ميكانيكا (٢) الصف الثاني

الفهرس

الباب الأول: الإستاتيكا Statics ٣

الإستاتيكا Statics ٤
١-١ العزم Moment ٤
تحقق من فهمك (١-١) ٧
١-٢ الازدواج Couple ٩
تحقق من فهمك (١-٢) ١٣
١-٣ الاتزان Equilibrium ١٥
تحقق من فهمك (١-٣) ٢٠
١-٤ الاحتكاك Friction ٢٢
تحقق من فهمك (١-٤) ٢٩
١-٥ مركز الثقل Center of Gravity ٣١

ثانيا: الديناميكا Dynamics ٣٥

الديناميكا Dynamics ٣٦
٢-١ القوة والحركة ٣٦
٢-٢ قوانين نيوتن للحركة ٣٦
تحقق من فهمك (٢-١) ٤٧
٢-٣ الشغل Work ٤٩
تحقق من فهمك (٢-٢) ٥٦
٢-٤ الطاقة Energy ٥٨
تحقق من فهمك (٢-٣) ٥٩
المصطلحات العلمية ٥٩
المراجع ٥٩

مقدمة

عزيزي الطالب، بين يديك كتاب " ميكانيكا (٢) " وهو الجزء الثاني من منهج الميكانيكا الذي سوف تدرسه خلال فترة دراستك بالمدرسة، وهو مكون من جزئين، فنبدأ بالباب الأول " الإستاتيكا " وهو أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة اتزان الاجسام تحت تأثير القوي المختلفة. ويشمل هذا الباب موضوعات مكملة للتي درستها بكتاب "ميكانيكا (١)" مثل عزم القوي وإتزان الأجسام الي جانب الاحتكاك ومركز ثقل الاشكال المختلفة. ثم نتطرق إلى " الديناميكا" وهو احد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة قوانين حركة الاجسام تحت تأثير القوي المختلفة وذلك بالباب الثاني وسوف ندرس فيه قوانين نيوتن للحركة الي جانب موضوعات الشغل والطاقة والقوانين التي تحكمهم.

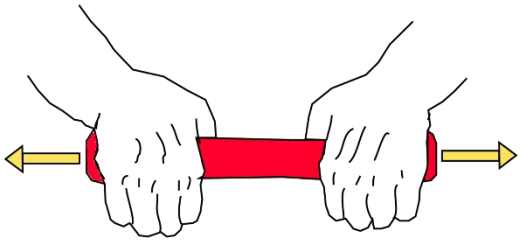
وبالتالي فإن الكتاب ملم بمعظم المعارف والنظريات التي سوف تساعدك على إتمام دراستك في باقي العلوم التطبيقية وفي ضوء ما سبق قد رعي في الكتاب أن يكون ذو أسلوب شيق وبسيط لضمان وصول المعلومة بطريقة سهلة وسريعة، وأن يشمل العديد من الأشكال والرسومات المرفقة مع النظريات والمعارف لتوضيح وتثبيت المعلومة وأخيرا أن يشمل أمثلة متدرجة في الصعوبة لتشمل مستويات التفكير المتنوعة مع تدريبات وأسئلة ينتهي بها كل درس.

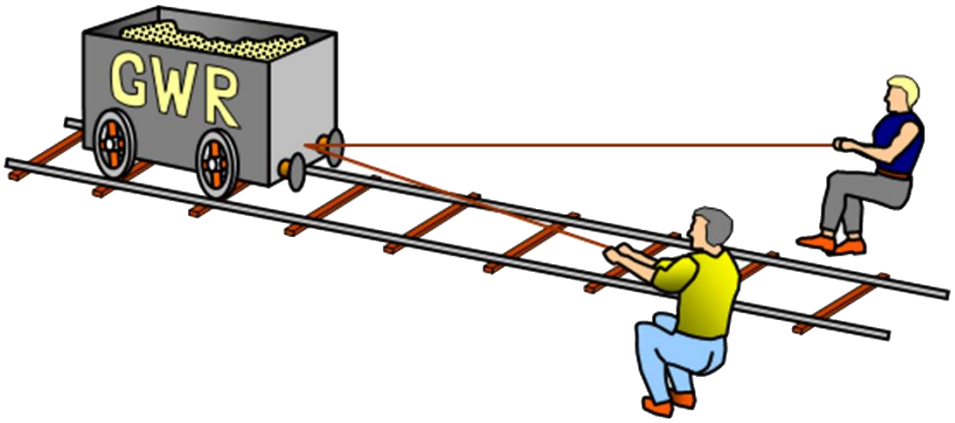
أخيرا ... نتمني لك عزيزي الطالب كل النجاح والتفوق في حياتك الدراسية والعملية

فريق الإعداد والمراجعة

شركة يات لحلول التعليم

الباب الأول: الإستاتيكا Statics





الإستاتيكا Statics

قد سبق ودرسنا في الصف الأول علم الإستاتيكا. وعرفنا انه أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة اتزان الأجسام تحت تأثير القوي المختلفة، وقد تناولنا خلال دراسته موضوعات عدة مثل القوى ومحصلتها وكذلك كيفية تحليل القوى.

أما في هذا العام فسوف نتناول بالدراسة عزم القوي واتزان الأجسام إلى جانب الاحتكاك ومركز ثقل الأشكال المختلفة.

١-١ العزم Moment

١-١-١ عزم قوة حول نقطة

يعرف عزم القوة $\overrightarrow{F}$ حول نقطة O

بأنه مقدرة القوة على أحداث دوران للجسم التي تؤثر عليه حول النقطة O

وهو كمية متجهة $\overrightarrow{M_O}$ يكون اتجاهها عمودي علي المستوي الذي يحوي القوة $\overrightarrow{F}$ والنقطة O.

اما بالنسبة لمقداره فيمكن حسابه من خلال العلاقة:

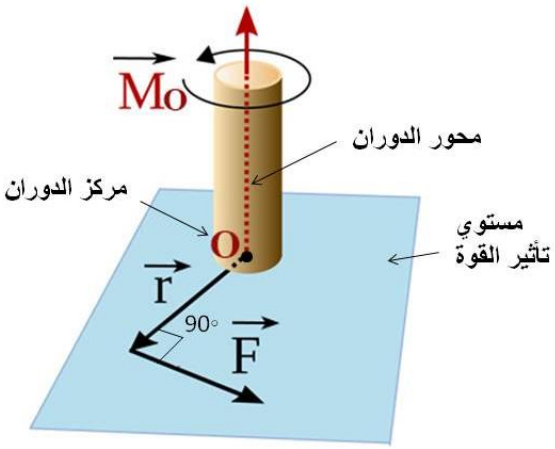
$$\|M_O\| = F \times r$$

حيث ان:

$\|M_O\|$: مقدار عزم القوة.

F: مقدار متجه القوة المؤثرة علي الجسم.

r: مقدار متجه ذراع العزم وهو البعد العمودي الساقط من محور دوران الجسم المار بالنقطة O علي خط عمل القوة $\overrightarrow{F}$



شكل رقم ١: عزم قوة حول نقطة

١-١-٢ خواص العزم

١- وحدة قياس العزم

∵ عزم القوة = القوة x طول ذراع العزم

∴ وحدة قياس العزم = وحدة قياس القوة x وحدة قياس الطول

وطبقا للنظام العالمي للوحدات : N x m = Nm

٢- اشارة متجه العزم

١. اذا كانت القوة $\overrightarrow{F}$ تعمل علي الدوران حول نقطة O في عكس اتجاه عقارب الساعة كانت اشارة متجهة العزم موجبة (+)

٢. اذا كانت القوة $\overrightarrow{F}$ تعمل علي الدوران حول نقطة O في اتجاه عقارب الساعة كانت اشارة متجهة العزم سالبة (-)

٣- العوامل التي يتوقف عليها العزم

يتوقف العزم علي ثلاثة عوامل :

١. القوة : كلما زادت القوة زادت معها قيمة عزم الدوران
٢. طول ذراع العزم : كلما زاد طول ذراع العزم زاد معها عزم الدوران
٣. الزاوية التي يصنعها ذراع العزم مع خط عمل القوة : فان القيمة العظمي لعزم القوة تتحقق عندما تساوي الزاوية ٩٠°.

هل تعلم ان :

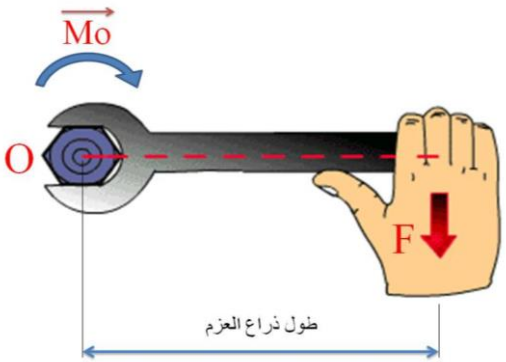
١. في حالة الاتزان يكون مجموع عزوم القوي حول محور الدوران يساوي صفر

$$\Sigma \overrightarrow{M_O} = 0$$

٢. مجموع عزوم عدة قوى مستوية متلاقية في نقطة بالنسبة لأي نقطة في الفراغ يساوى عزم محصلة هذه القوى بالنسبة للنقطة نفسها

مثال (١-١)

عامل يقوم بربط مسمار بواسطة مفتاح، فإذا كانت يد العامل تبعد مسافة ٠,٣ متر (r=0.3 m) عن محور دوران المسمار(O) وتؤثر يديه بقوة عمودية على المفتاح قيمتها ١٢٥ نيوتن (F=125 N) ، احسب العزم M_O.



شكل رقم ٢: مثال عن عزم القوة

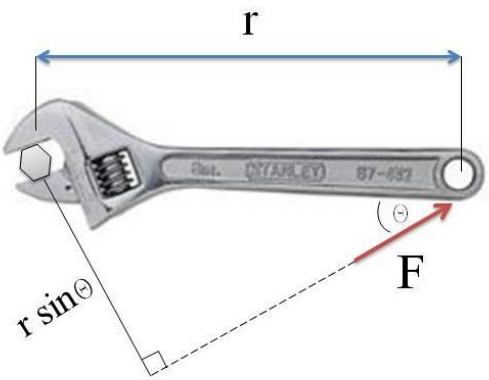
الحل

عزم القوة:

$$Mo = F \times r = 125 \times 0.3 = 37.5 \text{ Nm}$$

مثال (١-٢)

عامل يفك مسمار بواسطة مفتاح، فإذا كانت يد العامل تبعد مسافة ٠,٤ متر (r=0.4 m) عن محور دوران المسمار (O) وتؤثر يديه بقوة تميل بزاوية ٣٠° ($\theta=30^{o}$) على المفتاح قيمتها ١٠٠ نيوتن (F=100 N) ، احسب العزم M_O .



شكل رقم ٣: مثال آخر عن عزم القوة

الحل

عزم القوة:

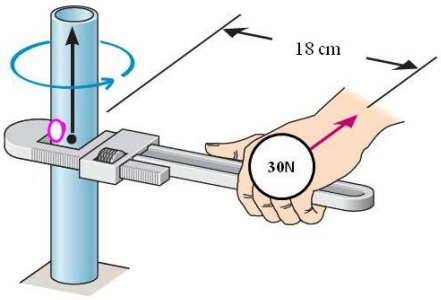
$$Mo = F \times r \times \sin 30 = 100 \times 0.4 \times \sin 30 = 20 \text{ Nm}$$

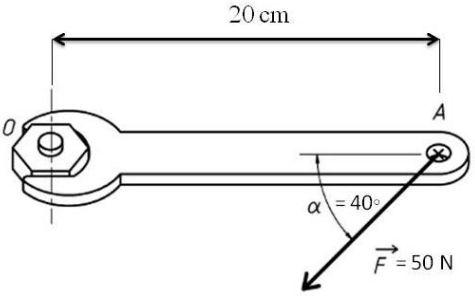
تحقق من فهمك (١-١)

١- أكمل ما يلي:

١. قوة مقدارها 50 N وتبعد 8 cm عن نقطة A. فإن معيار عزم القوة حول النقطة A يساوي .....

٢. **في الشكل المقابل:** معيار عزم القوة حول نقطة الأصل O يساوى



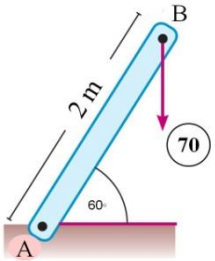


٣. إذا كان عزم قوة حول نقطة ما يساوى صفرا فإن ذلك يعنى .....

٤. إذا كان عزم القوة ثابتا فإن مقدار القوة يتناسب عكسيا مع .....

٢- في الشكل المقابل:

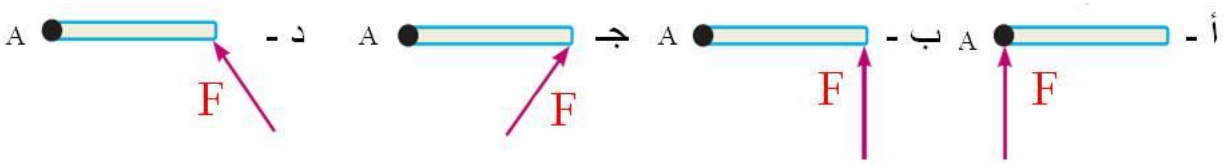
قضيب مثبت بمفصل عند A اثرت على الطرف B قوة رأسية لأسفل مقدارها 70N فإن معيار عزم القوة حول نقطة A يساوى .....



٣- اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

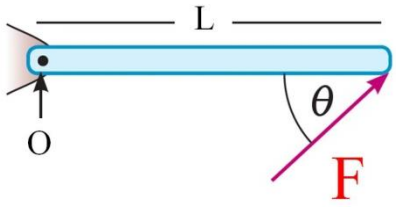
١. **الشكل المقابل** يمثل باب متصل بمفصل عند A. أثرت عليه القوة $\vec{F}$.

اى من الأشكال الآتية تكون القوة $\vec{F}$ لها أكبر عزم عند A



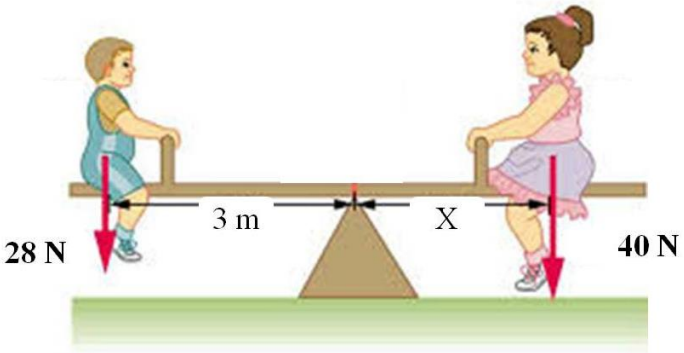
٢. قضيب طوله L يمكنه الدوران بسهوله حول النقطة O. اثرت على نهايته الأخرى قوة مقدارها $\vec{F}$ وتميل على القضيب بزاوية θ .

فاذا كانت $\vec{F}$ يجب أن تكون عمودية على القضيب فعلى أى بعد من مركز الدوران يمكن أن تؤثر القوة بحيث يكون لها نفس العزم .



أ- L sin θ ب- L cos θ جـ - L tan θ د - L

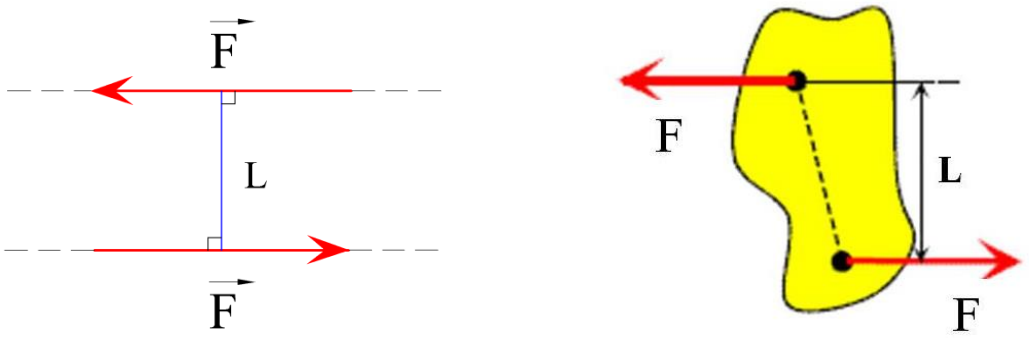
٣. طفلان وزنهما 28N ، 40N يتأرجحان علي أرجوحة ترتكز علي دعامة بين الطفلين، فانا جلس الطفل الأول علي بعد 3m من الدعامة، فأوجد بعد الطفل الثاني حتي تتزن الأرجوحة.



١-٢ الازدواج Couple

١-٢-١ تعريف الازدواج:

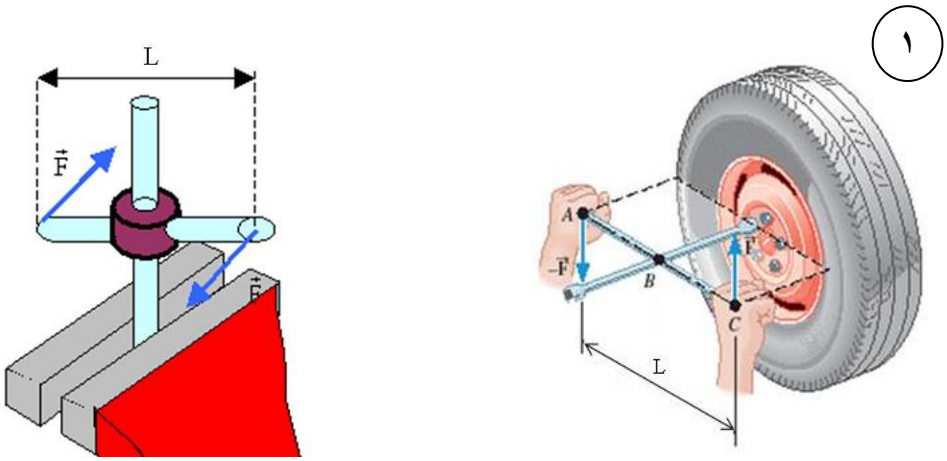
الازدواج هو نظام من القوى، يتكون من قوتين متوازيتين، متساويتين في المقدار ومتضادين في الاتجاه ولا يجمعهما خط عمل واحد.



