \times 10^3$

$\Delta P = 24 \times 10^3\ \mathrm{kg.m/s}$ التغير في الزخم جنوباً

مثال 10

اصطدمت سيارة كتلتها $(1200\ kg)$ ومقدار سرعتها $(20\ m/s)$ بشجرة وتوقفت بعد ان قطعت مسافة $(1.5\ m)$ بزمن قدره $(0.15\ s)$ جد مقدار القوة المتوسطة في ايقاف الشجرة للسيارة ؟

الجواب/

$$F.t = \Delta P \quad \Longrightarrow \quad F.t = m(v_f - v_i)$$

$$F \times 0.15 = 1200(0 - 20)$$

$$F = \frac{-24000}{0.15} = -160000\ \mathrm{N}$$

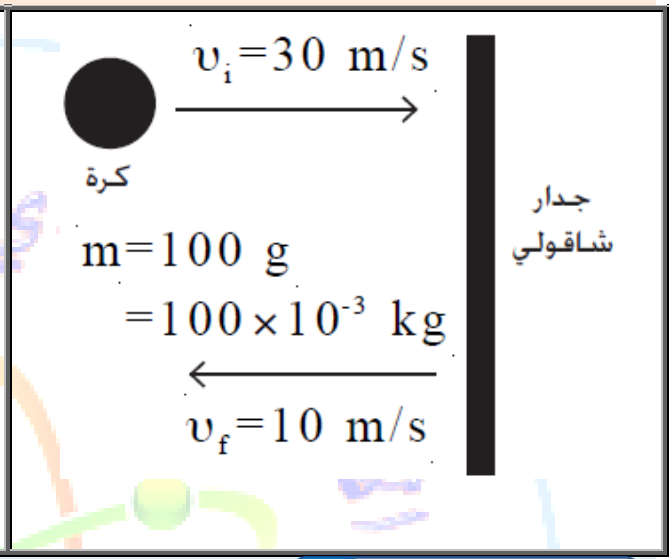
$$\mathrm{F} = -16 \times 10^4\ \mathrm{N}$$

وتمثل (F) القوة المتوسطة لايقاف الشجرة للسيارة , وتدل الاشارة السالبة على ان

القوة تؤثر باتجاه معاكس لاتجاه الحركة.

سؤال اثرائي 1 تتحرك كرة كتلتها $(100\ g)$ افقيًا باتجاه جدار عمودي فوصلته بسرعة $(30\ m/s)$ واصطدمت به ثم ارتدت عنه بسرعة $(10\ m/s)$

احسب : a) التغير في زخم الكرة. b) مقدار دفع القوة المؤثرة .



سؤال اثرائي 2 ضرب لاعب كرة قدم كتلتها $(250\ g)$ في حالة السكون فانطلقت بسرعة $(40\ m/s)$ اوجد : 1) التغير في زخم حركة الكرة. 2) مقدار متوسط القوة التي اثر بها اللاعب في الكرة اذا دام تأثيرها $(0.01\ s)$.

سؤال اثرائي 3 قذف جسم كتلته $(2\ kg)$ شاقوليًا الى الاسفل من ارتفاع $(15\ m)$ وبسرعة ابتدائية $(10\ m/s)$ وارتد شاقوليًا الى ان وصل الى اقصى ارتفاع له مقداره $(8.45\ m)$, احسب الدفع الذي تلقاه الجسم.

سؤال اثرائي 4

سقطت كرة كتلتها $(2\ kg)$ من ارتفاع $(20\ m)$, احسب زخم الكرة قبل اصطدامها بسطح الارض مباشرة وكذلك الطاقة الحركية للكرة.

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1 جسم كتلته $(2\ kg)$ وطاقته الحركية $(81\ J)$, احسب الزخم الخطي لجسم اخر كتلته $(5\ kg)$ وله مقدار السرعة نفسها ويتجه نحو الشرق.

الجواب/ $(45\ kg.m/s)$.

سؤال 2 جسم كتلته $(180\ g)$ يتحرك في خط مستقيم , فإذا تغيرت سرعته من $(10\ m/s)$ الى $(12\ m/s)$ في الاتجاه المعاكس , احسب التغير في زخم الجسم.

الجواب/ $(-3.6\ kg.m/s)$.

سؤال 3 قذفت كرة كتلتها $(0.2\ kg)$ شاقولياً نحو الاعلى بسرعة مقدارها $(12\ m/s)$, احسب التغير في زخم الكرة عندما تصبح على ارتفاع $(4\ m)$ من نقطة القذف وهي صاعدة الى الاعلى.

الجواب/ $(-0.8\ kg.m/s)$.

سؤال 4 عربة سكة حديد كتلتها $(5000\ kg)$ تتحرك بسرعة $(3\ m/s)$, اصطدمت بحاجز في نهاية الخط , فارتدت الى الخلف بسرعة $(2\ m/s)$, احسب : 1) التغير في زخم العربة نتيجة التصادم. 2) معدل التغير في زخم العربة اذا حدث هذا التغير في زمن مقداره $(0.2\ s)$.

الجواب/ $(-125000\ N\ ,\ -25000\ kg.\frac{m}{s})$.

سؤال 5 صهريج ماء وهو مملوء كتلته $(10^4\ kg)$ يتحرك افقياً بسرعة مقدارها $(10\ m/s)$ يتساقط منه الماء بمعدل $(3000\ kg/s)$ فاحسب التغير في زخم الصهريج بعد مرور ساعة. الجواب/ $(-3\times10^4\ kg.m/s)$.