شكل رقم ٤: الازدواج

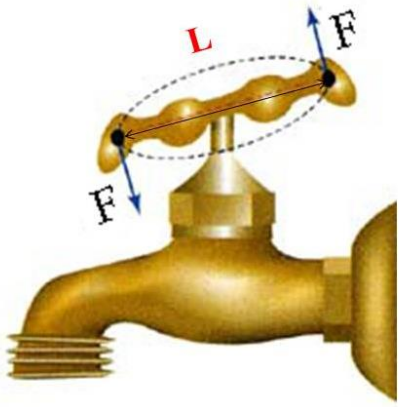
ومن أمثلة الازدواج:

١. القوتان اللتان نؤثر بهما عند ربط او فك مسمار بمفتاح عجل
٢. القوتان اللتان نؤثر بهما عند فتح او قفل صنبور الماء
٣. القوتان اللتان نؤثر بهما علي طارة السيارة لتغير اتجاها.

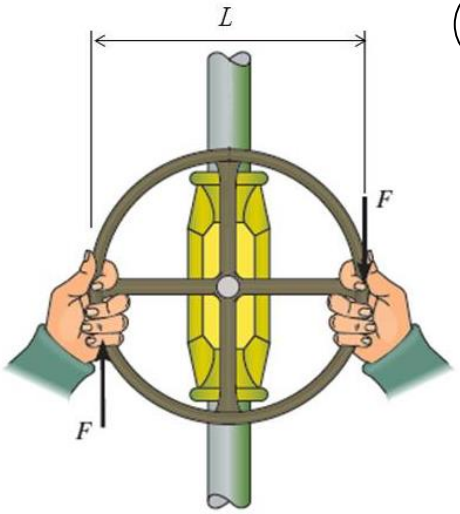


شكل رقم ٥: امثله عن الازدواج

٢



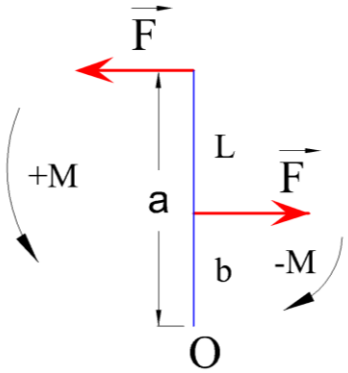
٣



شكل رقم ٦: امثله عن الازدواج

١-٢-٢ عزم الدوران للازدواج:

هو العزم الناتج عن مجموع عزمي قوتي الازدواج حول أي نقطة في الفراغ O.

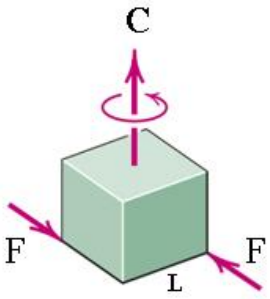


$$\Sigma M = Fxa - Fxb = F \times (a-b) = F \times l$$

شكل رقم ٧: عزم الدوران للازدواج

إستنتاج القوانين للإطلاع فقط وغير مطالب بها الطالب في الامتحان

ولذلك فان مقداره يساوى حاصل ضرب مقدار إحدى القوتين في البعد العمودي بينهما



$$C = F \times L$$

شكل رقم ٨: عزم الدوران للازدواج

حيث أن:

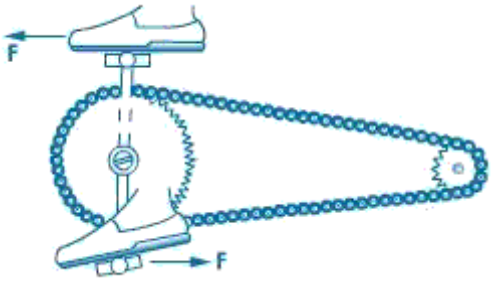
C : عزم دوران الازدواج ووحدة قياسه Nm

F: مقدار قوة من قوتي الازدواج ووحدة قياسه N

L: ذراع الازدواج ووحدة قياسه m

مثال (١-٣)

يقود شخص دراجته فتؤثر قدماه على بدال الدراجة بقوتان تنتجان ازدواج (C) يعمل على دوران البدال كما بالرسم، فإذا كان مقدار كل من القوتين ١٠٠ نيوتن (F=100 N) والمسافة العمودية بين البدالين ٣٠ سم (L=30cm) . أوجد عزم الازدواج.



شكل رقم ٩: مثال عن الازدواج

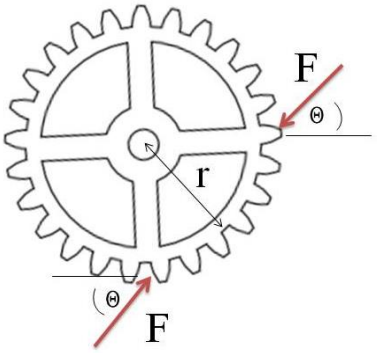
الحل

مقدار عزم الازدواج:

$$C = F \times L = 100 \times \frac{30}{100} = 30 \text{ Nm}$$

مثال (١-٤)

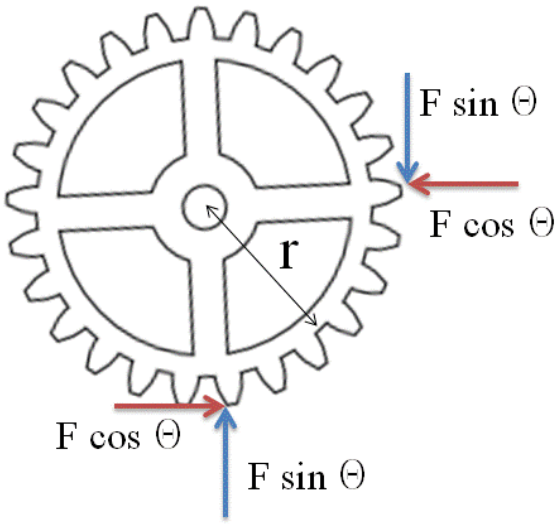
ترس نصف قطره ٠,٢ متر (r=0.2 m) تؤثر عليه قوتين تعملان علي دورانه قيمة كل منهما ٦٠٠ نيوتن (F = 600 N) وتميل كل منهما علي الأفقي بزاوية ٣٠° ($\theta = 30^o$) فتكون ازدواج كما هو موضح بالرسم .أوجد عزم الازدواج (C) المؤثر على الترس موضحا ذلك بالرسم.



شكل رقم ١٠: مثال آخر عن الازدواج

الحل

نحلل القوي إلى مركباتها السينية والصادية:



شكل رقم ١١: حل المثال

١. القوتان الأفقيتان (المركبات السينية للقوتان 600 N) يمثلان ازدواج مقدار عزمه

$$C_1 = F_x \times L = 600 \cos 30 \times 0.2 = 103.9 \text{ Nm}$$

٢. القوتان الرأسيتان (المركبات الصادية للقوتان 600 N) يمثلان ازدواج مقدار عزمه

$$C_2 = F_y \times L = -600 \sin 30 \times 0.2 = -60 \text{ Nm}$$

∴ عزم الازدواج المحصل =

$$C_1 - C_2 = 103.9 - 60 = 43.9 \text{ Nm}$$

تحقق من فهمك (١-٢)

١- أختر الإجابة الصحيحة

١. الازدواج هو:

أ. قوتان متوازيتان ومتساويتان في المقدار متحدتا الاتجاه.

ب. قوتان متعامدتان ومتساويتان في المقدار.

ج. قوتان متوازيتان ومتساويتان في المقدار وعلى خط عمل واحد.

د. قوتان متوازيتان ومتساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه وليستا على خط عمل واحد.

٢. أي من الشروط الآتية لا تغير من تأثير الازدواج على الجسم:

أ. إزاحة الازدواج إلى موضع جديد في مستواه .

ب. إزاحة الازدواج إلى مستوى آخر يوازى مستواه.

ج. دوران الازدواج في نفس مستواه.

د. كل ما سبق.

٣. القوتان المؤثرتان على عجلة قيادة السيارة وتحدثان دورانا لعجلة القيادة تكونان:

أ. احتكاكا.

ب. ازدواجا.

ج. قوة عمودية على عجلة القيادة

د. محصلة غير صفرية.

٤. لإحداث ازدواج من قوتين يجب أن تكون القوتان:

أ. متساويتين في المقدار .

ب. متضادتين في الاتجاه.

ج. ليسا على خط عمل واحد .

د. كل ما سبق.

٥. حاصل ضرب معيار إحدى قوتي الازدواج في ذراع الازدواج يسمى:

أ. محصلة الازدواج.

ب. عزم الازدواج.

ج. عزم إحدى قوتي الازدواج.

د. لا شيء مما سبق.

٦. إذا كان ازدواج معيار عزمه 350 Nm ومعيار إحدى قوتيه 70 N ، فإن طول ذراع عزم الازدواج يساوى:

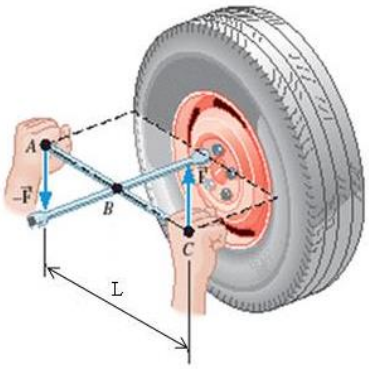
أ. 50 m

ب. 5 cm

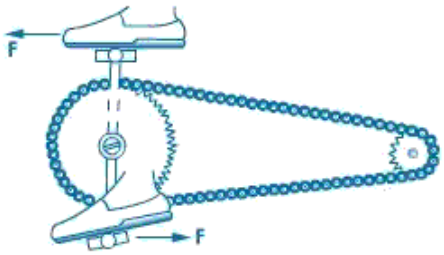
ج. 5 cm

د. 24500 cm

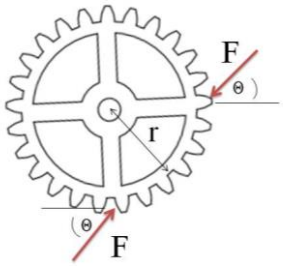
٢- يقوم شخص بربط صامولة عجلة سيارة باستخدام مفتاح ربط مؤثرا بازدواج قيمة كل من قوتيه F= 200 N وطول ذراع الربط L= 30 cm كما بالرسم، احسب عزم الازدواج.



٣- يقود شخص دراجة فتؤثر قدماه على بدال الدراجة بقوتان تنتجان ازدواج يعمل على دوران البدال كما بالرسم، فاذا كان مقدار كل من القوتين 70 N والمسافة العمودية بين البدالين 40 cm. أوجد عزم الازدواج.



٤- ترس نصف قطره 0.1 m تؤثر عليه قوتين تعملان علي دورانه قيمة كل منهما 150 N وتميل كل منهما علي الأفقي بزاوية $\theta = 45^{o}$ فتكون ازدواج كما هو موضح بالرسم . أوجد عزم الازدواج المؤثر على الترس موضحا إجابتك بالرسم.



١-٣ الاتزان Equilibrium

١-٣-١ تعريف الاتزان:

الاتزان هو حالة سكون الجسم وهي تنتج من تعادل القوي المؤثرة عليه مما يؤدي أن تكون محصلة القوي تساوي صفر.

وهذا يعني أن كل من مركبتي المحصلة السينية والصادية تساوي صفر.

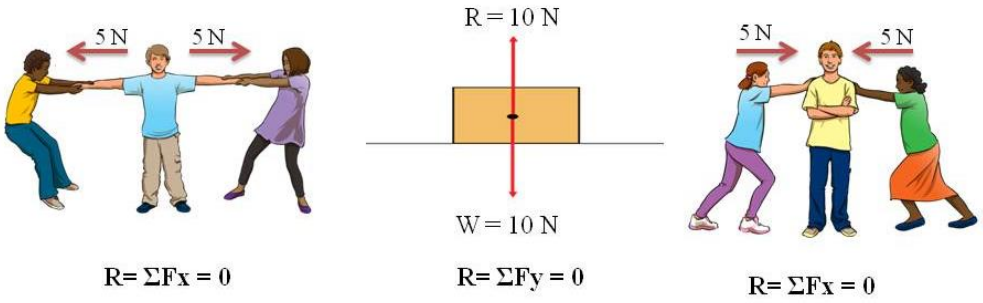
$$R = \Sigma F = 0$$

$$Rx = \Sigma Fx = 0 \quad \& \quad Ry = \Sigma Fy = 0$$

١-٣-٢ اتزان قوتين متلاقيتين في نقطة:

يتزن جسم تحت تأثير قوتين متلاقيتين في نقطة، فقط إذا كانت القوتان:

١. متساويتين في المقدار.
٢. متضادين في الاتجاه.
٣. خط عملهما على استقامة واحدة.



شكل رقم ١٢: اتزان قوتين متلاقيتين في نقطة

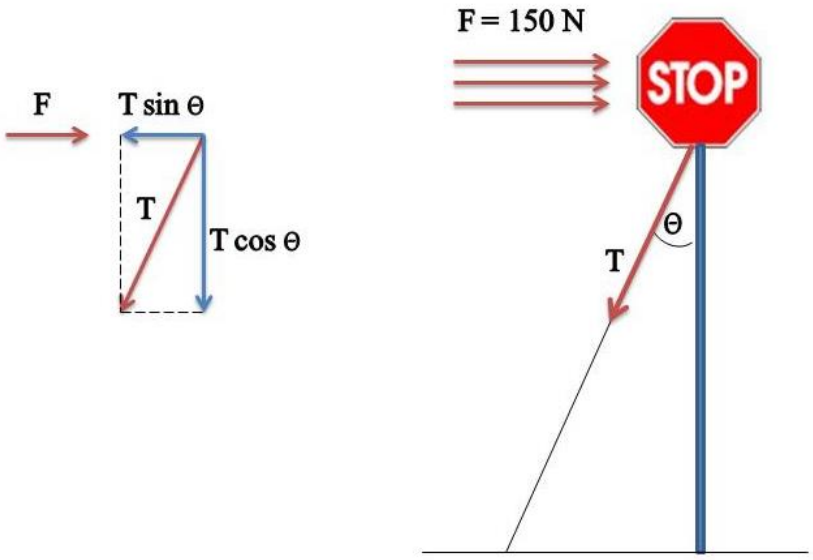
مثال (١-٥)

لوحة مرور تتعرض لقوة دفع رياح مقدارها ١٥٠ نيوتن (F=150 N) ولكي لا تنجرف اللوحة ربطت بأحد طرفي سلك معدني والطرف الأخر مثبت في الأرض ويميل علي الاتجاه الرأسي بزاوية ٣٠° $(\theta = 30^o)$

كما هو موضح بالشكل، أوجد موضحا بالرسم:

١. قيمة قوة الشد في السلك (T)
٢. قيمة القوة التي تساعد تثبيت اللوحة بالأرض نتيجة ربط السلك

الحل



شكل رقم ١٣: مثال عن اتزان قوتين متلاقيتين في نقطة

١. قيمة قوة الشد في السلك

∵ اللوحة لا تنجرف

∴ هي متزنة $R = \Sigma F_x = 0$

∴ $F = T \sin \theta = T \sin 30^\circ = 150\ N$

∴ $T = \frac{150}{\sin 30^o} = 300\ N$

٢. قيمة القوة التي تساعد تثبيت اللوحة بالأرض نتيجة ربط السلك

$$= T \cos 30^\circ = 300 \times \cos 30^\circ = 519.62\ N$$

مثال (١-٦)

إذا كانت القوة التي مقدارها F تتزن مع قوتان مقدارهما ٥ نيوتن ($F_1=5N$) و٣ نيوتن ($F_2=3N$) واللتان تحصران بينهما زاوية قياسها ٦٠° ($\theta=60^o$). أوجد مقدار القوة F موضحا إجابتك بالرسم.

الحل

∵ القوة F تتزن مع القوتين 5N و 3N

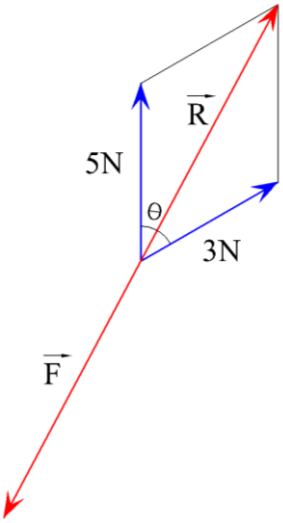
∴ هي تتزن مع محصلتهما بحيث R= F

∴ محصلة القوتان =

$$R = \sqrt{F_1^{\,2} + F_2^{\,2} + 2F_1F_2\cos\theta}$$

$$R = \sqrt{5^2 + 3^2 + 2x5x3x\cos 60^\circ} \quad = 7\ N$$

$$F = R = 7\ N \quad \therefore$$



شكل رقم ١٤: مثال آخر عن اتزان قوتين متلاقيتين في نقطة

١-٣-٣ اتزان مجموعة من القوي المستوية المتوازية:

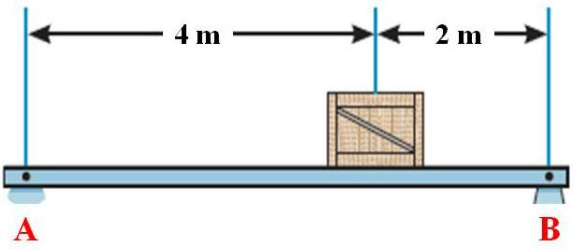
يتزن جسم تحت تأثير مجموعة من القوي المستوية المتوازية، فقط إذا تحقق أن:

١. مجموع القياسات الجبرية لهذه القوى يساوى صفرا. $\Sigma F=0$

٢. مجموع القياسات الجبرية لعزوم هذه القوى حول أي نقطة في مستويها يساوى صفرا. $\Sigma M=0$

مثال (١-٧)

لوح خشبي يزن ٣٠ نيوتن (W_1=30 N) لكل متر من طوله يرتكز في وضع أفقي علي حاملين A, B ويحمل صندوق وزنه ٢٤٠ نيوتن (W_2=240 N) . أوجد رد فعل كل حامل (R) موضحا إجابتك بالرسم.



شكل رقم ١٥: مثال عن اتزان مجموعة من القوي المستوية المتوازية

الحل

∵ اللوح الخشبي طوله = 6 m ويزن 30 N لكل متر

∴ وزن اللوح الخشبي = 30 x 6 = 180 N ويؤثر في منتصف طوله.

∵ اللوح الخشبي متزن (لا يتحرك وفي حالة سكون)

وبفرض ردي الفعل عند الحاملين A و B هما R_A و R_B علي الترتيب

∴ أولا: مجموع القياسات الجبرية للقوي الرأسية يساوى صفرا. $\Sigma F_y = 0$

$$\Sigma F_y = R_A - 180 - 240 + R_B = 0$$

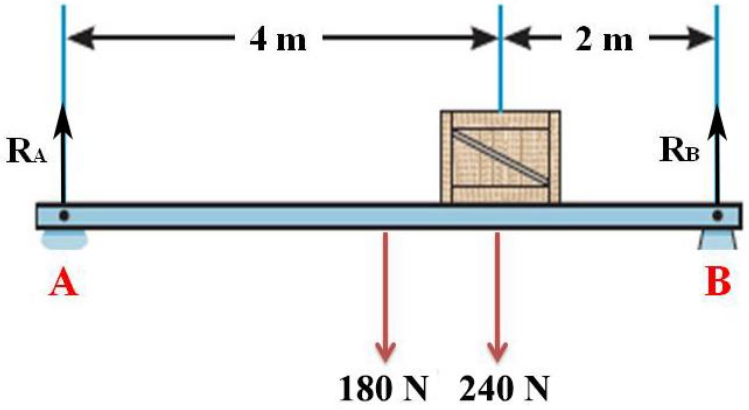
$$R_A + R_B = 180+240 = 420 \text{ N}$$

ثانيا: مجموع القياسات الجبرية لعزوم هذه القوى حول نقطة A يساوى صفرا. $\Sigma M_A=0$

$$\Sigma M_A = -180 \times 3 - 240 \times 4 + R_B \times 6 = 0$$

$$R_B = \frac{180\ x\ 3 + 240\ x\ 4}{6} = 250 \text{ N}$$

$$R_A = 420 - RB = 420 - 250 = 170 \text{ N} \quad \therefore$$

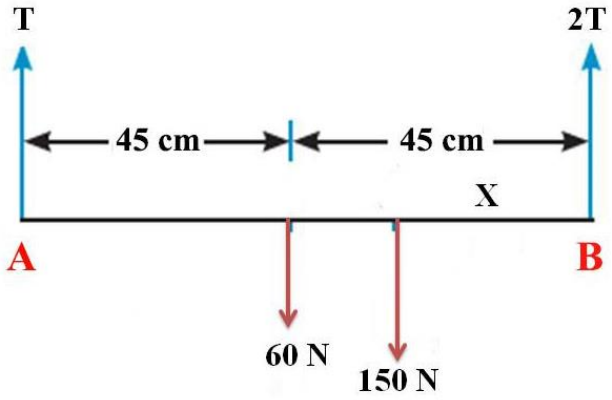


شكل رقم ١٦: حل المثال

مثال (١-٨)

$\overline{AB}$ قضيب منتظم طوله ٩٠ متر (L=90 m) ووزنه ٦٠ نيوتن (W_1=60 N) معلق في وضع افقي بخيطين رأسيين من طرفيه A,B

اين يعلق ثقل مقدار وزنه ١٥٠ نيوتن (W_2=150 N) حتي يكون مقدار الشد (T) عند B ضعف مقدار الشد عند A موضحا إجابتك بالرسم.



شكل رقم ١٧: مثال آخر عن اتزان مجموعة من القوي المستوية المتوازية

الحل

بفرض أن الثقل 150 N يبعد عن النقطة A مسافة X.

وان الشد عند A يساوي T وعند B يساوي 2T.

∵ اللوح القضيب متزن

∴ أولا: مجموع القياسات الجبرية للقوي الرأسية يساوى صفرا. $\Sigma F_Y = 0$

$$\Sigma F_y = T - 60 - 150 + 2T = 0$$

$$3T = 210 \quad \& \quad T = 70 \text{ N}$$

ثانيا: مجموع القياسات الجبرية لعزوم هذه القوى حول نقطة B يساوى صفرا. $\Sigma M_B = 0$

$$\Sigma M_B = 150X + 60 \times 45 - 70 \times 90 = 0$$

$$X = \frac{70\,x\,90 - 60\,x\,45}{150} = 24 \text{ cm}$$

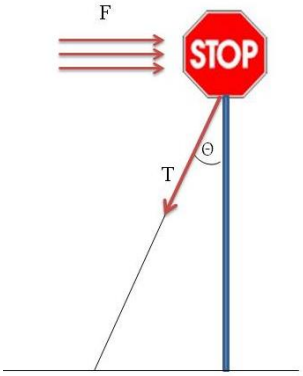
تحقق من فهمك (١-٣)

١- أكمل:

- يتزن جسم تحت تأثير قوتين إذا كان .....، .....، .....
- إذا كانت القوة التي مقدارها $\vec{F}$ متزنة مع قوتين متعامدتين مقدارهما 3N، 4N فان مقدار $\vec{F}$ تساوي .....
- مجموع عزوم عدة قوى متوازية ومستوية حول نقطة يساوى .....

٢- لوحة مرور تتعرض لقوة دفع رياح مقدارها 80 N ولكي لا تنجرف اللوحة ربطت بأحد طرفي سلك معدني والطرف الأخر مثبت في الأرض ويميل علي الاتجاه الرأسي بزاوية $\theta = 25^o$، كما هو موضح بالشكل، أوجد:

- قيمة قوة الشد في السلك
- قيمة القوة التي تساعد تثبيت اللوحة بالأرض نتيجة ربط السلك موضحا إجابتك بالرسم.



٣- AB قضيب منتظم طوله 100 cm ووزنه 10N يؤثر في منتصفه، يرتكز أفقيا على حاملين أحدهما عند A والآخر عند نقطة على بعد 25 cm من B، أوجد الثقل الذي يجب تعليقه عند الطرف B ليكون قيمة رد الفعل عند A ستة أضعاف رد الفعل الحامل عند A. ثم أوجد رد فعل كل حامل في هذه الحالة موضحا إجابتك بالرسم

٤- لوحة مرور تتعرض لقوة دفع رياح مقدارها ١٢٠ نيوتن (F=120 N) ولكي لا تنجرف اللوحة ربطت بأحد طرفي سلك معدني والطرف الأخر مثبت في الأرض ويميل علي الاتجاه الرأسي بزاوية ٦٠° $(\theta = 60^o)$

أوجد موضحا بالرسم:

- قيمة قوة الشد في السلك (T)

قيمة القوة التي تساعد تثبيت اللوحة بالأرض نتيجة ربط السلك

٥- إذا كانت القوة التي مقدارها F تتزن مع قوتان مقدارهما ١٠ نيوتن (F_1=10N) و٢٠ نيوتن (F_2=20N) واللتان تحصران بينهما زاوية قياسها ٦٠° ($\theta=60^o$). أوجد مقدار القوة F موضحا إجابتك بالرسم.

٦- لوح خشبي يزن ١٠٠ نيوتن (W_1=100 N) لكل متر من طوله يرتكز في وضع أفقي على حاملين A, B ويحمل صندوق وزنه ٣٠٠ نيوتن (W_2=240 N). أوجد رد فعل كل حامل (R) موضحا إجابتك بالرسم.

١-٤ الاحتكاك Friction

١-٤-١ تعريف الاحتكاك

الاحتكاك هو مقاومة الحركة التي قد تحدث بين جسمين ينزلق كل منهما علي الأخر.

١-٤-٢ فوائد الاحتكاك

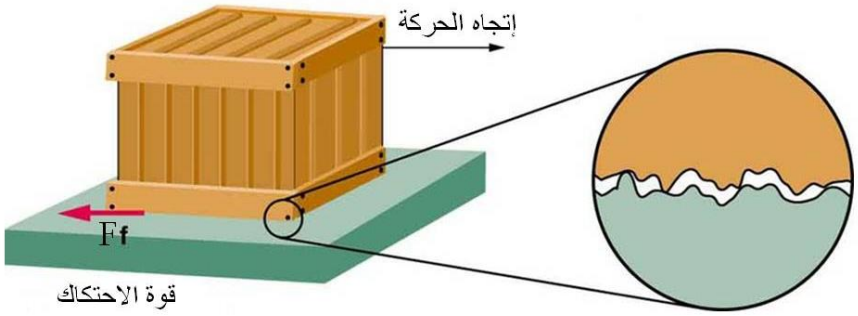
١. تمكين المخلوقات من المشي علي اليابسة نتيجة لقوي الاحتكاك الناشئة بين أقدامها والأرض.
٢. تمكين عجلات السيارة من التحرك على الطريق، لان حركتها تعتمد على الاحتكاك بينها وبين الأرض.
٣. تمكين عجلات القاطرة من الإمساك بقضبان السكك الحديدية .
٤. تمكين الآلات التي تعتمد في عملها على السيور من أداء وظيفتها.

١-٤-٣ أضرار الاحتكاك

رغم فوائد الاحتكاك العديدة إلى أن له بعض الأضرار الغير مرغوب فيها ونذكر منها على سبيل المثال التسبب في تآكل الأسطح المتلامسة التي تتعرض للاحتكاك

١-٤-٤ السطوح الملساء والسطوح الخشنة

يفسر العلماء منشأ قوى الاحتكاك بين الأجسام إلى وجود نتوءات وتجويفات مجهرية في سطوح الأجسام مهما بلغت نعومتها وينتج عن تداخل هذه النتوءات والتجويفات لكل من السطحين المتلامسين ما يسمى بقوة الاحتكاك وبالتالي نجد مقاومة عند محاولة تحريك أحد السطحين على السطح الأخر.



شكل رقم ١٨: قوة الاحتكاك

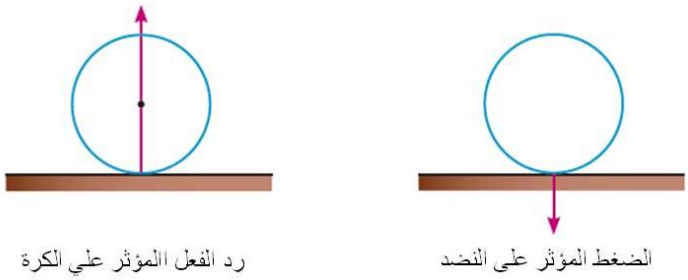
١-٤-٥ معامل الاحتكاك

معامل الاحتكاك يعتبر مقياسا لدرجة خشونة الأسطح، فإذا ازدادت قيمة معامل الاحتكاك ازدادت الخشونة والعكس صحيح، وإذا ساوى معامل الاحتكاك الصفر انعدمت قوى الاحتكاك تماما.

ويعرف علي أنه "النسبة بين الاحتكاك السكوني النهائي ورد الفعل العمودي".

رد الفعل: هو نوع من القوى ينشأ عند تلامس جسمين.

فإذا وضعت كرة على نضد فإن النضد يؤثر على الكرة عند نقطة التماس بقوة تسمى برد فعل النضد على الكرة. كما تؤثر الكرة على النضد بقوة مضادة تسمى ضغط الكرة على النضد والقوتان متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه.



شكل رقم ١٩: رد الفعل

يتوقف رد الفعل على طبيعة الجسمين المتلامسين كما يتوقف على القوى المؤثرة الأخرى على الجسم، ففي حالة:

١. السطوح الملساء يكون رد الفعل عموديا F_N على سطح التماس المشترك للجسمين المتلامسين
٢. السطوح الخشنة يكون لرد الفعل مركبة في اتجاه سطح التماس وتسمى بالاحتكاك السكونى F_f ومركبة عمودية على سطح التماس تسمى برد الفعل العمودي F_N

شكل رقم ٢٠: رد فعل السطوح الملساء والخشنة

١-٤-٦ أنواع الاحتكاك

ينقسم الاحتكاك بين الأسطح المتلامسة إلي

١- الاحتكاك السكوني (قوة الاحتكاك النهائية - قوة الاحتكاك الإستاتيكي)

وهو قوة المقاومة بين سطحين متلامسين لا ينزلقان على بعضهما في حالة السكون.

٢- الاحتكاك الحركي (الديناميكي)

وهو قوة المقاومة بين سطحين متلامسين عندما ينزلقان على بعضهما في حالة الحركة.

مثال توضيحي

عندما تحاول تحريك صندوق كبير موضوع على الأرض من حالة سكون فإن قوة مقاومة الحركة التي تشعر بها في لحظة بدء الحركة هي قوة **الاحتكاك السكوني**

وبعد تجاوز الاحتكاك السكوني عند البدء بتحريك الجسم فإن مقاومة الحركة التي تستمر بعد ذلك هي قوة **الاحتكاك الحركي**.

شكل رقم ٢١: مثال عن الاحتكاك السكوني والحركي

خواص الاحتكاك السكوني

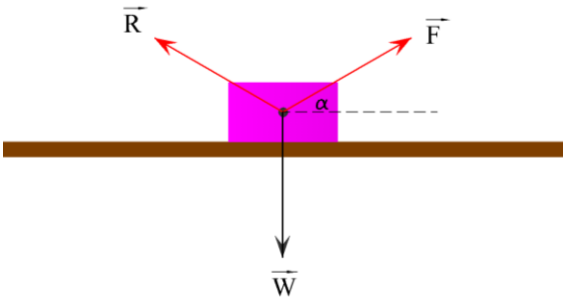
١. تعمل قوة الاحتكاك السكوني F_f على معاكسة الانزلاق فتكون فى اتجاه مضاد للاتجاه الذي يميل الجسم إلى الانزلاق فيه.
٢. قوة الاحتكاك السكوني F_f تكون مساوية في المقدار للقوة المماسية F التي تعمل على تحريك الجسم
٣. معامل الاحتكاك السكوني μ يعتمد علي مدي خشونة الاسطح المتلامسة ويساوي مقداره

$$\mu = \frac{F_f}{F_N}$$

١-٤-٧ اتزان جسم على مستوي أفقي خشن

إذا وضع جسم وزنه W على مستوى أفقي خشن وأثرت عليه قوة مقدارها F تميل على الأفقي لأعلى بزاوية قياسها α فإن الجسم في وضع التوازن يكون متزنا تحت تأثير القوى:

١. قوة الوزن $\overrightarrow{W}$ رأسيا لأسفل ومقدارها W
٢. قوة رد الفعل المحصل $\overrightarrow{R}$ ومقدارها R
٣. القوة $\overrightarrow{F}$ ومقدارها F

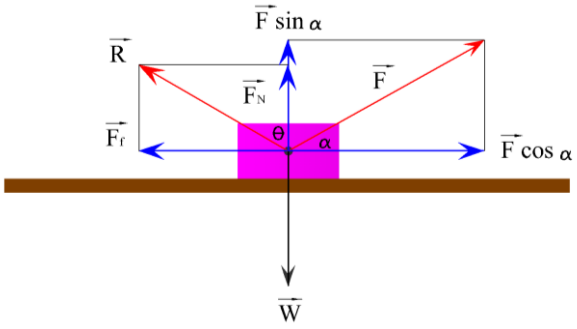


شكل رقم ٢٢: اتزان جسم علي مستوي أفقي خشن

وبتحليل القوة $\vec{F}$ الى مركبتيها السينية والصادية فإن مقدارهما علي الترتيب هو $F\cos\alpha$ ، $F\sin\alpha$

وبتحليل رد الفعل المحصل $\vec{R}$ إلى مركبتيها السينية والصادية فإن مقدارهما علي الترتيب هو $R\cos\theta$ والتي تمثل قوة الاحتكاك السكوني F_f ، $R\sin\theta$ والتي تمثل قوة رد الفعل العمودي F_N

وفي هذه الحالة تسمي الزاوية θ المحصورة بين رد الفعل المحصل $\vec{R}$ ورد الفعل العمودي F_N بزاوية الاحتكاك السكوني.



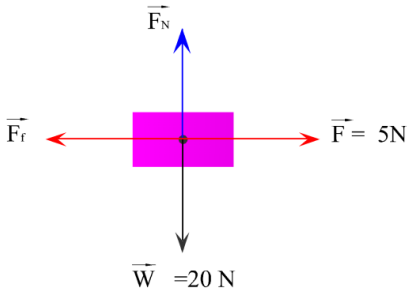
شكل رقم ٢٣: تحليل قوي اتزان جسم علي مستوي أفقي خشن

فتكون معادلتا اتزان الجسم هما:

$$\Sigma F_y = 0 \quad W = F_N + F\sin\theta \qquad \& \qquad \Sigma F_x = 0 \quad F_f = F\cos\theta$$

مثال (١-٩)

وضع جسم وزنه ٢٠ نيوتن (W=20 N) علي مستوي أفقي خشن، فإذا كانت القوة الأفقية التي تجعله علي وشك الحركة مقدارها ٥ نيوتن (F=5 N) . أوجد معامل الاحتكاك بين الجسم والمستوي موضحا إجابتك بالرسم.



شكل رقم ٢٤: مثال عن اتزان جسم علي سطح افقي خشن

الحل

∵ F = 5N & W = 20 N

∵ شروط اتزان الجسم علي سطح افقي خشن هما $\Sigma F_x = 0$ & $\Sigma F_y = 0$

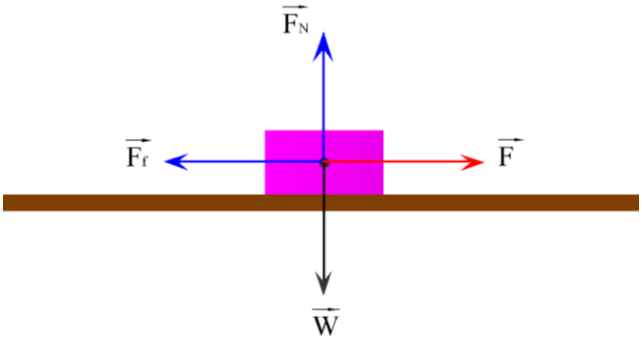
∴ $F = F_f$ & $W = F_N$

∴ $F = F_f = 5$ N & $F_N = W = 20$ N

∴ معامل الاحتكاك $\mu = \frac{F_f}{F_N} = \frac{5}{20} = 0.25$

مثال (١-١٠)

يدفع كريم صندوقا ممتلئا بالكتب إلى سيارته، فإذا كان وزن الصندوق والكتب ١٢٤ نيوتن (W=124 N) ومعامل الاحتكاك السكونى بين الطريق والصندوق٠,٤٥ (μ = 0.45) فما هي مقدار القوة (F) التى يدفع بها كريم الصندوق حتى يكون على وشك الحركة. وضح إجابتك بالرسم.