سؤال 6 سيارة زخمها $(1000\ kg.m/s)$, احسب الزخم اذا زادت سرعتها الى ثلاث اضعاف. الجواب/ $(3000\ kg.m/s)$

سؤال 7 اثبت ان العلاقة بين الطاقة الحركية (KE) والزخم (P) لجسم كتلته (m) يتحرك على خط مستقيم بسرعة ثابتة تعطى بالعلاقة التالية : $KE=\frac{P^2}{2m}$

سؤال 8 سقط جسم كتلته $(0.4\ kg)$ من ارتفاع $(5\ m/s)$ عن سطح الارض , اوجد زخمه قبل اصطدامه بالارض وكذلك طاقته الحركية.

سؤال 9 عربة سكة حديد كتلتها $(2000\ kg)$ تتحرك بسرعة $(2.5\ m/s)$, اصطدمت بحاجز نهاية السكة فارتدت الى الخلف بسرعة $(1.5\ m/s)$, اوجد : 1) التغير في زخم العربة بعد التصادم. 2) اذا حصل هذا التغير بانتظام في زمن قدره $(0.5\ s)$ فأوجد معدل التغير في زخم تحرك العربة. الجواب/ $(-16000\ N\ ,\ -8000\ kg.\frac{m}{s})$.

سؤال 10 سقطت كرة كتلتها $(400\ g)$ من ارتفاع $(5\ m)$ عن سطح ارض صلبة ومستوية , فارتدت شاقولياً الى اعلى فوصلت الى ارتفاع $(1.25\ m)$, احسب : 1) سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الارض. 2) سرعة الكرة لحظة ارتدادها عن سطح الارض. 3) التغير في زخم تحرك الكرة. 4) التغير في الطاقة الحركية للكرة لحظة اصطدامها بسطح الارض.

الجواب/ $(-15\ J\ ,\ 2\ J\ ,\ 5\frac{m}{s}\ ,\ 10\frac{m}{s})$.

سؤال 11 سقطت كرة كتلتها $(0.1\ kg)$ من ارتفاع $(5\ m)$ عن سطح الارض فارتدت شاقولياً نحو الاعلى , فإذا كان مقدار التغير في زخم الكرة نتيجة التصادم $(1.5\ kg.m/s)$, احسب : 1) سرعة ارتداد الكرة. 2) اقصى ارتفاع تصل اليه الكرة. الجواب/ $(5\frac{m}{s}\ ,\ 1.25\ m)$.

سؤال 12 جسم كتلته $(5\ kg)$, يتحرك بسرعة ابتدائية مقدارها $(2\ m/s)$ باتجاه الشرق على سطح افقي املس , فإذا تغيرت خلال (0.1) الى $(6\ m/s)$ بنفس الاتجاه , نتيجة تأثره بقوة مقدارها $(200\ N)$ باتجاه الشرق احسب : 1) زخم تحرك الجسم الابتدائي. 2) زخم تحرك الجسم النهائي. 3) التغير في تحرك الجسم. 4) دفع القوة المؤثرة.

9-5 حفظ الزخم الخطي

ان التغير في زخم نظام ما يساوي الدفع الذي يتلقاه بفعل محصلة القوى الخارجية في مدة تاثيرها . فاذا كانت محصلة القوى الخارجية تساوي صفراً , بمعنى ان النظام معزولاً ميكانيكياً فيمكننا كتابة معادلة الزخم الخطي والدفع كما ياتي :

$$\sum F.t = \Delta P$$

أي ان : **الزخم قبل التصادم (mv_i) = الزخم بعد التصادم $(m' v_f)$.**

اذ ان :

$$\sum F.t = m' v_f - mv_i$$

$$\sum F = 0 \implies 0 = m' v_f - mv_i$$

$$m' v_f = mv_i$$

تسمى المعادلة اعلاه قانون (حفظ الزخم الخطي) .

سؤال علامَ ينص قانون حفظ الزخم الخطي ؟ وما هي العلاقة الرياضية له ؟

سؤال

ينص : اذا كانت محصلة القوى المؤثرة في النظام تساوي صفراً فان الزخم الخطي الكلي للنظام يبقى محفوظاً.

العلاقة الرياضية :

$$m' v_f = m v_i$$

ملاحظة / الدفع الناتج عن قوة معينة يساوي مقدار هذه القوة في زمن تأثيرها , اما الدفع الناتج عن محصلة القوى المؤثرة على الجسم , فيكون مساوياً لحاصل ضرب القوة المحصلة المؤثرة على الجسم في زمن تأثيرها اي ان :

دفع اي قوة = مقدار تلك القوة × زمن تأثير تلك القوة = $F.t$.

الدفع الكلي = مقدار القوى المحصلة = القوة المحصلة × الفترة الزمنية = $F_{net}.t$

انواع التصادمات

هنالك ثلاث انواع من التصادمات هي :-

a- التصادم المرن التام Perfectly Elastic Collision

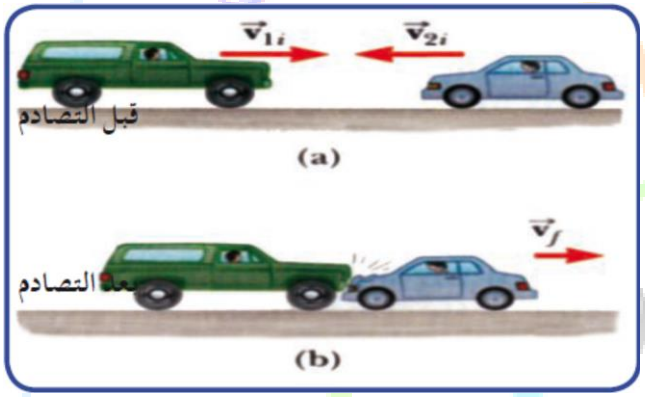
وهو النظام الذي يتميزبان طاقته الحركية قبل التصادم تساوي الطاقة الحركية له بعد التصادم.