شكل رقم ٢٥: مثال آخر عن اتزان جسم علي سطح افقي خشن

الحل

∵ $\mu = \frac{F_f}{F_N}$ = 0.45 & W = 124 N

∵ شروط اتزان الجسم علي سطح افقي خشن هما $\Sigma F_x = 0$ & $\Sigma F_y = 0$

∴ $F = F_f$ & $W = F_N$

∴ $W = F_N$ = 124 N

∴ قوة الدفع $F = F_f = 0.45 \times F_N = 0.45 \times 124 = 55.8$ N

١-٤-٨ اتزان جسم على مستوى مائل خشن

اذا وضع جسم على مستوى خشن يميل على الأفقي بزاوية قياسها θ فان الجسم يكون متزنا على المستوى تحت تأثير قوتين:

١. قوة الوزن $\overrightarrow{W}$ وتعمل رأسيا لأسفل ومقدارها W
٢. قوة رد الفعل المحصل $\overrightarrow{R}$ ومقدارها R

ومن شروط الاتزان نستنتج ان:

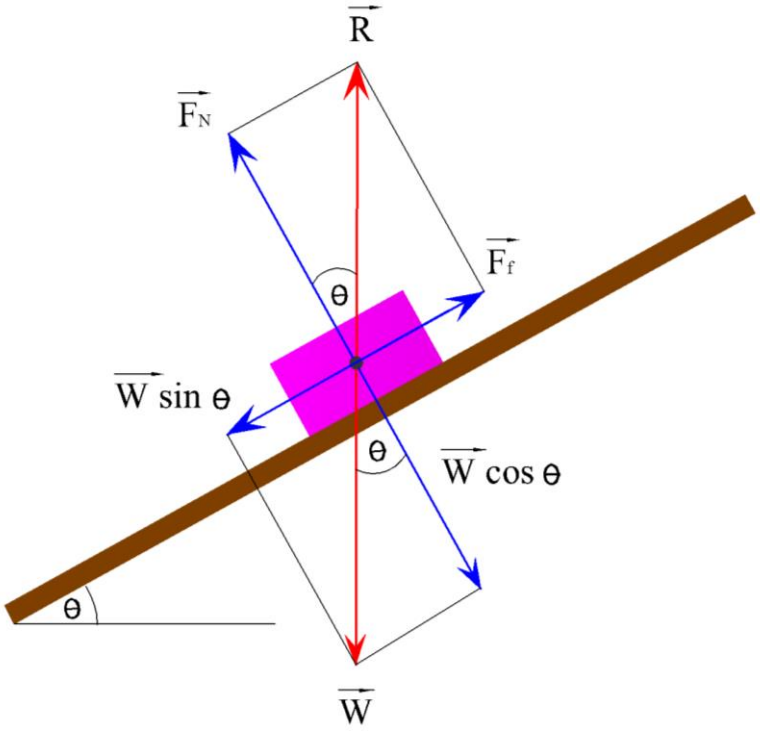
١. رد الفعل المحصل يعمل رأسيا لأعلي عكس اتجاه قوة الوزن وهو مساوي لها في المقدار

$R = W$

٢. قوة الاحتكاك تعمل في اتجاه عكس حركة الجسم المحتملة وهي تساوي في المقدار مركبة الوزن الموازية لميل للمستوي التي تساعد علي انزلاق الجسم $F_f = W \sin \theta$.

إذا وضع جسم على مستوي مائل خشن وكان الجسم على وشك الحركة فإن قياس زاوية الاحتكاك السكونى يساوى قياس زاوية ميل المستوى على الأفقي.

وفي هذه الحالة معامل الاحتكاك السكوني يعطي من العلاقة: $\mu = \tan \theta$

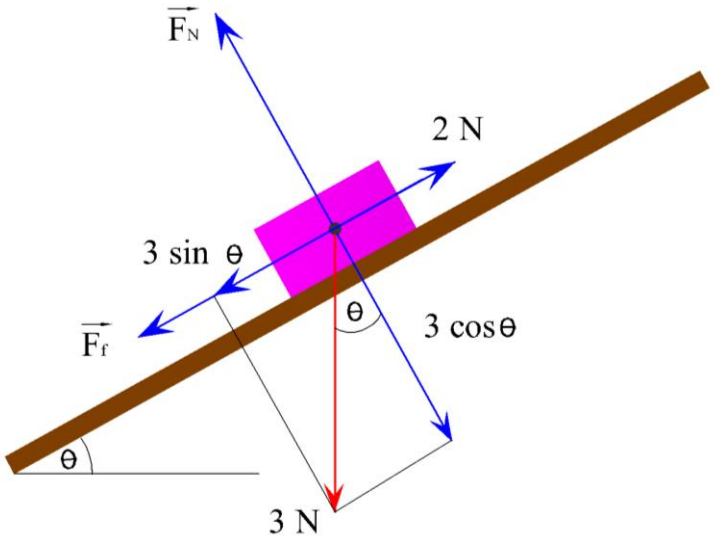


شكل رقم ٢٦: اتزان جسم علي سطح مائل خشن

مثال (١-١١)

وضع جسم وزنه ٣ نيوتن (W=3 N) على مستوى يميل على الأفقي بزاوية قياسها ٣٠° (θ =30°) ومعامل الاحتكاك السكوني بينه وبين الجسم يساوى ($\mu = \frac{2}{3}$). أثرت على الجسم قوة تعمل في خط أكبر ميل للمستوى ولأعلى ومقدارها ٢ نيوتن (F=2 N)، فإذا كان الجسم متزنا عين قوة الاحتكاك موضحا إجابتك بالرسم.

الحل



شكل رقم ٢٧: مثال عن اتزان جسم علي سطح مائل خشن

بتحليل وزن الجسم 3N إلى مركبتين في اتجاه ميل المستوى والعمودي عليه نستنتج ان

١. مقدار المركبة المماسية فى اتجاه ميل المستوى إلى أسفل هو 3 sin θ

٢. مقدار المركبة العمودية علي المستوي هو 3 cos θ

وبالمقارنة بين مقدار المركبة المماسية للوزن 3 sin θ والقوة التي تؤثر علي الجسم لاعلي والتي قيمتها 2N

نجد أن (3 sin θ = 1.5 N) > 2 N

لذلك فإن الجسم يميل إلى التحرك لأعلى المستوى ولذلك يجب أن تكون قوة الاحتكاك F_f فى عكس الاتجاه أي في اتجاه ميل للمستوى لأسفل

∴ قوة الاحتكاك: $F_f = 2-1.5 = 0.5$ N

واتجاها موازي لميل المستوي لأسفل.

تحقق من فهمك (١-٤)

١- أكتب المصطلح العلمي لكل من:

- قوة بين سطحين متلامسين تتناسب طرديا مع القوة العمودية الضاغطة بين هذين السطحين
- قوة الاحتكاك عندما يكون الجسم على وشك الحركة
- النسبة بين الاحتكاك السكوني النهائي ورد الفعل العمودي

٢- ضع علامة (√) أو (X) مع التصحيح .

- يتوقف معامل الاحتكاك بين جسمين على شكليهما وكتلتيهما.
- تسمى النسبة بين مقداري قوة الاحتكاك السكوني النهائي ورد الفعل العمودي بمعامل الاحتكاك.
- إذا وضع جسم على مستوى مائل خشن وكان على وشك الانزلاق فإن معامل الاحتكاك السكوني بين الجسم والمستوى يساوى قياس زاوية ميل المستوى على الأفقي.
- إذا وضع جسم على مستوى مائل خشن وكان على وشك الانزلاق فإن قياس زاوية الاحتكاك يساوى قياس زاوية ميل المستوى على الأفقي.
- زاوية الاحتكاك هي الزاوية المحصورة بين قوة الاحتكاك النهائي وقوة رد الفعل المحصل

٣- اختر الإجابة الصحيحة

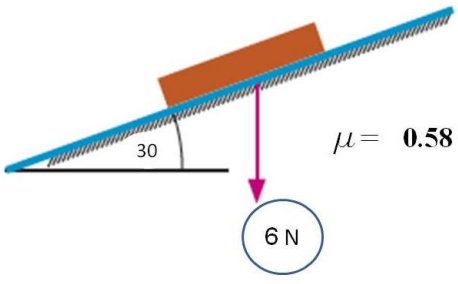
- في الشكل المقابل: إذا كان الجسم على وشك الانزلاق لأسفل فإن قوة الاحتكاك النهائي تساوى:

أ. 3

ب. $2\sqrt{3}$

ج. $3\sqrt{3}$

د. 9



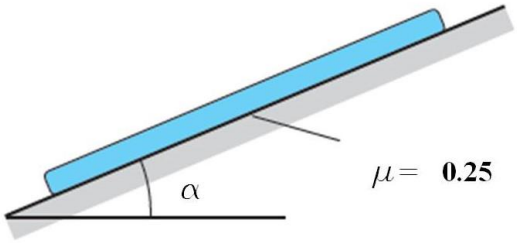
- في الشكل المقابل: الجسم على وشك الانزلاق أسفل المستوى فيكون قياس الزاوية α

أ. 14.04^{o}

ب. 14.48^{o}

ج. 75.52^{o}

د. 75.87^o



٤- وضع جسم وزنه 18 N على مستوي أفقي خشن، معامل الاحتكاك بينه وبين الجسم 0.5. أوجد اقل قوة أفقية تجعل الجسم على وشك الحركة موضحا إجابتك بالرسم.

٥- وضع جسم وزنه 20 N على مستوي أفقي خشن. فاذا كانت اقل قوة أفقية تجعله علي وشك الحركة مقدارها 5N. أوجد معامل الاحتكاك بين الجسم والمستوي موضحا إجابتك بالرسم.

٦- وضع جسم وزنه 400N على مستوى يميل على الأفقي بزاوية قياسها 30^o ومعامل الاحتكاك بينه وبين الجسم يساوى 0.43. أثرت على الجسم قوة مقدارها 50N في اتجاه ميل المستوي ولأعلي.
فإذا كان الجسم متزنا فعين قوة الاحتكاك موضحا إجابتك بالرسم.

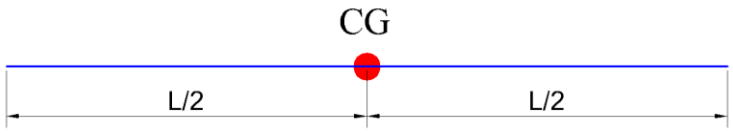
١-٥ مركز الثقل Center of Gravity

١-٥-١ تعريف مركز الثقل CG

هو نقطة ثابته في الجسم يمر بها خط عمل وزن الجسم ويكون عزم قوة وزن الجسم عند هذه النقطة يساوي صفر.

١-٥-٢ مركز ثقل بعض الاشكال المشهورة

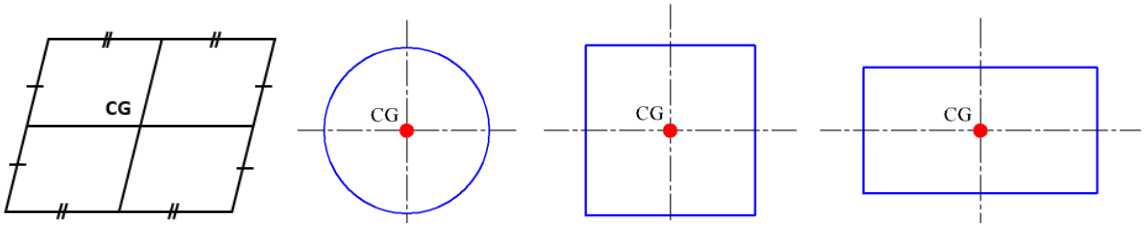
١. مركز ثقل قضيب رفيع منتظم هو نقطة تقع عند منتصف طوله.



شكل رقم ٢٨ : مركز ثقل قضيب رفيع منتظم

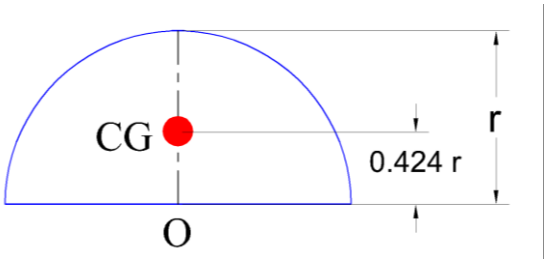
٢. مركز ثقل صفيحة رقيقة علي شكل مربع، مستطيل، متوازي اضلاع هو نقطة تقاطع منصفات اضلاعه المتقابله

٣. مركز ثقل صفيحه رقيقة علي شكل دائرة هو مركزها الهندسي.



شكل رقم ٢٩: مركز ثقل صفيحة رقيقة علي شكل مستطيل، مربع ودائرة

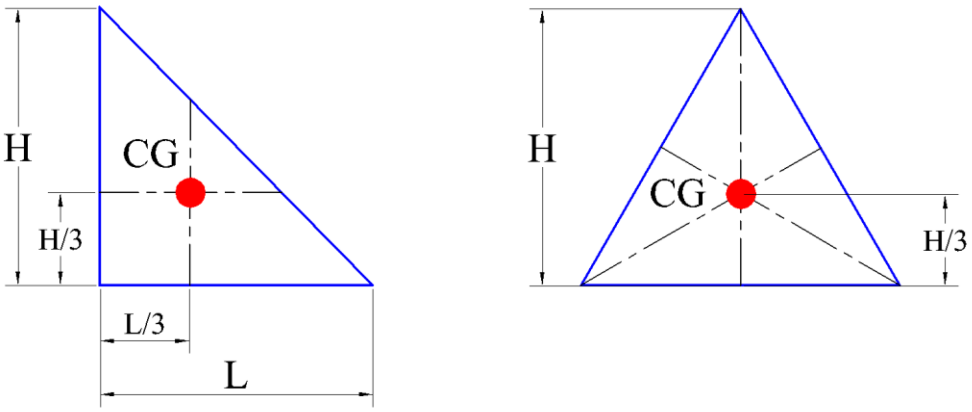
٤. مركز ثقل صفيحه رقيقة علي شكل نصف دائرة نصف قطرها r هو نقطة تقع علي محورها بحيث يبعد عن مركزها بمسافة تساوي 0.424 x r



شكل رقم ٣٠: مركز ثقل صفيحه رقيقة علي شكل نصف دائرة

٥. مركز ثقل صفيحة رقيقة علي شكل مثلث هو نقطة تقاطع متوسطاته.

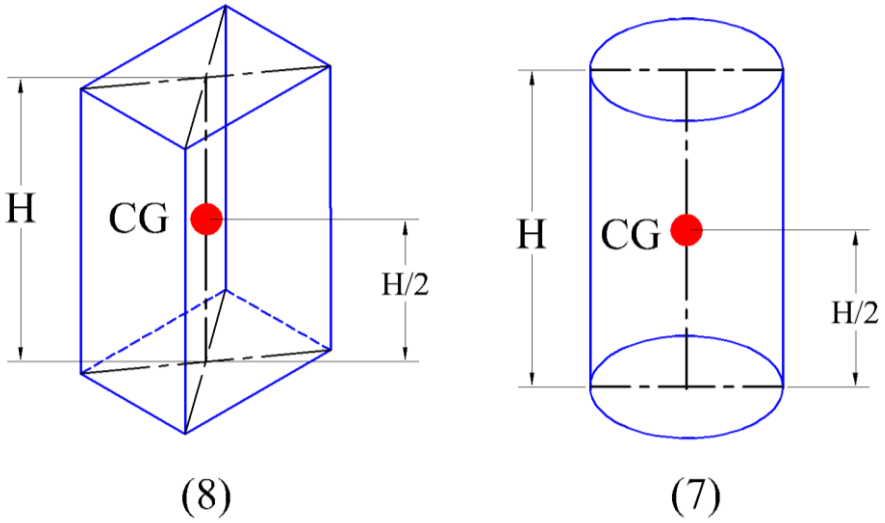
٦. إحداثيات مركز ثقل صفيحة رقيقة علي شكل مثلث قائم الزاوية طول قاعدته L وارتفاعه H هو $(\frac{L}{3}, \frac{H}{3})$



شكل رقم ٣١ : مركز ثقل صفيحة رقيقة علي شكل مثلث

٧. مركز ثقل الاسطوانه هو النقطة التي تنصف المحور الذي يصل مركزي ثقل قاعدتيها.

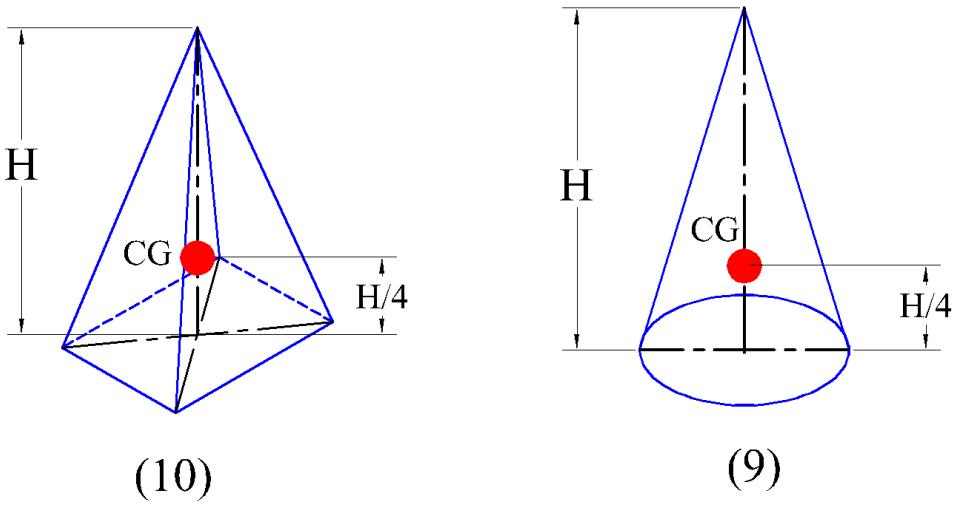
٨. مركز ثقل المنشور هو النقطة التي تنصف المحور الذي يصل مركزي ثقل قاعدتيها.



شكل رقم ٣٢ : مركز ثقل الاسطوانة والمنشور

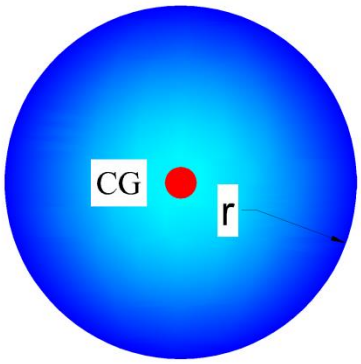
٩. مركز ثقل المخروط يقع على المحور الذي يصل بين قمتة ومركز ثقل قاعدته، عند ربع المسافة من القاعدة.

١٠. مركز ثقل الهرم يقع على المحور الذي يصل بين قمتة ومركز ثقل قاعدته، عند ربع المسافة من القاعدة.



شكل رقم ٣٣: مركز ثقل المخروط والهرم

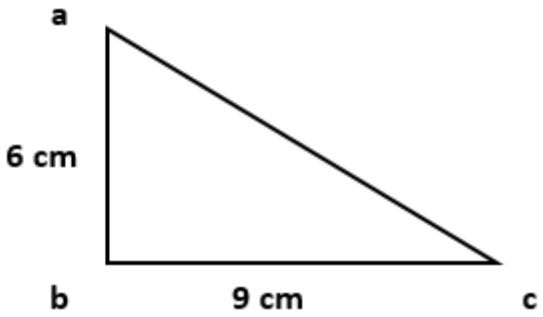
١١. مركز ثقل الكره مركزها الهندسي.



شكل رقم ٣٤: مركز ثقل الكره

امثلة على مركز الثقل

١. في الشكل المقابل عين مركز الثقل:



الحل

$$CG = \left(\frac{L}{3}, \frac{H}{3}\right) = \left(\frac{9}{3}, \frac{6}{3}\right) = (3, 2)$$

٢. في الشكل المقابل عين مركز الثقل:

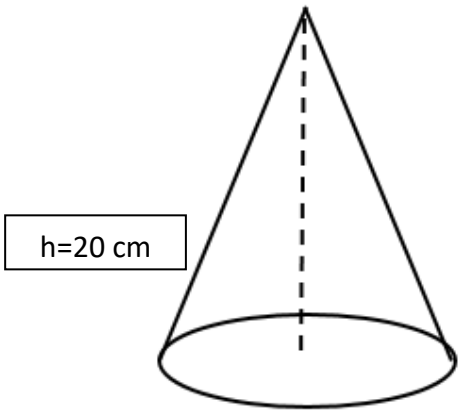
50 cm

الحل

مركز ثقل القضيب عند منتصف طوله:

$$CG = \frac{L}{2} = \frac{50}{2} = 25\ cm$$

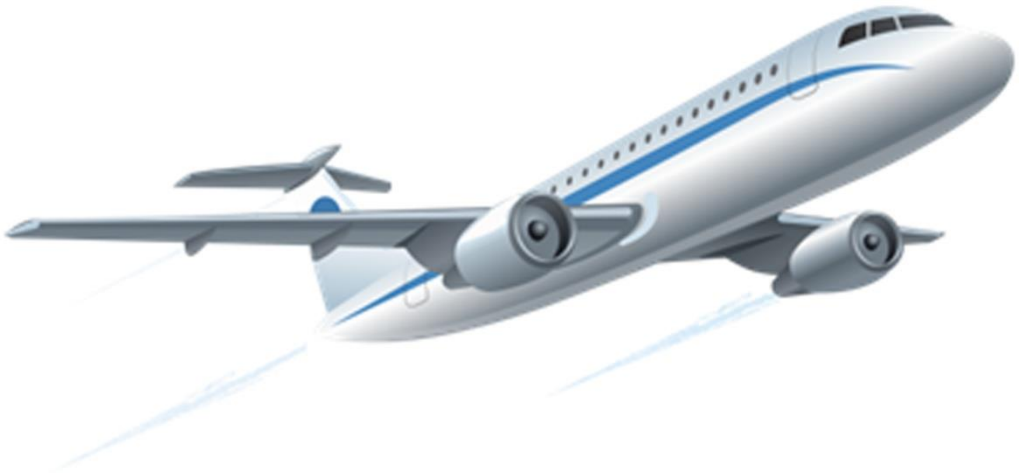
٣. في المخروط المقابل إذا كان إرتفاعه h=20cm أوجد مركز الثقل:



الحل

$$CG = \frac{h}{4} = \frac{20}{4} = 5\ cm$$

ثانيا: الديناميكا Dynamics



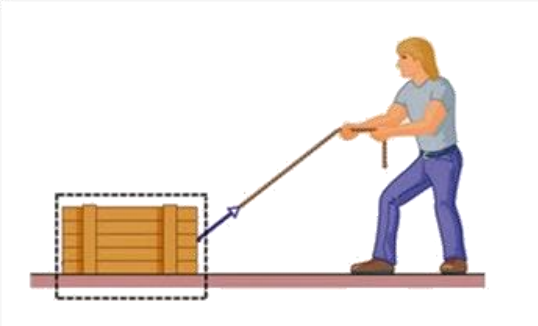
الديناميكا Dynamics

هو أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة قوانين حركة الأجسام تحت تأثير القوي المختلفة، وفي هذا الباب سوف نتناول بالدراسة قوانين نيوتن للحركة وكذلك موضوعات الشغل والطاقة والقوانين التي تحكمها.

٢-١ القوة والحركة

نتعرض للكثير من قوى الدفع والشد في حياتنا اليومية. وندرك أن الأرض تجذب الأجسام الواقعة في محيطها بقوة. ولرفع جسم عن سطح الأرض إلى مستو معين، نحتاج إلى تطبيق قوة للتغلب على قوة الجاذبية الأرضية وفق اتجاه محدد .

أي أننا إذا أردنا تحريك جسم يجب أن نطبق عليه قوة.



شكل رقم ٣٥: قوة الشد

شكل رقم ٣٦: قوة الدفع

٢-٢ قوانين نيوتن للحركة

قوانين نيوتن هي صيغ رياضية في غاية البساطة، تساعد في دراسة مسببات الحركة (القوي) وهي تنطبق على جميع الحالات الخاصة بالأجسام المتحركة.

٢-٢-١ القانون الأول لنيوتن Newton's first law

وصف نيوتن من خلال هذا القانون ما الذي يحدث لجسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه تساوى صفر.

كل جسم يحتفظ بحالته من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالته.

نلاحظ من القانون الأول لنيوتن الآتي:

١. الجسم الساكن يظل ساكنا ما لم تؤثر عليه قوة تحاول تحريكه، والجسم المتحرك حركة منتظمة يظل متحركا بها ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حركته.

٢. يقصد بتعبير "القوة" في صياغة القانون محصلة جميع القوى المؤثرة على الجسم، وتقاس القوة في النظام العالمي بوحدة النيوتن N تخليدا لذكراه.

٣. يضع القانون حالتي السكون والحركة المنتظمة في خط مستقيم فى وضع متكافئ، وتمثل كلتاهما "الحالة الطبيعية" للجسم، عندما تكون محصلة القوى المؤثر عليه مساوية للصفر.

٤. يبين القانون أن الجسم الساكن أو المتحرك حركة منتظمة فى خط مستقيم (أى عندما يكون فى حالته الطبيعية) لا يمكنه تغيير حالته هذه تلقائيا، بل لابد أن تؤثر عليه قوة فتخرجه من هذه الحالة. ولهذا السبب سمى القانون الأول لنيوتن **"قانون القصور الذاتي"**

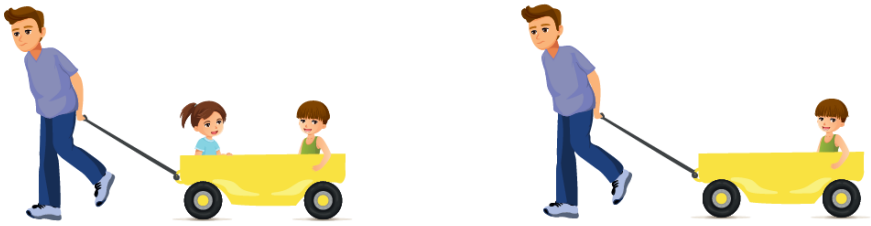
القصور الذاتي Inertia

لاحظ واستنتج:

أيهما يسهل تحريكه أكثر، عربة فارغة أم مليئة؟

شكل رقم ٣٧: مثال لتوضيح القصور الذاتي

إذا تحركت العربتان بنفس السرعة، وعلى المسار ذاته، فأيهما يسهل إيقافها؟



شكل رقم ٣٨: مثال آخر لتوضيح القصور الذاتي

من خلال ما سبق نستنتج الآتي:

١. القوة كل ما يسبب تغير في الحالة الطبيعية للجسم من حيث السكون او الحركة المنتظمة في خط مستقيم.
٢. من السهل تغيير حركة بعض الأجسام، بينما يصعب ذلك على بعضها الآخر، ويعود ذلك إلى اختلاف الكتلة، وتزداد صعوبة هذا التغيير كلما كانت كتلة الجسم أكبر.
٣. كتلة الجسم هي مقدار عددي موجب وثابت يعبر عما يحتويه الجسم من مادة، ونرمز له بالرمز m، ووحدة قياسها في النظام العالمي بوحدة الكيلوجرام kg، ويعبر عن عطالة الجسم الصلب.
٤. الأجسام لها ميل طبيعي للمحافظة على حالتها من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم وتعرف هذه الممانعة والمقاومة للتغيير بـ **القصور الذاتي**

القصور الذاتي:

هو مقاومة الجسم لتغير حالته الطبيعية من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم

مثال (٢-١)

في الشكل المقابل جسم ساكن تؤثر عليه مجموعة من القوى. أوجد F_1 & F_2

الحل

∵ الجسم ساكن

∴ الجسم في حالة اتزان $\Sigma Fx = 0$ & $\Sigma Fy = 0$

∵ القوي الرأسية متزنة $\Sigma Fy = 0$

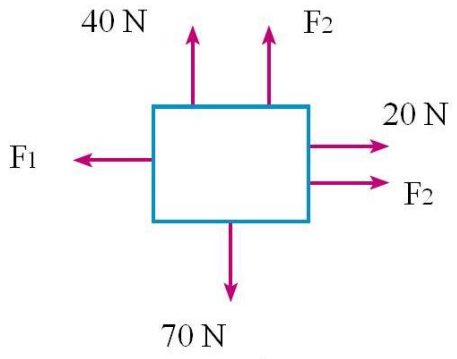
$40+F_2-70 = 0$ ∴

$F_2 = 30$ N ∴

∵ القوي الافقية متزنة $\Sigma Fx = 0$

$F_2 + 20 - F_1 = 0$ ∴

$F_1 = 30 + 20 = 50$ N ∴



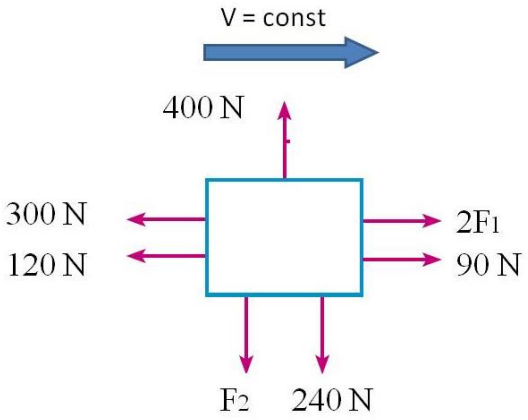
مثال (٢-٢)

في الشكل المقابل جسما يتحرك أفقيا في الاتجاه الموضح بسرعة ثابتة قدرها ٨ م/ث (v= 8 m/s) ، أوجد F_1 & F_2

الحل

∵ الجسم في حالة حركة منتظمة

∴ الجسم في حالة اتزان $\Sigma Fx = 0$ & $\Sigma Fy = 0$



∵ القوي الرأسية متزنة $\Sigma Fy = 0$

∴ $400-F_2-240 = 0$

∴ $F_2 = 160$ N

∵ القوي الافقية متزنة $\Sigma Fx = 0$

∴ $2F_1 + 90 - 300 - 120 = 0$

∴ $F_1 = 165$ N

٢-٢-٢ القانون الثاني لنيوتن Newton's second law

عندما تؤثر قوي خارجية على جسم ما بحيث أن محصلتها لا تساوي صفرا فإن الجسم يكون في حالة حركة غير منتظمة، اي ان سرعة الجسم في تزايد او تناقص او تغير في اتجاهها ونتيجة لذلك فإن الجسم يكتسب عجلة وهذا ما عبر عنه نيوتن في قانونه الثاني والذي ينص علي ما يلي:

إذا أثرت قوة F على جسم كتلته m فإنها تكسبه عجلة مقدارها a في نفس اتجاه القوة، بحيث تتناسب طرديا مع القوة المؤثرة وعكسيا مع كتلة الجسم.

ويعبر عن ذلك رياضيا على النحو التالي:

$$F = ma$$

حيث أن:

F: القوة المؤثرة ووحدة قياسها N

m: كتلة الجسم ووحدة قياسها kg

a: عجلة الجسم ووحدة قياسها m/s^2

مثال (٢-٣)

جسم كتلته ٢٤٥ جم (m=245 g) يتحرك على مستوي أفقي أملس. أوجد القوة التي تكسبه عجلة مقدارها ٢,٤٥ م/ث^2 (a=2.45 m/s^2)

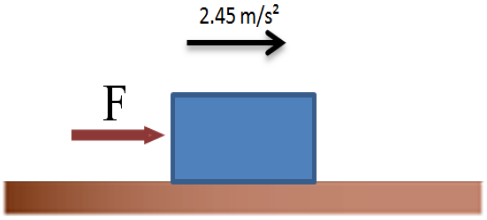
الحل

∵ كتلة الجسم m= 245 g & عجلته a= 2.45 m/s^2

∵ F= m a

∴ القوة المؤثرة على الجسم

$$F = \frac{245}{1000} \times 2.45 = 0.6 \text{ N}$$



مثال (٢-٤)

اعتبر القوة في المثال السابق والتي تساوي ٠,٦ نيوتن (F=0.6 N) وتؤثر علي جسم كتلته ٤٩٠ جم (m=490 g) فكم مقدار العجلة التي يكتسبها الجسم؟ ثم قارن مقدار العجلة في المثالين.

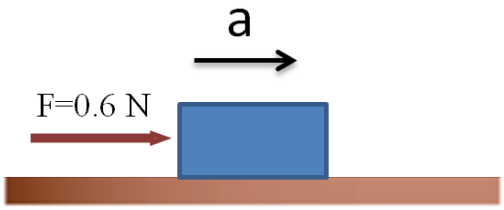
الحل

∵ كتلة الجسم m= 490 g = 0.49 kg

∵ القوة المؤثرة F = 0.6 N & F = m a

∴ عجلة الجسم =

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0.6}{0.49} = 1.225 \text{ m/s}^2$$



بمقارنة النتائج

في المثال الأول m1 = 249 g & a1 = 2.45 m/s^2

في المثال الثاني m2 = 490 g & a2 = 1.225 m/s^2

ونستنتج من هذا أن العلاقة بين الكتلة والعجلة هي علاقة عكسية أي أن عجلة حركة الجسم تقل مع زيادة كتلته والعكس صحيح.

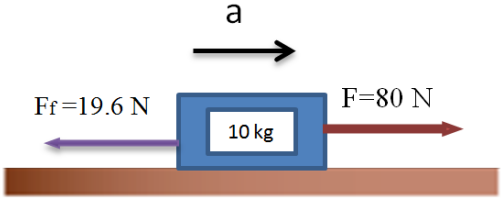
مثال (٢-٥)

جسم كتلته ١٠ كجم (m=10 kg) أثرت عليه قوة مقدارها ٨٠ نيوتن (F=80N) فتحرك الجسم واكتسب عجلة، فإذا كان الجسم يلقي مقاومة احتكاك أثناء حركته تساوي ١٩,٦ نيوتن (F_f = 19.6 N).

احسب الآتي موضحا إجابتك بالرسم:

١. عجلة الجسم التي اكتسبها.

٢. المسافة التي يقطعها الجسم خلال 10 s .



الحل

أولا: عجلة الجسم

∵ كتلة الجسم 10 kg & F= 80 N & F_f = 19.6 N

$$\Sigma F = ma \quad \because$$

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{80-19.6}{10} = 6.04\ m/s^2 \quad \therefore$$

ثانيا: المسافة المقطوعة بعد 10 s

∵ الجسم يتحرك من السكون ∴ $v_0 = 0$

∵ العلاقة التي تربط المسافة بالعجلة هي

$$S = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t$$

∴ المسافة المقطوعة =

$$S = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \times 6.04 \times 10^2 + 0 \times 10 = 302\ m$$

مثال (٢-٦)

صندوق شحن كتلته ٥٠ كجم (m=50 kg) سحب رأسيا إلي أعلي بواسطة آلة رافعه بقوة مقدارها ٦٠٠ نيوتن (F=600 N). احسب مقدار عجلة الصندوق لأعلي.

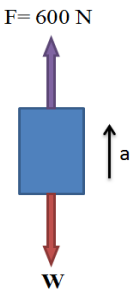
الحل

∵ الصندوق يتحرك حركة رأسية ∴ قوة وزنه تؤثر لأسفل وقيمتها

$$W = m \times g = 50 \times 9.81 = 490.5\ N$$

$$\Sigma F = m \times a \quad \because$$

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{600-490.5}{50} = 2.19\ m/s^2 \quad \therefore$$

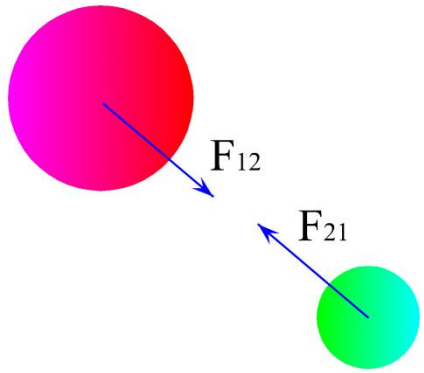


٢-٢-٣ القانون الثالث لنيوتن Newton's third law

لا توجد في الكون قوة بمفردها، بل تحدث القوي دائما في ازدواج متساوية في المقدار ومضادة في الاتجاه تسمي الفعل ورد الفعل.

وهكذا كما هو موضح بالشكل التالي :

إذا بذل الجسم الأول قوة F_{12} على الجسم الثاني فإن الجسم الثاني سيؤثر على الجسم الأول بقوة F_{21} مساوية لها في المقدار ومضادة في الاتجاه



شكل رقم ٣٩ : قانون نيوتن الثالث

أي أن :

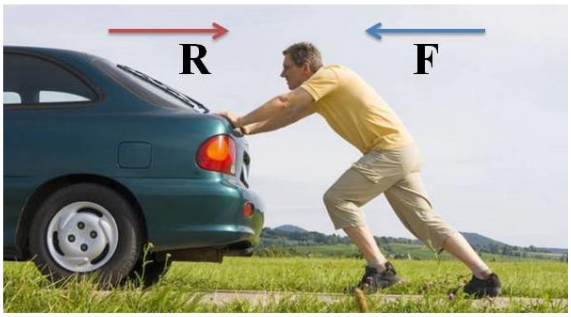
$$F_{12} = -F_{21}$$

وهذا ما يعرف بقانون نيوتن الثالث الذي ينص على ما يلي:

لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار ومضاد له في الاتجاه.