اي ان :

الطاقة الحركية قبل التصادم = الطاقة الحركية بعد التصادم

هذا النوع من التصادمات لا يصاحبه فقدان في الطاقة الحركية للنظام .

b- التصادم عديم المرونة (غير مرن كليا) erfectly Inelastic Collision



ويمتازهذا النوع من التصادمات بكون الطاقة الحركية للنظام غيرمحفوظة اذ يصاحبه نقص كبيرفي الطاقة الحركية , ويمتازبأن الجسمين المتصادمين يلتحمان دوماً بعد التصادم ,

c- التصادم غير المرن Inelastic Collision

وفيه لا تلتحم الاجسام معاً , بل تبقى منفصلة ويكون مصحوباً بنقص في الطاقة الحركية مثل تصادم كرات البولنك.

تذكر :

- الزخم الخطي للنظام محفوظا مهما كان نوع التصادم .
- تصنف التصادمات تبعا للتغير الحادث في الطاقة الحركية للنظام .

سؤال لماذا تكون الشاحنة المحملة اكثر تدميراً من سيارة صغيرة عند اصطدامها بجسم كبير ساكن على فرض ان السرعتين الابتدائيتين متساويتان ؟

الجواب لان الطاقة الحركية للشاحنة اكبر (كتلتها اكبر) فتكون مقدرتها على التدمير اكبر.

$$KE = \frac{1}{2}\,mv^2 \quad \Longrightarrow \quad KE \;\alpha\; m \quad \Longrightarrow \; v \text{ بثبوت}$$

سؤال **اذا حصل فقدان في الطاقة الحركية بسبب بذل شغل للتغلب على قوة الاحتكاك اين تذهب هذه الطاقة المفقودة ؟**

الجواب تظهر على شكل طاقة حرارية .

سؤال **قارن بين التصادم المرن (التام) والتصادم عديم المرونة والتصادم الغير مرن ؟**

الجواب

ت	التصادم المرن (التام)	التصادم عديم المرونة	التصادم الغير مرن
1	الطاقة الحركية للنظام محفوظة	الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة	الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة
2	الزخم الخطي للنظام محفوظ	الزخم الخطي للنظام محفوظ	الزخم الخطي للنظام محفوظ
3	لا يصاحبه فقدان في الطاقة الحركية.	يصاحبه فقدان في الطاقة الحركية.	يصاحبه فقدان في الطاقة الحركية.
4	يمتازبأن الجسمين يلتحمان دائماً بعد التصادم مباشرة .	يمتازبأن الجسمين لا يلتحمان دائماً بعد التصادم مباشرة .	يمتازبأن الجسمين لا يلتحمان دائماً بعد التصادم مباشرة .

مثال 11

شاحنة كتلتها $(3 \times 10^4\ kg)$ متحركة بسرعة $(10\ m/s)$ تصادمت مع سيارة كتلتها $(1200\ kg)$ تتحرك في الاتجاه المضاد بسرعة $(25\ m/s)$ فاذا التصقت السيارتان بعد التصادم باية سرعة تتحرك المجموعة ؟

نفرض ان سرعة المجموعة بعد التصادم = v_{total}

وان كتلة المجموعة = $m_1 + m_2$

الزخم الكلي قبل التصادم = الزخم الكلي بعد التصادم

كتلة الشاحنة (m_1) × سرعة الشاحنة (v_1) + كتلة السيارة (m_2) × سرعة السيارة (v_2) = كتلة المجموعة $(m_1 + m_2)$ × سرعة المجموعة (v_{total}).

$$m_1.v_1 + m_2.v_2 = (m_1 + m_2) \times v_{total}$$

$$3 \times 10^4 \times 10 + 1200 \times (-25) = (30000 + 1200)v_{total}$$

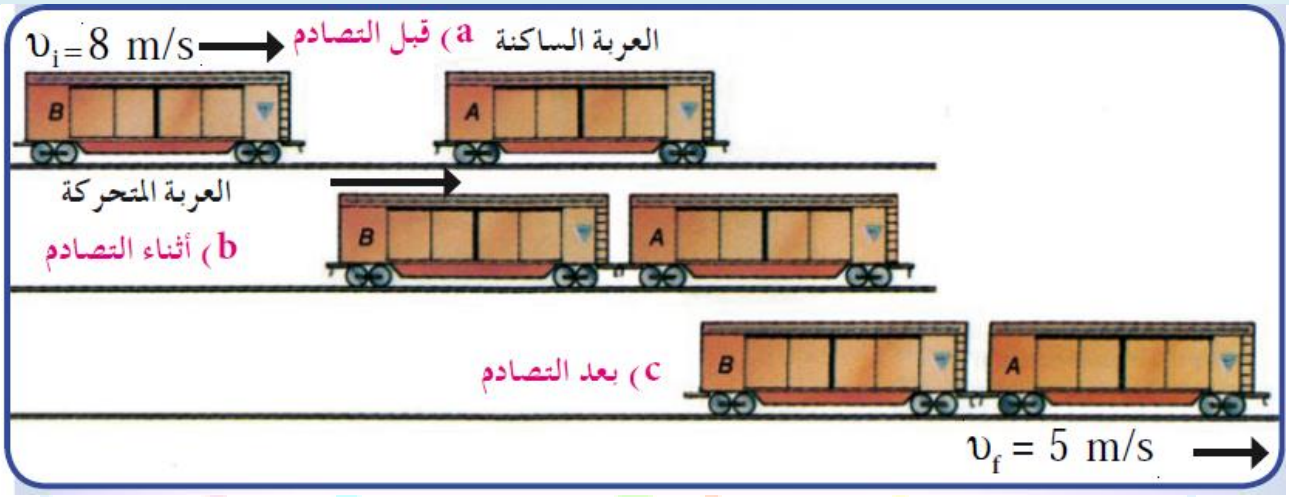
ان سرعة السيارة باشارة سالبة لانها بعكس اتجاه حركة الشاحنة.