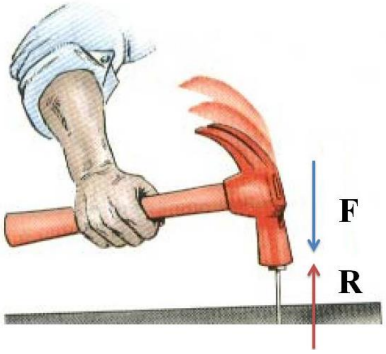
ومن الأمثلة على ذلك:

١. عند دفعك لسيارة معطلة ستشعر بقوة دفع معاكس متناسب مع قوة دفعك لها.



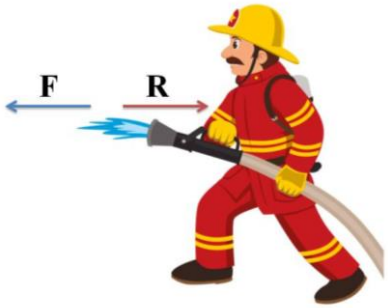
شكل رقم ٤٠: مثال توضيحي عن مفهوم قوي الفعل ورد الفعل

٢. قوة فعل المطرقة على المسمار ورد فعل المسمار على المطرقة الذي تشعره بيدك.



شكل رقم ٤١: مثال توضيحي آخر عن مفهوم قوي الفعل ورد الفعل

٣. قوة رد الفعل التي تدفع رجل الإطفاء للخلف نتيجة لقوة فعل اندفاع الماء من الخرطوم



شكل رقم ٤٢: مثال توضيحي آخر عن مفهوم قوي الفعل ورد الفعل

مثال (٢-٧)

سيارة كتلتها ٨٠٠كجم (m=800 kg) تعاني من مقاومة قدرها ٣٠٠ نيوتن (F_f = 300 N). أوجد موضحا إجابتك بالرسم:

١. قوة محرك السيارة حتي تكسبها عجلة $a = 3\ m/s^2$.

٢. رد فعل الأرض علي السيارة F_N .

الحل

اولا: قوة محرك السيارة F

∵ مجموع مركبات القوي في إتجاه الحركة $\Sigma F = ma$

∵ كتلة السيارة m=800 kg & عجلة الجسم $a = 3\ m/s^2$

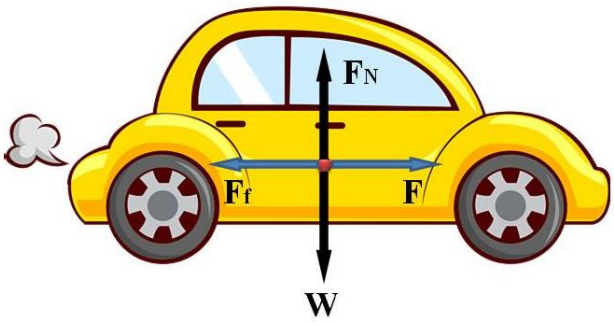
∴ $\Sigma F = F - F_f = ma$

∴ $F = F_f + ma = 300 + 800 \times 3 = 2700\ N$

ثانيا: رد فعل الأرض على السيارة F_N

وفقا لقانون نيوتن الثالث رد فعل الأرض = قوة وزن السيارة

∴ $F_N = W = m\ g = 800 \times 9.81 = 7848\ N$

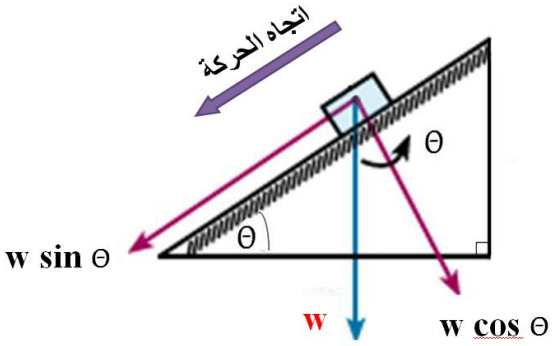


شكل رقم ٤٣: مثال عن قانون نيوتن الثالث

مثال (٢-٨)

مستوي أملس مائل بزاوية ٣٠° (θ=30°) وضع علي أعلي السطح جسم كتلته ٢ كجم (m=2 kg) فبدأ بالانزلاق. أوجد موضحا إجابتك بالرسم:

١. عجلة انزلاق الجسم
٢. قوة رد الفعل على الجسم



الحل

أولا: عجلة انزلاق الجسم

∵ المستوي أملس مائل بزاوية ٣٠°

∴ الجسم ينزلق تحت تأثير قوة وزنه W

∵ مركبات قوة الوزن W هما:

١. في اتجاه حركة الجسم Wsinθ
٢. في اتجاه عمودي عليه Wcosθ

∵ $\Sigma F = ma$ & كتلة الجسم m=2 kg

$$\Sigma F = W\sin\theta = m\,a \quad \therefore$$

$$a = \frac{W\sin\theta}{m} = \frac{m\,g\,\sin\theta}{m} = \frac{2 \times 9.81 \times \sin 30}{2} = 4.905\ m/s^2 \quad \therefore$$

ثانيا: رد الفعل على الجسم

$$F_N = W\cos\theta \quad \because$$

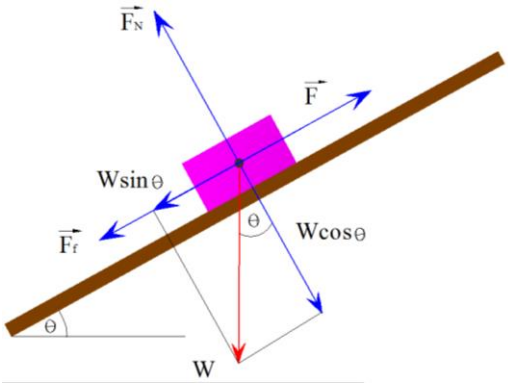
$$F_N = m\,g\,\cos\theta = 2 \times 9.81 \times \cos 30 = 17\ N \quad \therefore$$

مثال (٢-٩)

وضع جسم كتلته ٤ كجم (m=4 kg) على مستوى يميل على الأفقي بزاوية قياسها ٤٥° (θ=45°) ومعامل احتكاكه ٠,٥ ($\mu = 0.5$). أثرت على الجسم قوة تعمل فى خط أكبر ميل للمستوى ولأعلى ومقدارها ٥٠ نيوتن (F=50 N). أوجد موضحا إجابتك بالرسم:

١. عجلة واتجاه حركة الجسم

٢. قوة رد فعل السطح علي الجسم



الحل

أولا: قوة رد فعل السطح F_N

∵ المستوي خشن مائل بزاوية 45°

∴ مركبات قوة الوزن W هما:

١. في اتجاه حركة الجسم Wsinθ

٢. في اتجاه عمودي عليه Wcosθ

$$F_N = W\cos\theta \quad \because$$

$$F_N = m\,g\cos\theta = 4 \times 9.8 \times \cos 45 = 27.7\ N \quad \therefore$$

ثانيا: عجلة حركة الجسم

∵ المستوي خشن مائل

$$F_f = F_N \times \mu = 27.7 \times 0.5 = 13.9\ N \quad \therefore \text{ قوة الاحتكاك}$$

∵ $\Sigma F = ma$ & وبفرض ان الجسم يتحرك لاعلي

$$\Sigma F = F - W\sin\theta - F_f = m\,a \quad \therefore$$

$$a = \frac{F - W\sin\theta - Ff}{m} = \frac{50 - 4 \times 9.81 \times \sin 45 - 13.9}{4} = 36.2\ m/s^2$$

∵ اشارة العجلة موجبة ∴ الفرض صحيح والجسم يتحرك لاعلي

مثال (٢-١٠)

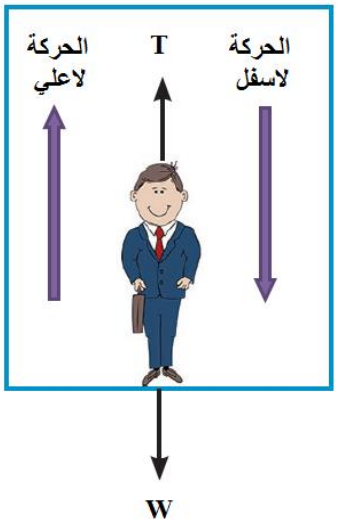
تعلق شخص كتلته ٦٠ كجم (m=60 kg) بواسطة خيط مثبت في سقف المصعد الذي يتحرك رأسيا.

احسب موضحا إجابتك بالرسم:

١. وزن الشخص والمصعد ساكن.

٢. قوة الشد في الخيط T اذا تحرك المصعد لأعلي بعجلة $2\ m/s^2$

٣. قوة الشد في الخيط T اذا تحرك المصعد لأسفل بعجلة $2\ m/s^2$



الحل

اولا: وزن الشخص والمصعد ساكن.

وزن الشخص : $W = mg = 60 \times 9.8 = 588.6\ N$

ثانيا: قوة الشد في الخيط T اذا تحرك المصعد لاعلي بعجلة $2\ m/s^2$

∵ $\Sigma F = ma$ & والمصعد يتحرك لاعلي (اتجاه الحركة لأعلي T>W)

$$\Sigma F = T - W = ma \quad \therefore$$

$$T = W + ma = 588.6 + 60 \times 2 = 708.6\ N$$

ثالثا: قوة الشد في الخيط T اذا تحرك المصعد لاسفل بعجلة $2\ m/s^2$

∵ $\Sigma F = ma$ & والمصعد يتحرك لاسفل (اتجاه الحركة لأعلي T < W)

$$\Sigma F = W - T = ma \quad \therefore$$

$$T = W - ma = 588.6 - 60 \times 2 = 468.6\ N$$

تحقق من فهمك (٢-١)

١. جسم كتلته 60 kg أثرت عليه قوة أفقية ثابته فاكتسب عجله ثابته مقدارها 7 m/s2. احسب مقدار هذه القوة

٢. قوة ثابته تؤثر على جسم كتلته 5 kg، فتغيرت سرعته من 7 m/s إلى 3m/s في زمن قدره 2 s. احسب هذه القوة

٣. إذا كان مقدار قوة اندفاع الماء من خرطوم اطفاء حريق هو 800 N فما هو مقدار القوة التي يجب ان يؤثر بها رجل الاطفاء على الخرطوم لكي يكون ساكنا.

٤. جسم كتلته 7 kg سحب رأسيا إلي اعلي بواسطة حبل بعجله مقدارها 3 m/s2. احسب قوة الشد في الحبل.

٥. سيارة متحركة بسرعة 20 m/s على طريق أفقي. ضغط سائقها على الفرامل فأخذت السيارة تتباطأ بمعدل منتظم حتى توقفت، إذا كانت قوة الاحتكاك بين الإطارات والطريق 8820 N وكتلة السيارة 1000 kg. احسب موضحا بالرسم:

- عجلة السيارة
- المسافة التي قطعتها لحظة الضغط على الفرامل حتى توقفت.

٦. صندوق كتلته 70 kg على ارضية افقية مقدارها 400 N إذا كانت قوة الاحتكاك بين الصندوق والارض 344 N. احسب عجلة الصندوق.

٧. اثرت قوة على جسم ساكن كتلته 49 kg فاصبحت سرعته 7 m/s بعد 3 s احسب مقدار هذه القوة بفرض ان الاحتكاك مهمل بين الجسم والارض

٨. صندوق كتلته 5 kg موضوع على طاولة، احسب القوة التي يؤثر بها الصندوق على الطاولة وكذلك قوة رد فعل الطاولة علي الصندوق.

٩. مستوي املس مائل بزاوية 60° وضع علي اعلي السطح جسم كتلته 4 kg فبدأ بالانزلاق. اوجد موضحا بالرسم:

- عجلة انزلاق الجسم
- قوة رد الفعل علي الجسم

١٠. تعلق شخص كتلته 80 kg بواسطة خيط مثبت في سقف المصعد الذي يتحرك رأسيا. احسب موضحا بالرسم:

- وزن الشخص والمصعد ساكن.
- قوة الشد في الخيط T إذا تحرك المصعد لاعلي بعجلة 2 m/s2
- قوة الشد في الخيط T اذا تحرك المصعد لاسفل بعجلة $2\ m/s^2$

٢-٣ الشغل Work

٢-٣-١ مفهوم الشغل

لاحظ وأستنتج:

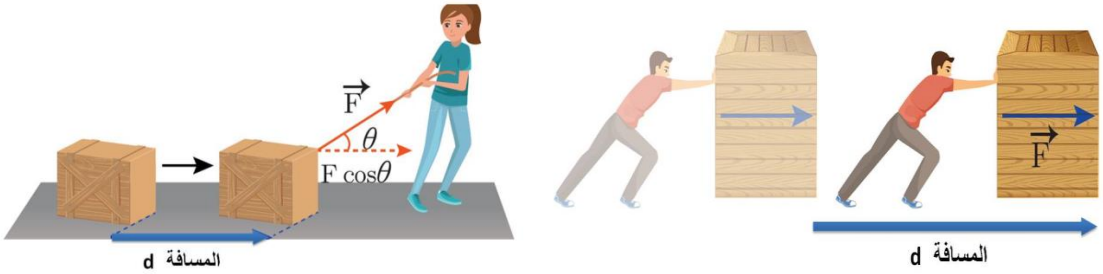
- عندما يدفع الطفل السيارة بقوة ولا يستطيع تحريكها، هل لهذه القوة التي يبذلها شغل؟

شكل رقم ٤٤: مثال توضيحي عن مفهوم الشغل

- عندما يدفع الطفل سيارته ليحركها من مكان لآخر، فهل القوة التي يطبقها تقوم بشغل؟

شكل رقم ٤٥: مثال توضيحي آخر عن مفهوم الشغل

- هل أنجز الرجل أو المرأة عملا (شغلا) عندما نقل الصندوق من مكانه؟ ما وضع خط عمل القوة بالنسبة لاتجاه الحركة في الحالتين؟



شكل رقم ٤٦: مثال توضيحي آخر عن مفهوم الشغل

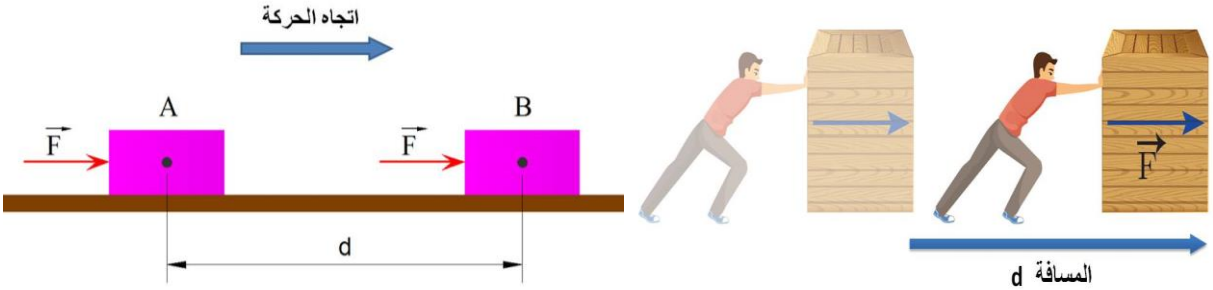
من الأمثلة السابقة نستنتج ان:

إذا اثرت قوة على جسم فنقلته من موضع إلي أخر، فإن القوة تكون قد أنجزت شغلا (عملا).

٢-٣-٢ الشغل المبذول من قوة ثابته

اذا أثرت قوة $\vec{F}$ علي جسم فحركته من موضعه الابتدائي A إلي موضعه النهائي B قاطعا المسافة d، فان الشغل المبذول W بواسطة هذه القوة لتحريك الجسم يساوي حاصل ضرب القوة في المسافة المقطوعة بين الموضعين.

$$W = F \times d$$

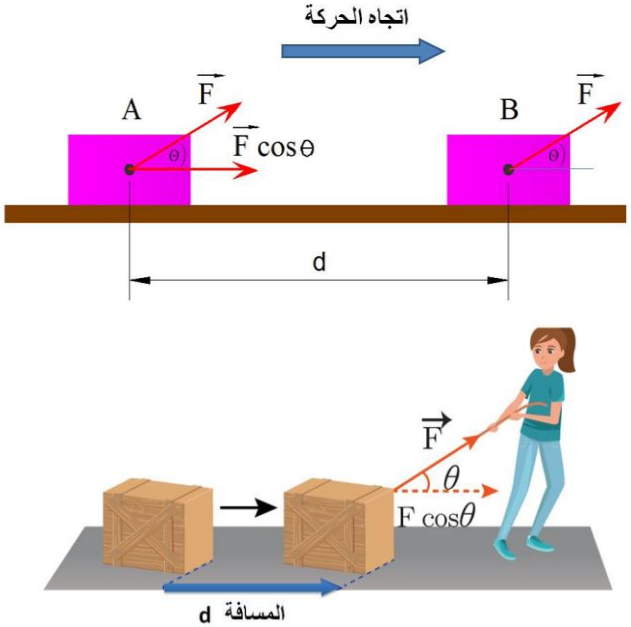


شكل رقم ٤٧: الشغل المبذول من قوة ثابته

والشغل هو كمية قياسية يمكن أن يكون مقداره موجبا او سالبا او مساويا للصفر تبعا لاتجاه القوة واتجاه حركة الجسم.

فإذا كانت القوة تميل بزاوية θ علي اتجاه حركة الجسم فان الشغل في هذه الحالة يساوي

$$W = F \times d \times \cos\theta$$



شكل رقم ٤٨: الشغل المبذول من قوة تميل بزاوية θ علي اتجاه حركة الجسم

٢-٣-٣ وحدة قياس الشغل

وحدة قياس الشغل W في النظام العالمي هي الجول ويرمز له بالرمز " J ".