$$300000 - 30000 = 31200\ v_{total}$$

$$v_{total} = \frac{270000}{31200} = 8.65\ \text{m/s}$$

مثال 12

اذا كانت ماكنة قطار كتلتها $(2.5 \times 10^4\ kg)$ تتحرك بسرعة $(8\ m/s)$ كما في الشكل (31) اصطدمت بعربة ساكنة كتلتها $(1.5 \times 10^4\ kg)$, وتتحركان معاً بالاتجاه نفسه بسرعة $(5\ m/s)$, احسب التغير في الطاقة الحركية للنظام.



الجواب

التغير في الطاقة الحركية (ΔKE) = الطاقة الحركية بعد التصادم (KE_f) – الطاقة الحركية قبل التصادم (KE_i).

$$KE_i = \frac{1}{2} m_1 v_i^2 + \frac{1}{2} m_2 v_f^2 = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^4 \times (8)^2 + 0$$

$$KE_i = 80 \times 10^4\ \text{J}$$ الطاقة الحركية قبل التصادم

$$KE_f = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{total}^2 = \frac{1}{2} (2.5 \times 10^4 + 1.5 \times 10^4) \times (5)^2$$

$$KE_f = \frac{1}{2} (4 \times 10^4) \times 25 = 50 \times 10^4\ \text{J}$$ الطاقة الحركية بعد التصادم

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = 50 \times 10^4 - 80 \times 10^4 = -30 \times 10^4\ \text{J}$$

نستنتج من ذلك ان التصادم غير مرن

سؤال اثرائي 1

جسم كتلته $(6\ kg)$ يتحرك على خط مستقيم بسرعة $(6\ m/s)$ اصطدم بجسم ثاني كتلته $(9\ kg)$ ويتحرك ايضاً على نفس الخط المستقيم وبسرعة $(4\ m/s)$ وبحيث التصق الجسمان الاول والثاني بعد التصادم . باية سرعة تتحرك المجموعة في الحالتين الاتيتين :

a) عندما يسير الجسمان قبل التصادم باتجاه واحد ولحق الجسم الاول بالجسم الثاني.

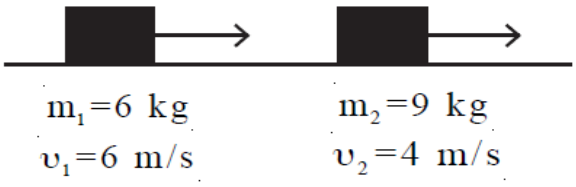
b) عندما يسير الجسمان قبل التصادم باتجاهين متعاكسين.

a - نفرض ان سرعة المجموعة بعد التصادم = (υ_{total})

ونفرض كتلة الجسم الأوّل = m_1

ونفرض كتلة الجسم الثاني = m_2

اذن كتلة المجموعة = m_1+m_2



الزخم الكلي قبل التصادم = الزخم الكلي بعد التصادم.

كتلة الجسم الاول (m_1) × سرعته (v_1) + كتلة الجسم الثاني (m_2) × سرعته (v_2) = كتلة المجموعة (m_1+m_2) × سرعة المجموعة (v_{total}).

$$m_1.v_1+m_2.v_2=(m_1+m_2)v_{total}$$

$$6\times6+9\times4=(6+9)\times v_{total}$$

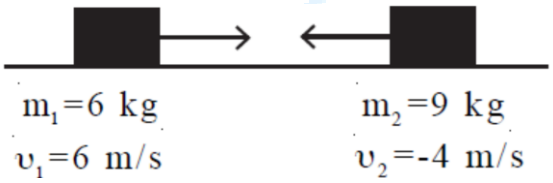
$$36+36=15\,v_{total}\implies v_{total}=\frac{72}{16}=4.8\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

b) $m_1.v_1+m_2.v_2=(m_1+m_2)v_{total}$

$$6\times6+9\times(-4)=(9+6)\times v_{total}$$

$$36-36=15\,v_{total}$$

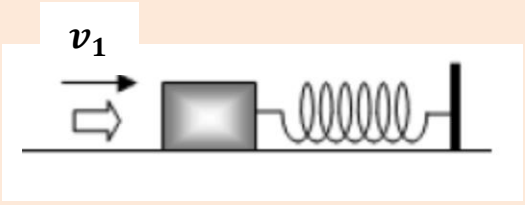
$$v_{total}=0$$



اي ان سرعة المجموعة تساوي صفر وذلك عندما يسير الجسمان قبل التصادم باتجاهين متعاكسين (اي تتوقف المجموعة عن الحركة بعد التصادم مباشرة).