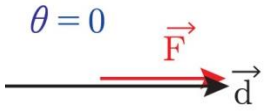
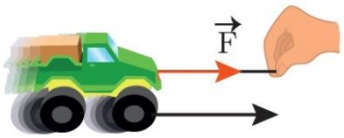
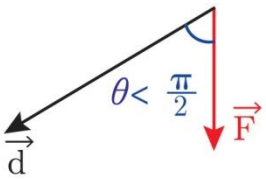
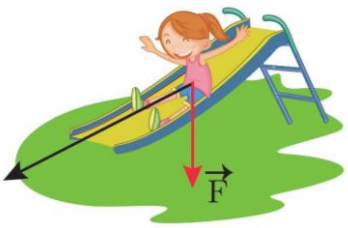
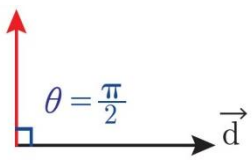
حيث يعرف الجول (J) بانه مقدار الشغل الذي تبذله قوة مقدارها نيوتن واحد (1N) في تحريك جسم ما مسافة متر واحد (1m)

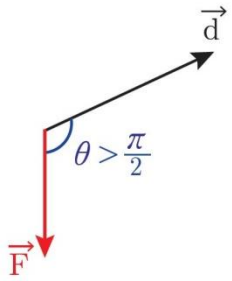
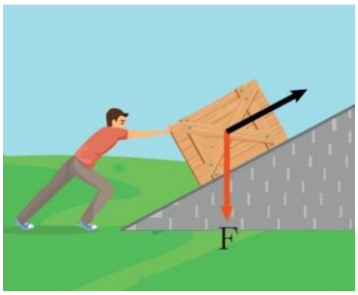
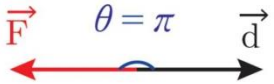
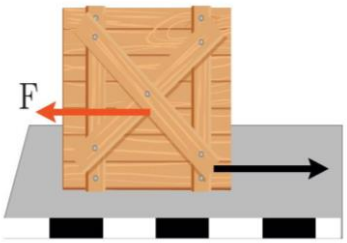
أي أن:

$$W = F \times d$$
$$1(J) = 1(N) \times 1(m)$$

٢-٣-٤ حالات الشغل المختلفة

وفقا لمقدار زاوية ميل القوة على اتجاه حركة الجسم يختلف مقدار الشغل المبذول كما هو موضح في الجدول التالي:

الزاوية بين القوة واتجاه الحركة	العلاقة الرياضية للشغل	نوع الشغل	مخطط القوة والمسافة	مثال
القوة والحركة في اتجاه واحد	$W = Fd\cos\theta$ $\cos 0 = +1$ $W=+Fd$	الشغل موجب محرك		قوة الشد تساعد على الحركة 
القوة تصنع زاوية حادة مع اتجاه الحركة	$W = Fd\cos\theta$ $\cos\theta > 0$ $W> 0$	الشغل موجب محرك		قوة الوزن أثناء الهبوط تساعد على الحركة 
القوة عمودية علي اتجاه الحركة	$W = Fd\cos\frac{\pi}{2}$ $\cos\frac{\pi}{2} = 0$ $W= 0$	الشغل معدوم		قوة الشد مع انتقال أفقي لا تبذل شغلا

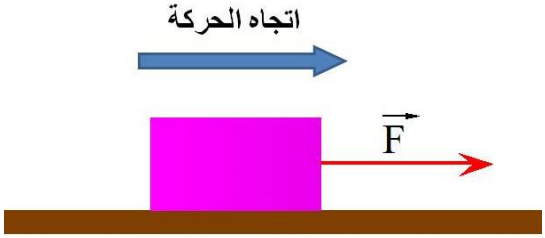
الزاوية بين القوة واتجاه الحركة	العلاقة الرياضية للشغل	نوع الشغل	مخطط القوة والمسافة	مثال
القوة تصنع زاوية منفرجة مع اتجاه الحركة	$W = Fd \cos\theta$ $\cos\theta < 0$ $W < 0$	الشغل سالب مقاوم		قوة الوزن أثناء الصعود تعيق على الحركة 
القوة في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة	$W = Fd \cos\pi$ $\cos\pi = -1$ $W = -Fd$	الشغل سالب مقاوم		قوة الاحتكاك تعيق الحركة 

جدول رقم ١: حالات الشغل المختلفة

مثال (٢-١١)

يتحرك جسم علي مستوي أفقي أملس تحت تأثير قوة أفقية مقدارها ٤٠ نيوتن (F=40 N) مسافة قدرها ٥٠ مترا (d=50 m)

أوجد الشغل الذي تبذله القوة في اتجاه الحركة.



الحل

∵ اتجاه القوة هو نفس اتجاه الحركة

∴ الشغل المبذول من القوة =

$W = +F\,d = 40 \times 50 = 2000\ J$

٢-٣-٥ الشغل المبذول من مجموعة من القوى (الشغل المحصل)

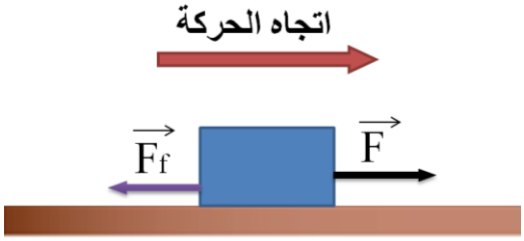
هو حاصل ضرب محصلة القوي في اتجاه الحركة في المسافة المقطوعة.

$$W = \sum F \times d$$

مثال (٢-١٢)

جسم يتحرك مسافة ٥٠ مترا (d=50 m) تحت تأثير قوة أفقية مقدارها ٤٠ نيوتن (F=40 N) على مستوي أفقي خشن مقاومته للحركة ١٠ نيوتن (F_f = 10 N) أوجد الشغل الذي تبذله القوي في اتجاه الحركة موضحا إجابتك بالرسم.

الحل



∵ القوة المؤثرة علي الجسم المسببة للحركة F = 40 N

∵ قوة مقاومة السطح F_f = 10 N

∴ محصلة القوة في اتجاه الحركة:

$$\Sigma F = F - F_f = 40 - 10 = 30 \text{ N}$$

∵ المسافة المقطوعة من الجسم d = 50 m

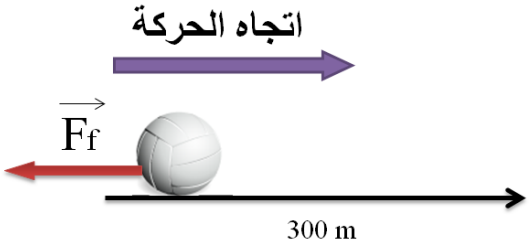
∴ الشغل المبذول من القوي في اتجاه الحركة =

$$W = \Sigma F \times d = 30 \times 50 = 1500 \text{ J}$$

مثال (٢-١٣)

يتحرك جسيم على خط مستقيم وكانت تؤثر عليه قوة مقاومة تساوى ١٠٠ نيوتن (F_f = 100N) . أحسب الشغل الذى تبذله هذه القوة لقطع مسافة ٣٠٠ متر (d=300 m).

الحل



∵ القوة هي عبارة عن مقاومة وقيمتها F_f = 100N

∴ هي تعمل عكس اتجاه الحركة والزاوية بينهما $\theta = \pi$

∴ معادلة الشغل المبذول $W = -F\,d$

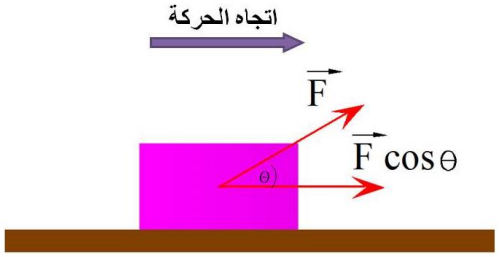
∵ المسافة المقطوعة من الجسيم d = 300 m

∴ الشغل المبذول من قوة المقاومة =

$$W = -F_f\,d = -100 \times 300 = -30000 \text{ J}$$

مثال (٢-١٤)

أوجد الشغل المبذول لتحريك جسم على مستوي أفقي أملس بتأثير قوة مقدارها ٢٠٠ نيوتن (F= 200 N)، اذا تحرك الجسم مسافة ١٠ متر (d=10 m) وكانت القوة تميل علي اتجاه الحركة بزاوية ٦٠° (θ=60°) لأعلي موضحا إجابتك بالرسم.



الحل

∵ القوة المؤثرة على الجسم F = 200 N

∵ الزاوية التي تميل بها القوة θ = 60°

∴ معادلة الشغل المبذول W= F d cos θ

∵ المسافة المقطوعة من الجسم d = 10 m

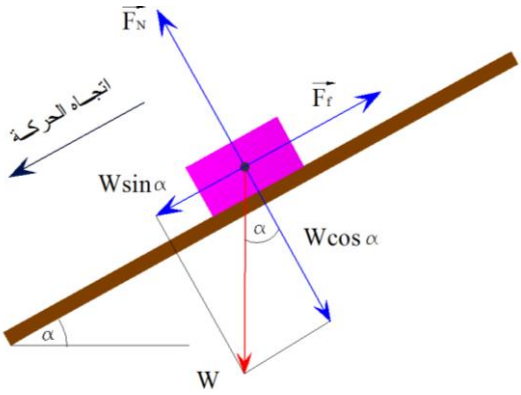
∴ الشغل المبذول =

$$W= F\ d\ \cos 60 = 200 \times 10 \times 0.5 = 1000\ J$$

مثال (٢-١٥)

ينزلق جسم كتلته ١٠ كجم (m=10 kg) مسافة ٦ متر (d=6 m)على مستوي خشن معامل الاحتكاك الحركي بينهما ٠,٢ ($\mu_k = 0.2$) ويميل هذا المستوي علي الأفقي بزاوية ٣٠° ($\alpha = 30°$) أوجد ،موضحا إجابتك بالرسم، الشغل الذى تبذله كلا من:

١. قوة وزن الجسم
٢. رد فعل المستوي
٣. قوة الاحتكاك



الحل

أولا: الشغل المبذول من وزن الجسم:

∵ كتلة الجسم m = 10 kg & عجلة الجاذبية g = 9.8 m/s²

∴ قوة وزن الجسم

W= m x g = 10 x 9.8 = 98 N

∵ الجسم ينزلق علي مستوي مائل بزاوية θ = 30° علي الافقي

∴ كما درسنا من قبل، يوجد مركبتين لقوة الوزن الاولي في اتجاه حركة انزلاق الجسم وتساوي W sin θ والأخرى عمودية علي المستوي وتساوي Wcos θ

∵ المسافة المقطوعة من الجسم d = 6 m

∴ الشغل المبذول من قوة الوزن =

$$W = w \sin\theta \; d = 98 \; sin30 \; x \; 6 = \; 294 \; J$$

حل أخر:

∵ يميل المستوي بزاوية $\theta = 30^{o}$ علي الافقي

∴ الزاوية الحصورة بين قوة الوزن واتجاه الحركة تساوي $\theta = 60^{o}$

∴ الشغل المبذول من قوة الوزن =

$$W = w \; d \cos 60 = 98 \; x \; 6 \; x \; 0.5 = \; 294 \; J$$

ثانيا: الشغل المبذول رد فعل المستوي

∵ رد فعل المستوي يكون عمودي على ميل المستوي

∴ رد الفعل هو عمودي علي اتجاه حركة انزلاق الجسم أي أن الزاوية بينهم $\theta = \frac{\pi}{2}$

∴ الشغل المبذول من قوة رد الفعل = صفر

ثالثا: الشغل المبذول قوة الاحتكاك

∵ قوة الاحتكاك =

$$F_f = F_N \; x \; \mu_k = W \cos\theta \; x \; \mu_k = 98 \; x \cos 30 \; x \; 0.2 = 17 \; N$$

∵ المسافة المقطوعة من الجسم d = 6 m

∵ قوة الاحتكاك هي قوة مقاومة للحركة اي تعمل عكس حركة الجسم

∴ الشغل المبذول من قوة الاحتكاك =

$$W = -F_f \; d = 17 \; x \; 6 = \; -102 \; J$$

تحقق من فهمك (٢-٢)

١) أختر الإجابة الصحيحة:

١. الشغل المبذول في سقوط جسم كتلته 200 g من ارتفاع 10 m عن سطح الأرض يساوي .....

- ○ 0
- ○ 9.8
- ○ 19.6
- ○ 29.4

٢. إذا تحرك جسم في خط مستقيم وكانت تؤثر عليه قوة مقاومة تساوى في المقدار 400 N فإن الشغل المبذول بواسطة هذه القوة لقطع مسافة مقدارها 350 m يساوى ..... (J)

- ○ -14×10^4
- ○ -7×10^4
- ○ 7×10^4
- ○ 14×10^4

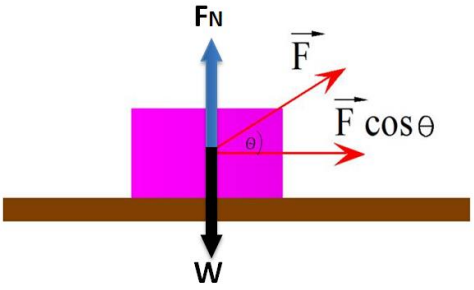
٢) أكمل:

١. رجل يتسوق في متجر (سوبر ماركت) يدفع عربة تسوق بقوة مقدارها 35 N تميل هذه القوة على الأفقي بزاوية قياسها 25° لتتحرك العربة مسافة 50 m فإن الشغل المبذول بواسطة الرجل يساوى ..... (J)

٢. الشغل المبذول في تحريك كتلة مقدارها 600 g مسافة 4 m بعجلة مقدارها $20\ m/s^2$ يساوى .....(J)

٣. **الشكل المقابل** يوضح قوة مقدارها 16 N تميل على الأفقي بزاوية قياسها 25° تؤثر على جسم كتلته 2.5 kg ليتحرك على نضد أفقي أملس مسافة 220 cm فإن:

- ○ الشغل المبذول بواسطة القوة ..... (J)
- ○ الشغل المبذول بواسطة رد فعل النضد ..... (J)
- ○ الشغل المبذول بواسطة وزن الجسم..... (J)
- ○ الشغل الكلى بواسطة القوى المؤثرة على الجسم..... (J)



٣) أوجد الشغل المبذول لتحريك جسم تحت تأثير قوة أفقية مقدارها 20 N على جسم موضوع علي مستوي أفقي املس فحركته مسافة 1 m موضحا إجابتك بالرسم.

٤) أوجد الشغل المبذول، موضحا إجابتك بالرسم، لتحريك جسم تحت تأثير قوة أفقية مقدارها 15 kN على جسم موضوع علي مستوي أفقي خشن فحركته مسافة 3m، اذا كانت المقاومة الناتجة من الحركة مقدارها 1500 N.

٥) عربة ترام ساكنة شدها بحبل يصنع مع شريط الترام زاوية قياسها 60° إذا كانت قوة الشد 500 N وتحركت العربة بعجلة 5 m/s^2 خلال 30 s احسب الشغل الذى بذلته قوة الشد موضحا إجابتك بالرسم.

٦) أثرت قوة على جسم ساكن كتلته 50 kg فأكسبته عجلة منتظمة 0.7 m/s^2 فإذا كان الشغل المبذول بواسطة هذه القوة يساوى 350 J. أوجد المسافة التي تحركها الجسم موضحا إجابتك بالرسم.

٧) سيدة تدفع أمامها عربة بها طفل من حالة سكون علي طريق أفقي بقوة قدرها 2 N وتميل على الأفقي لأسفل بزاوية قياسها 60° ضد مقاومات قدرها 1 N ، فإذا كانت كتلة العربة والطفل 18 Kg . فأوجد بالجول مقدار الشغل المبذول من:

- وزن العربة والطفل
- قوة السيدة
- مقاومة الطريق.

موضحا إجابتك بالرسم.

٢-٤ الطاقة Energy

٢-٤-١ تعريف الطاقة

في الدرس السابق علمنا بأن القوة هي المسبب الأساسي للحركة، وفى هذا الدرس سوف ندرس المصدر الذي تستمد منه القوة في تحريك الأجسام وهذا المصدر هو **الطاقة** وبالتالي يمكن تعريف الطاقة بأنها

مقياس قدرة الجسم على بذل شغل.

وتظهر الطاقة في حياتنا العملية في عدة صور منها الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية والطاقة الضوئية .... الخ

وسوف ندرس من هذه الصور الطاقة الميكانيكية المتمثلة في حركة الأجسام وهي

نوعان **طاقة الحركة** و**طاقة الوضع**.

٢-٤-٢ انواع الطاقة الميكانيكية

أولا: طاقة الحركة Kinetic Energy

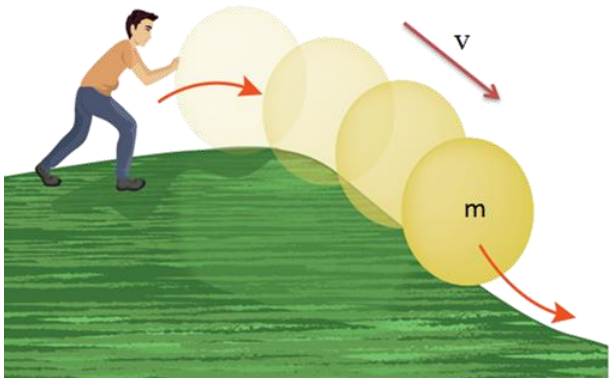
تعرف طاقة حركة جسم KE بأنها:

الطاقة التي يكتسبها الجسم بفضل سرعته وتقدر عند لحظة ما بنصف حاصل ضرب كتلة هذا الجسم (m) في مربع سرعته (v) عند هذه اللحظة ويرمز لها بالرمز KE .

أي أن

$$KE = \frac{1}{2} m v^2$$

طاقة حركة الجسم هي كمية قياسية موجبة، وتتغير قيمتها تبعا لتغير سرعة الجسم وتنعدم بسكون الجسم.



شكل رقم ٤٩: طاقة الحركة

وحدة قياس طاقة الحركة

حيث أن الشغل هو صورة من صور الطاقة فإن:

وحدة قياس طاقة الحركة = وحدة قياس الشغل.

فإذا كانت تقاس الكتلة في النظام العالمي بـ kg والسرعة بـ m/s

∴وحدة قياس طاقة الحركة هي الجول

$$\mathbf{kg\ x \left(\frac{m}{s}\right)^2 = kg\ x\ \frac{m\ x\ m}{s\ x\ s} = \frac{kg\ x\ m}{s^2}\ x\ m = N\ x\ m = J}$$

إستنتاج القوانين للإطلاع فقط وغير مطالب بها الطالب في الامتحان

مثال (٢-١٦)

تتحرك سيارة كتلتها ٥٠٠٠ كجم (m=5000 kg) بسرعه ١٠م/ث (v=10 m/s) . أوجد طاقة حركة السيارة.

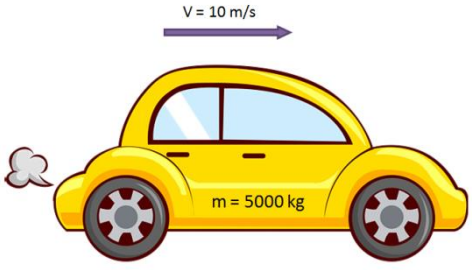
الحل

∵ كتلة السيارة 5000 kg & السرعة 10 m/s

∵ $KE = \frac{1}{2}\ m\ v^2$

∴ طاقة حركة السيارة =

$$\mathbf{KE = \frac{1}{2}\ m\ v^2 = \frac{1}{2}\ 5000\ x\ 10^2 = 250000\ J}$$



شكل رقم ٥٠: مثال عن طاقة الحركة

مبدأ الشغل والطاقة:

باعتبار أن جسما كتلته m يتحرك مسافة d تحت تأثير محصلة القوي F بحيث تتغير سرعته من v_0 إلي v

فيكون الشغل المبذول بواسطة هذه المحصلة W = F x d

$v^2 - v_0^2 = 2aS$ ∵

باعتبار أن v_0 ، v هما السرعتان الابتدائية والنهائية على الترتيب وبضرب طرفي العلاقة في $(\frac{1}{2} m)$

$\frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) = m a S$ ∴

$\frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) = FS$ ∴

∵ الازاحة = المسافة في الحركة الخطية

$s = d$ ∴

$\frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) = Fd$ ∴

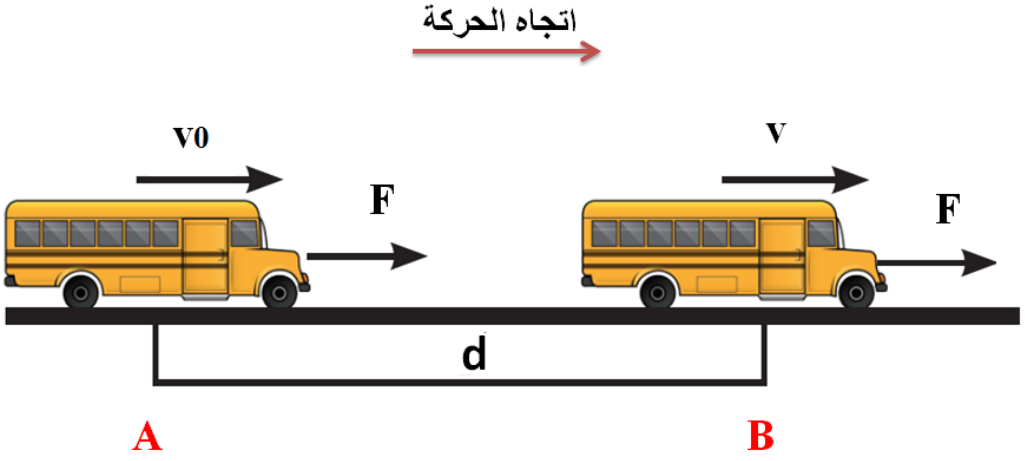
∴ التغير في طاقة الحركة يساوى الشغل المبذول

$$\Delta KE = W$$

إستنتاج القوانين للإطلاع فقط وغير مطالب بها الطالب في الامتحان

تعبر العلاقة الأخيرة عن مبدأ الشغل والطاقة والذي ينص على الآتي:

التغير في طاقة حركة الجسم KE عند انتقاله من موضع ابتدائي A إلى موضع نهائي B يساوى الشغل المبذول W بواسطة القوة المؤثرة عليه F خلال المسافة d بين هذين الموضعين.



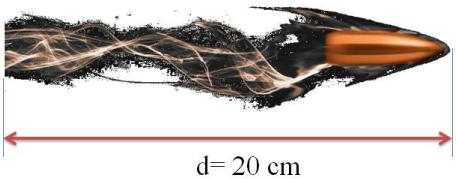
شكل رقم ٥١: مبدأ الشغل والطاقة

مثال (٢-١٧)

اطلقت رصاصة كتلتها ٢٠٠جم (m=200 g) بسرعة ٤٠٠ م/ث (v=400 m/s) على حاجز سميك فاستقرت فيه على عمق ٢٠ سم (d=20 cm)، باعتبار ان هذه القوة ثابتة. أوجد:

١. مقدار الشغل المبذول من قوة مقاومة مادة الحاجز لحركة الرصاصة

٢. مقدار قوة المقاومة نفسها



الحل

أولا: مقدار شغل قوة المقاومة

∵ $\Delta KE = W$

طاقة الحركة المتغيرة للرصاصة

١. عند بدء الانطلاق

∵ كتلة الرصاصة 0.2 kg & السرعة 400 m/s

∴ طاقة الحركة =

$$KE = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 0.2 \times 400^2 = 16000 \text{ J}$$

٢. طاقة الحركة عند الاستقرار

∵ السرعة عند الاستقرار = صفر فبالتالي طاقة الحركة منعدمة

∴ الشغل المبذول من قوة المقاومة

$$\Delta KE = W = 16000 \text{ J}$$

ثانيا: مقدار قوة المقاومة

∵ الشغل : $W = F_f \times d$ & المسافة المقطوعة من الرصاصة d = 20 cm = 0.2 m

∴ قوة المقاومة:

$$F_f = \frac{W}{d} = \frac{16000}{0.2} = 80000 \text{ N} \quad \because$$

ثانيا: طاقة الوضع Potential Energy

تعرف طاقة وضع الجسم PE بانها:

الطاقة التي ترتبط بمكان وجود الجسم (مثل ارتفاعه عن مستوي مرجعي)،

وهي طاقة كامنة يكتسبها الجسم نتيجة وقوعه تحت تأثير قوة ما مثل قوة الجاذبية الارضية.

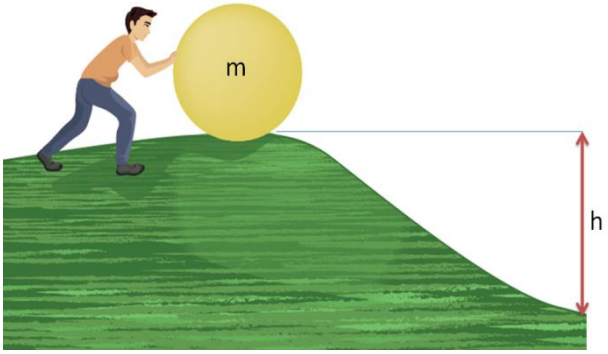
تقدر طاقة الوضع للجسم PE عند لحظة ما بحاصل ضرب وزنه (W) فى ارتفاع موضعه (h).

أي أن

$$PE = mgh = Wh$$

حيث أن الوزن W هو حاصل ضرب كتلة الجسم m في عجلة الجاذبية g

طاقة وضع الجسم هي كمية قياسية موجبة، وتتغير قيمتها تبعا لتغير ارتفاع الجسم وتنعدم بحركة الجسم.



شكل رقم ٥٢: طاقة الوضع

وحدة قياس طاقة الوضع

حيث أن الشغل هو صورة من صور الطاقة فإن:

وحدة قياس طاقة الوضع = وحدة قياس الشغل.

فاذا كان يقاس الوزن في النظام العالمي بـ N والارتفاع بـ m

∴ وحدة قياس طاقة الوضع هي الجول (J):

$$N \times m = J$$

مثال (٢-١٨)

سقط جسم كتلته ٠,١ كجم (m=0.1 kg) من ارتفاع ٢,٥ متر (H=2.5 m) عن سطح الأرض. أوجد طاقة وضع الجسم قبل السقوط.

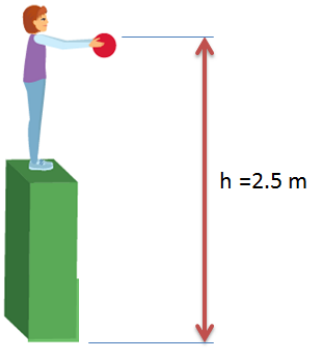
الحل

∵ كتلة الجسم m= 0.1 kg & الارتفاع H=2.5 m

∵ PE = Wh

∴ طاقة وضع الجسم =

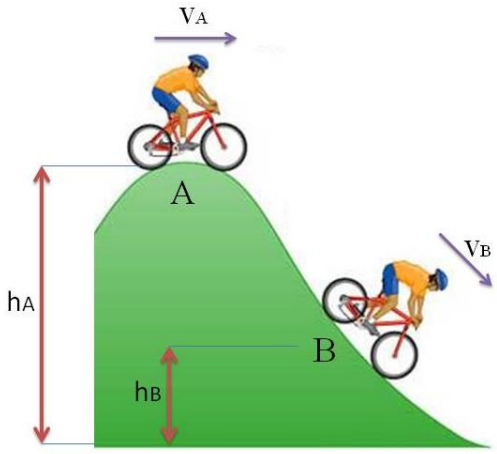
$$\mathbf{PE = Wh = mgh = 0.1 \times 9.8 \times 2.5 = 2.45\ J}$$



شكل رقم ٥٣: مثال عن طاقة الوضع

٢-٤-٣ بقاء الطاقة

إذا انتقل جسم من موضع A إلى موضع B دون أن يلاقي أي مقاومة فإن مجموع طاقتي الحركة والوضع عند A يساوي مجموع طاقتي الحركة والوضع عند B



شكل رقم ٥٤: بقاء الطاقة

أي أن

$$KE_A + PE_A = KE_B + PE_B$$
$$\frac{1}{2} m v_A^2 + Wh_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + Wh_B$$

أو يمكن صياغته بان

مجموع طاقتي الحركة والوضع يظل ثابتا أثناء الحركة.

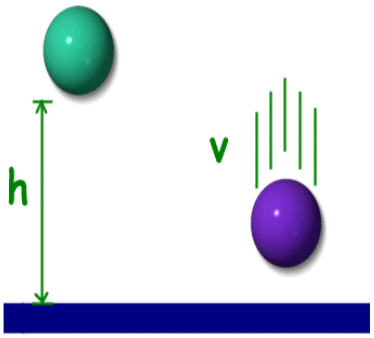
ولذلك فإن أثناء حركة الجسم يكون التغير في طاقة وضعه بين الموضعين B،A مساويا التغير في طاقة الحركة بينهما

$$\Delta PE_{AB} = \Delta KE_{AB}$$

مثال (٢-١٩)

سقط جسم كتلته ٦ كجم (m=6 kg) من ارتفاع ١٠٠ متر (H=100 m) عن سطح الأرض. أوجد:

١. مجموع طاقتي الحركة والوضع عند بدء سقوطه (ارتفاع 100 m).
٢. مجموع طاقتي الحركة والوضع عند سطح الأرض.



شكل رقم ٥٥: مثال عن بقاء الطاقة

الحل

أولا: مجموع طاقتي الحركة والوضع عند ارتفاع 100 m

عند بدء السقوط مازال الجسم ساكنا اي سرعته = صفر وبالتالي فان طاقة حركة منعدمة

∵ كتلة الجسم 6 kg & الارتفاع 100 m

∴ مجموع طاقتي الحركة والوضع

∴ KE + PE = 0 + Wh = mgh = 6 x 9.8 x 100 = 5880 J

ثانيا: مجموع طاقتي الحركة والوضع عند سطح الأرض.

∵ مجموع طاقتي الوضع والحركة = ثابت

∵ طاقة الوضع عند سطح الأرض = صفر

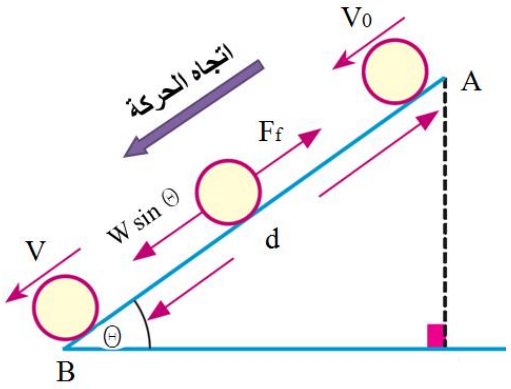
∴ طاقة الحركة = 5880 J

الحركة على مستوي مائل خشن

إذا هبط جسم على مستوى مائل خشن تحت تأثير وزنه فقط من الموضع A إلى الموضع B.

فإن التغير في طاقة الوضع = التغير في طاقة الحركة + الشغل المبذول ضد المقاومات.

$$\Delta PE_{AB} = \Delta KE_{AB} + W$$



شكل رقم ٥٦: الحركة على مستوي مائل خشن

مثال (٢-٢٠)

A و B نقطتان علي خط أكبر ميل في مستوى مائل خشن بحيث B أسفل A. بدأ جسم كتلته ٥٠٠جم (m= 500 g) الحركة من السكون من نقطة A فإذا كانت المسافة الرأسية تساوى مترا واحدا (H=1m) وسرعة الجسم عندما يصل إلى B تساوى ٤ م/ث (v=4 m/s). أوجد بالجول:

١. طاقة الوضع المفقودة

٢. الشغل المبذول من المقاومات

الحل

أولا: طاقة الوضع المفقودة من النقطة A إلي النقطة B : ΔPE_{AB}

١. طاقة الوضع عند A

∵ كتلة الجسم m=0.5 kg & الارتفاع H=1m

∴ طاقة وضع الجسم =

$$PE = Wh = mgh = 0.5 \times 9.81 \times 1 = 4.9\ J$$

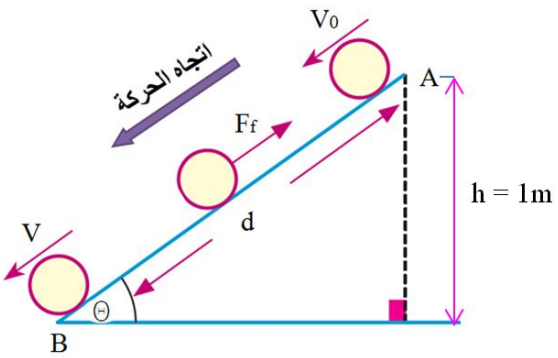
٢. طاقة الوضع عند B

∵ كتلة الجسم m= 0.5 kg & الارتفاع H=0

∴ طاقة وضع الجسم منعدمة

∴ طاقة الوضع المفقودة

$$= PE_A = 4.9\ J \Delta PE_{AB}$$



شكل رقم ٥٧: مثال عن الحركة على مستوي مائل خشن

ثانيا: الشغل المبذول من المقاومات

$\because \Delta PE_{AB} = \Delta KE_{AB} + W$

الشغل المبذول : $W = \Delta PE_{AB} - \Delta KE_{AB}$

$\because \Delta PE_{AB} = 4.9\ J$

∴ حساب التغير في طاقة الحركة من النقطة A الي النقطة B : ΔKE_{AB}

عند النقطة A

∵ كتلة الجسم 0.5 kg & سرعة الجسم = صفر وبالتالي

∴ طاقة الحركة معدومة

عند النقطة B

∵ كتلة الجسم m= 0.5 kg & سرعة الجسم v= 4 m/s

$\therefore \mathbf{KE = \frac{1}{2}\ m\ v^2 = \frac{1}{2}\ x\ 0.5\ x\ 4^2 = 4\ J}$

∴ الشغل المبذول في المقومات:

$\mathbf{W = \Delta PE_{AB} - \Delta KE_{AB} = 4.9 - 4 = 0.9\ J}$

تحقق من فهمك (٢-٣)

١) أكمل:

١. سقط جسم كتلته 0.2 kg من ارتفاع 5 m عن سطح الأرض.
   - طاقة وضع الجسم لحظة سقوطه ..... (J)
   - طاقة حركة الجسم لحظة سقوطه ..... (J)
   - مجموع طاقتي الحركة والوضع لحظة وصوله لسطح الأرض ..... (J)

٢. جسم كتلته 350 kg على ارتفاع 20 m من سطح الأرض، فإن طاقة وضع الجسم (J) .....

٣. طائرة عمودية وزنها 3500 N تهبط رأسيا لأسفل من ارتفاع 250 m إلى ارتفاع 150 m من سطح الأرض فإن مقدار الفقد في طاقة وضعها ..... (J)

٤. جسم وزنه 2N صعد مسافة 200 cm على خط أكبر ميل لمستوى أملس يميل على الأفقي بزاوية قياسها 30^{o} فإن الزيادة في طاقة وضعه ..... (J)

٥. وضع جسم علي قمة مستوي مائل أملس ارتفاعه 90 cm فإن سرعته عندما يصل إلى قاعدة المستوى..... m/s

٢) تتحرك سيارة كتلتها 6000 kg بسرعة 12 m/s أوجد طاقة حركة السيارة.

٣) سقط جسم كتلته 0.2 kg من ارتفاع 1.5 m عن سطح الأرض. أوجد طاقة وضعه بالجول

٤) سقط جسم كتلته 5 kg من ارتفاع 110 m عن سطح الأرض. أوجد:
   - مجموع طاقتي الحركة والوضع عند بدء ونهاية حركة الجسم
   - سرعة الجسم التي يصل بها إلى سطح الأرض.

٥) جسم كتلته 300 g موضوع على ارتفاع 10 m من سطح الأرض، أوجد طاقة وضع الجسم، وإذا سقط الجسم رأسيا، فأوجد طاقة حركته عندما يكون على ارتفاع 3 m من سطح الأرض.

٦) A و B نقطتان علي خط أكبر ميل في مستوى مائل خشن بحيث B أسفل A . بدأ جسم كتلته 1000 g الحركة من السكون من نقطة A فإذا كانت المسافة الرأسية تساوى مترا واحدا وسرعة الجسم عندما يصل إلى B تساوى 8 m/s .أوجد بالجول:
   - طاقة الوضع المفقودة
   - الشغل المبذول من المقاومات

المصطلحات العلمية

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
العجلة	Acceleration
ذرة	Atom
العجلة المتوسطة	Average Acceleration
السرعة المتوسطة	Average Velocity
مركز الثقل	Center of Gravity
الحركة الدائرية	Circular Motion
الازدواج	Couple
علم الديناميكا	Dynamics
القوة	Force
تحليل القوة	Force Resolution
الاحتكاك	Friction
الحالة الغازية	Gas
الاتزان	Equilibrium
الطاقة	Energy
القصور الذاتي	Inertia
العجلة اللحظية	Instantaneous Acceleration
السرعة اللحظية	Instantaneous Velocity
علم الكينماتيكا	Kinematics
الحالة السائلة	Liquid
المادة	Matter
علم الميكانيكا	Mechanics
العزم	Moment
جزيء	Molecule
الكميات الفيزيائية	Physical Quantities
علم الفيزياء	Physics

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنجليزية
الحركة الخطية	Rectilinear Motion
النظام العالمي لوحدات القياس	SI
الحالة الصلبة	Solid
علم الاستاتيكا	Statics
السرعة	Velocity
الشغل	Work

المراجع

1. Hibbeler, R. C. (2015) *Engineering Mechanics: Statics.* 14th Edition. London: Pearson.
2. Hibbeler, R. C. (2015) *Engineering Mechanics: Dynamics.* 14th Edition. London: Pearson.
3. Pidatella, C., Poggi, M. *Corso di Meccanica: Meccanica Razionale*. 2nd Edition. Italia: Zanichelli.
4. Sayed, W. (2005) *Lezioni di Fisica*. Cairo: Don Bosco Institute.