سؤال اثرائي 2

رصاصة كتلتها $(20\ g)$ تقترب افقياً من قطعة خشب كتلتها $(3.98\ kg)$ مثبتة على نابض موضوع على سطح افقي املس ثابت مرونته $(1600\ N/m)$ كما في الشكل المجاور, فإذا غاصت الرصاصة في قطعة الخشب واستقرت بها وتحركتا كجسم واحد حيث كان اقصى انضغاط للنابض $(10\ cm)$, احسب :



1) سرعة الرصاصة قبل التصادم مباشرة.

2) التغير في الطاقة الحركية نتيجة التصادم.

المعطيات

$m_1 = 0.02\ \text{kg}$

$m_2 = 3.98\ \text{kg}$

$k = 1600\ \text{N/m}$

$x = 0.1\ m$

$v_2 = 0$

المطلوب

1) v_1 =?

2) ΔKE =?

الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم = الطاقة الكامنة في النابض

1) $\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_{total}^2 = \frac{1}{2}kx^2$

$(0.02+3.98)\times v_{total}^2 = 1600\times(0.1)^2$

$4\ v_{total}^2 = 1600\times 0.01$

$4\ v_{total}^2 = 16 \implies v_{total}^2 = \frac{16}{4} = 4$

$\sqrt{v_{total}^2} = \sqrt{4} \implies v_{total} = 2\ \text{m/s}$

$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1+m_2)\times v_{total}$

$0.02\times v_1 + 3.98\times 0 = (0.02+3.98)\times 2$

$0.02\ v_1 = 4\times 2 \implies v_1 = \frac{8}{0.02} = \frac{800}{2}$

$v_1 = 400\ \text{m/s}$

2) $\Delta KE = KE_f - KE_i$

$KE_i = \frac{1}{2}m_1v_i^2 + \frac{1}{2}m_2v_f^2 = \frac{1}{2}\times 0.02\times(400)^2 + \frac{1}{2}\times 3.98\times 0$

$KE_i = 0.01\times 160000 = 1600\ J$

$KE_f = \frac{1}{2}(m_1+m_2)\times v_{total} = \frac{1}{2}\times(0.02+3.98)\times(2)^2$

$KE_f = 2\times 4 = 8\ J$

$\Delta KE = 8 - 1600 = -1592\ J$

اختبر فهمك (مسائل اثرائية)

سؤال 1

اطلقت قذيفة كتلتها $(60\ kg)$ بسرعة افقية $(500\ m/s)$ للخلف من مدفع يتحرك للامام بسرعة $(10\ m/s)$ فاذا كانت كتلة المدفع $(2000\ kg)$ احسب :

1) سرعة ارتداد المدفع. 2) الدفع المؤثر على القذيفة. الجواب/ $(25.3\ \frac{m}{s}\ ,\ -30600\ N.s)$.

سؤال 2

اثرت قوة مقدارها $(50\ N)$ لمدة $(0.1\ s)$ على جسم كتلته $(50\ g)$ يرتكز على سطح افقي املس فحركته باتجاهها اصطدم هذا الجسم بجسم اخر ساكن كتلته $(100\ g)$ على نفس الخط فأصبحت سرعته بعد التصادم $(40\ m/s)$ في نفس الاتجاه احسب : 1) سرعة الجسم الثاني بعد التصادم. 2) السرعة المشتركة للجسمين بعد التصادم.

الجواب/ $(30\ \frac{m}{s}\ ,\ 10\ m/s)$.

سؤال 3

اطلقت رصاصة كتلتها $(10\ g)$ من بندقية بسرعة $(600\ m/s)$ وصادفت في طريقها لوح خشبي سمكه $(8\ cm)$ وكتلته $(1\ kg)$ فاخترقته بسرعة $(400\ m/s)$ احسب : 1) التغير في زخم الرصاصة. 2) سرعة اللوح الخشبي بعد اختراق الرصاصة له.

الجواب/ $(-2\ \frac{kg.m}{s}\ ,\ 2\ m/s)$.

سؤال 4

تنطلق رصاصة $(200\ g)$ افقياً بسرعة $(50\ m/s)$ تصطدم بجسم كتلته $(4.8\ kg)$ يستقر على طاولة تنغرز الرصاصة في الجسم بعد الاصطدام اوجد : 1) سرعة الجسم المشترك بعد التصادم مباشرة. 2) قوة الاحتكاك بين الجسم والطاولة اذا تحرك الجسم مسافة $(2.5\ m)$ قبل ان يتوقف . الجواب/ $(2\ \frac{m}{s}\ ,\ -2\ N)$.

سؤال 5

اطلقت رصاصة كتلتها $(25\ g)$ بسرعة $(600\ m/s)$ على قطعة خشب ساكنة كتلتها $(0.4\ kg)$, فاخترقتها وخرجت من الجانب الاخر بسرعة $(200\ m/s)$, اوجد :

1) سرعة قطعة الخشب بعد مرور الرصاصة بها مباشرة. 2) مقدار الطاقة الحركية المفقودة.

الجواب/ $(25\ \frac{m}{s}\ ,\ -3875\ J)$.

سؤال 6

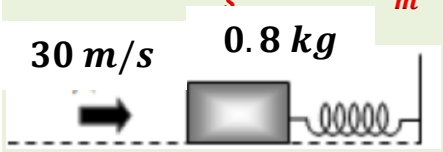
جسمان (m_1) و (m_2) لهما نفس الكتلة , اذا كانت الطاقة الحركية للجسم الاول تساوي اربع امثال الطاقة الحركية للجسم الثاني , فأثبت ان $(P_1 = 2\ P_2)$ ؟

سؤال 7

اثرت قوة مقدارها $(200\ N)$ لمدة $(0.1\ s)$ على جسم ساكن كتلته $(5\ kg)$ موضوع على سطح افقي املس , اصطدم ذلك الجسم بعد انقطاع تأثير القوة عليه بجسم اخر ساكن على نفس السطح كتلته $(3\ kg)$ فالتصق به وساركجسم واحد , احسب السرعة التي يسيربها الجسمان بعد التصادم. الجواب/ $(2.5\ m/s)$.

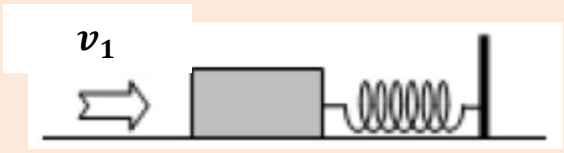
سؤال 8

رصاصة كتلتها $(200\ g)$ تتحرك بسرعة مقدارها $(30\ m/s)$ باتجاه هدف ساكن كتلته $(0.8\ kg)$ ثبت بنهاية نابض فتحركت الكتلتان معاً مسافة مقدارها $(0.8\ kg)$ ثم سكنتا , احسب : 1) سرعة اندفاع الجسم المشترك بعد التصادم. 2) معامل مرونة النابض. 3) الدفع الذي اكتسبته الكتلة الجديدة من قبل النابض. الجواب/ $(6\frac{m}{s}\ ,\ 3600\frac{N}{m}\ ,-6\ N.m)$.



سؤال 9

اصطدمت رصاصة كتلتها $(20\ g)$ بقطعة من الخشب كتلتها $(980\ g)$ مثبتة بنابض معامل مرونته $(4 \times 10^6\ N/m)$ فادت الى انضغاط النابض مسافه قدرها $(0.5\ cm)$, اوجد :



1) السرعة الابتدائية للرصاصة.

2) الطاقة الضائعة نتيجة التصادم.

الجواب/ $(500\frac{m}{s}\ ,-2450\ J)$ $(5\frac{m}{s}\ ,-100000\ N.s\ ,-200000\ J)$.

سؤال 10

اصطدمت قاطرة كتلتها $(10^5\ kg)$ وتتحرك بسرعة مقدارها $(5\ m/s)$ باتجاه الشرق بشاحنة متوقفة كتلتها $(2 \times 10^4\ kg)$, فاذا استمرت القاطرة بسرعة $(4\ m/s)$ (باتجاه الشرق) بعد التصادم , فاحسب : 1) سرعة الشاحنة بعد التصادم مباشرة. 2) الدفع الذي اثر في القاطرة اثناء التصادم. 3) مقدار التغير في الطاقة الحركية للنظام المكون من القاطرة والشاحنة نتيجة التصادم , وما نوع التصادم في هذه الحالة ؟

حل اسئلة الفصل الخامس

سؤال 1

اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية :

اعتبر التعجيل الارضي ($g = 10\ m/s^2$).

1) صبي كتلته ($40\ kg$) يصعد سلماً ارتفاعه الشاقولي ($5\ m$) في زمن ($10\ s$) فان قدرته :-

a) $20\ W$. b) $200\ W$. c) $0.8\ W$. d) $2 \times 10^4\ W$.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mg.x}{t} = \frac{40 \times 10 \times 5}{10} = 200\ \text{Watt}$$

2) تطبيقاً لقانون حفظ الطاقة فأن الطاقة :

a) تستحدث ولا تفنى. b) تفنى ولا تستحدث.

c) تفنى وتستحدث. d) لا تفنى ولا تستحدث.

3) انجز جسم قدرة ($1\ hp$) عند الانطلاق الاني ($3\ m/s$) فان مقدار اقصى قوة هي :-

a) $248.7\ N$. b) $2238\ N$ c) $2613\ N$ d) $3600\ N$.

$$P_{inst} = \vec{F} \cdot \vec{v}_{inst}$$
$$746\ \text{watt} = 1\text{hp}$$
$$746\ \text{watt} = F.\ (3\text{m/s})$$
$$F = \frac{746}{3} = 248.7\ \text{N}$$

4) احدى الوحدات التالية ليست وحدة للقدرة :

a) $Joule - second$. b) $Watt$. c) $N.m/s$. d) hp.

a)

ليست وحدات قياس القدرة J. s

$$P = \frac{W}{s} \Rightarrow watt = \frac{Joule}{sec}$$

$\therefore$ J. s

b)

صحيحة لانها من وحدات قياس القدرة watt

c)

$$watt = \frac{Joule}{sec} = \frac{N.m}{s}$$ صحيحة لانها من وحدات قياس القدرة

d)

hp = 746 watt صحيحة لانها من وحدات قياس القدرة

5) لحفظ مركبة متحركة بانطلاق (v) يتطلب قوة (F) ضد الاحتكاك فالقدرة التي تحتاجها :-

a) $F.v$ b) $\frac{1}{2} F v^2$ c) F/v d) F/v^2

a) $P = \frac{w}{t} = \frac{Fx}{t}$

وبما ان :

$\upsilon = \frac{x}{t}$

$\therefore P = F \upsilon$

b) $\frac{1}{2} F\upsilon^2 \neq P$

c) $\frac{F}{\upsilon} \neq P$

d) $\frac{F}{\upsilon^2} \neq P$

6) جسم كتلته $(1kg)$ يملك طاقة كامنة تثاقلية $(1J)$ نسبة الى الارض عندما يكون ارتفاعه الشاقولي

a) $0.012\ m$ b) $0.1\ m$ c) $9.8\ m$ d) $32\ m$

$$G.P.E = mgh$$
$$1J = (1kg)(10m/s^2)(h)$$
$$\therefore h = \frac{1}{10} = 0.1\ m$$

7) جسم وزنه $(10\ N)$ يسقط من السكون من موضع ارتفاعه الشاقولي $(2\ m)$ فوق سطح الارض فان مقدار سرعته لحظة اصطدامه بسطح الارض تكون :-

a) $400\ m/s$ b) $20\ m/s$ c) $10\ m/s$ d) $\sqrt{40}\ m/s$

$$w = mg \Rightarrow m = \frac{w}{g} = \frac{10}{10}$$
$$\therefore m = 1kg$$
$$work = \Delta(KE)$$
$$mgh = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \ldots\ldots\ldots(1)$$
$$v_i = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 = 0$$

وبالتعويض في المعادلة (1) نحصل على :

$$\therefore gh = \frac{1}{2}v_f^2$$
$$v_f = \sqrt{2gh}$$
$$v_f = \sqrt{2 \times 10 \times 2}$$
$$v_f = \sqrt{40}\ m/s$$

8) الذي لا يتغير عندما يصطدم جسمان او اكثر هو :-

a) الزخم الخطي لكل منهم. b) الطاقة الحركية لكل منهم.

c) الزخم الخطي الكلي للأجسام. d) الطاقة الحركية الكلية للأجسام.

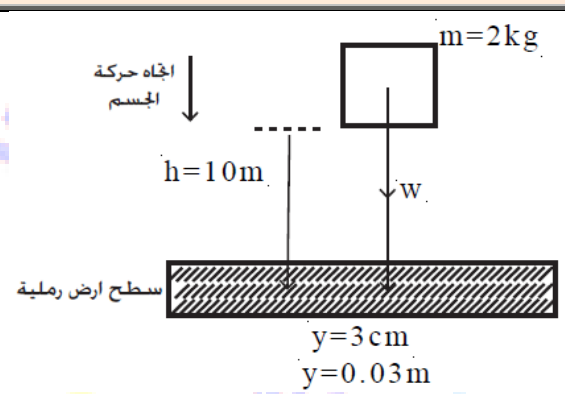
9) عندما يصطدم جسمان متساويان بالكتلة فالتغير بالزخم الكلي :-

a) يعتمد على سرعتي الجسمين المتصادمين. b) يعتمد على الزاوية التي يصطدم بها الجسمان.

c) يساوي صفر. d) يعتمد على الدفع المعطى لكل جسم متصادم.

حل مسائل الفصل الخامس

سؤال 1 سقط جسم كتلته $(2\ kg)$ من ارتفاع قدره $(10\ m)$ على ارض رملية واستقر فيها بعد ان قطع $(3\ cm)$ شاقولياً داخل الرمل , ما متوسط القوة التي يؤثر بها الرمل على الجسم ؟ على فرض اهمال تأثير الهواء .



$$PE_1 + KE_1 = PE_2 + KE_2$$

$$PE_1 + 0 = 0 + KE_2$$

$$PE_1 = KE_2$$

$$mgh = KE_2$$

$$2 \times 10 \times 10 = KE_2$$

$$KE_2 = 200\ J$$

في اثناء انغمار الجسم في الرمل الى عمق $(0.03\ m)$ الشغل المبذول لايقاف الحجر (F_y) = التغير في الطاقة الحركية للحجر (ΔKE).

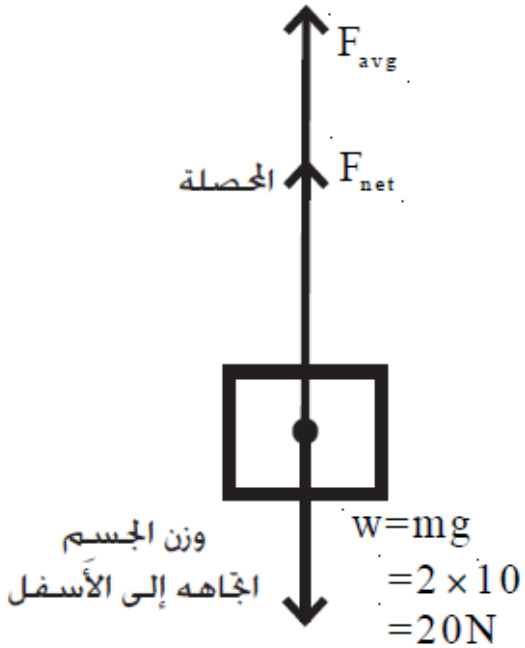
$$\Delta KE = KE_1 - KE_2 = F_{net} \cdot y$$

$$F_{net} \cdot y = KE_1 - KE_2$$

$$F_{net} \times 0.03 = 0 - 200$$

$$F_{net} = \frac{-200}{0.03} = -6666.67\ N$$

الاشارة السالبة تعني ان القوة تتجه عكس اتجاه حركة الجسم في الرمل.



$$F_{net} = F_{avg} + (-W)$$

$$6666.67 = F_{avg} - 2 \times 10$$

$$F_{avg} = 6666.67 + 20 = 6686.67\ N$$

سؤال 2

انزلقت سيارة كتلتها $(1250\ kg)$ فوصلت الى حالة السكون بعد ان قطعت مسافة $(36\ m)$ ما مقدار قوة الاحتكاك بين اطارتها المنزلقة الاربع وسطح الطريق اذا كان معامل الاحتكاك الانزلاقي (0.7) ؟ ما مقدار الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك على السيارة ؟

المعطيات

$m = 1250\ kg$

$x = 36\ m$

$\mu_k = 0.7$

$W = ?$

$$f_k = \mu_k . N = \mu_k mg = 0.7 \times 1250 \times 10$$

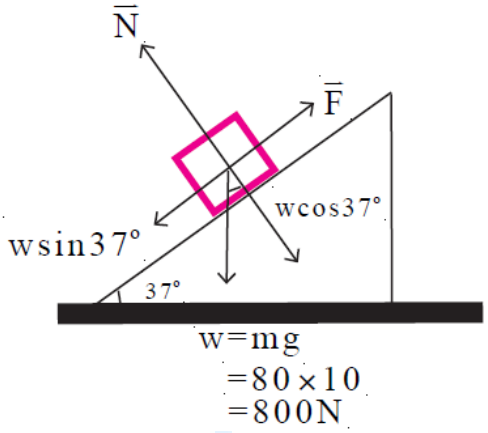
$$f_k = 8750\ N$$

$$W = f_k . x \cos\theta = 8750 \times 36 \times \cos 180^o$$

$$W = 8750 \times 36 \times (-1) = -315000\ J$$

سؤال 3

دفع صندوق شحن كتلته $(80\ kg)$ مسافة $(3.5\ m)$ الى اعلى سطح مائل (يفترض انه مهمل الاحتكاك) يميل بزاوية قدرها (37^o) بالنسبة للافق , ما مقدار الشغل المبذول في دفع صندوق الشحن ؟ افرض ان صندوق الشحن يدفع بسرعة ثابتة المقدار.



بما ان السرعة ثابتة

$$\sum F = 0$$

$$F - W \sin\theta = 0$$

$$F = W \sin 37^o = 800 \times 0.6$$

$$F = 480\ N$$

$$W = F . x \cos\theta = 480 \times 3.5 \times \cos 0$$

$$W = 1680\ N$$

سؤال 4

ما القدرة بالواط اللازمة لدفع عربة تسوق محملة بقوة افقية قدرها $(50\ N)$ مسافة افقية مقدارها $(20\ m)$ خلال $(5\ s)$ ؟

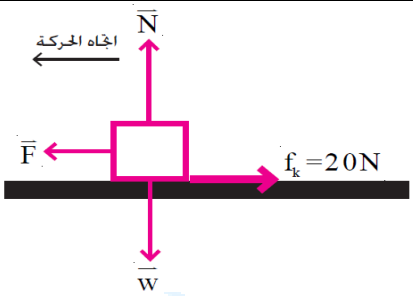
$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.x}{t} = \frac{50 \times 20}{5} = \frac{1000}{5} = 200\ Watt$$

سؤال 5

قوة احتكاك مقدارها $(20\ N)$ تؤثر في صندوق كتلته $(6\ kg)$ ينزلق على ارضية افقية ,
ما مقدار القدرة اللازمة لسحب الصندوق على الارضية بسرعة ثابتة قدرها $(0.6\ m/s)$ ؟

$$F = f_k = 20\ \text{N}$$

$$\text{P} = \text{F}.\text{v} = 20 \times 0.6 = 12\ \text{Watt}$$



سؤال 6

يستطيع جرار شد مقطورته بقوة ثابتة مقدارها $(12000\ N)$ عندما تكون سرعته
$(2.5\ m/s)$. ما قيمة قدرة الجرار بالواط والقدرة الحصانية تحت هذه الشروط ؟

$$P = F.v = 12000 \times 2.5 = 30000\ Watt$$

$$1\ \text{hp} = 746\ \text{Watt}$$

$$P = \frac{30000}{746} = 40.214\ \text{hp}$$

سؤال 7

بينما كان احد لاعبي كرة القدم كتلته $(90\ kg)$ يجري بسرعة قدرها $(6\ m/s)$ قام لاعب من الفريق الاخر بشده من الخلف فتوقف بعد ان قطع مسافة قدرها $(1.8\ m)$.

a) ما مقدار متوسط القوة التي سببت ايقاف اللاعب ؟

b) ما الزمن الذي استغرقه اللاعب ليتوقف تماماً ؟

طريقة اخرى للحل

$$a)\quad v_2^2 = v_1^2 + 2\,a\Delta x$$

$$0 = (6)^2 + 2 \times a \times 1.8$$

$$-36 = 3.6\,a$$

$$a = \frac{-36}{3.6} = -10\,\frac{m}{s^2}$$

$$F = ma = 90 \times (-10)$$

$$F = -900\ N$$

$$b)\quad v_2 = v_1 + a\,t$$

$$0 = 6 + (-10)t$$

$$6 = 10\,t$$

$$t = \frac{6}{10} = 0.6\ s$$

$$a)\quad W = \Delta KE$$

$$F.x = \frac{1}{2}\,m(v_2^2 - v_1^2)$$

$$F(1.8) = \frac{1}{2} \times 90(0 - 36)$$

$$F_{avg} = \frac{-1620}{1.8} = -900\ N$$

الاشارة السالبة تعني ان (F_{avg}) تعاكس اتجاه الحركة

$$b)\quad F.t = m(v_2 - v_1)$$

$$-900 \times t = 90(0 - 6)$$

$$-900\,t = -540$$

$$t = \frac{-540}{-900} = 0.6\ s$$

الزمن الذي يستغرقه اللاعب