جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية العلوم
قسم الفيزياء

اسم المادة: الفيزياء العامة

المستوى الدراسي: الدراسات الاولية (البكالوريوس)

المرحلة: الاولى

المحاضرة رقم (4)

اسم المحاضرة: القوة وقوانين الحركة Force and Newton's law of motion

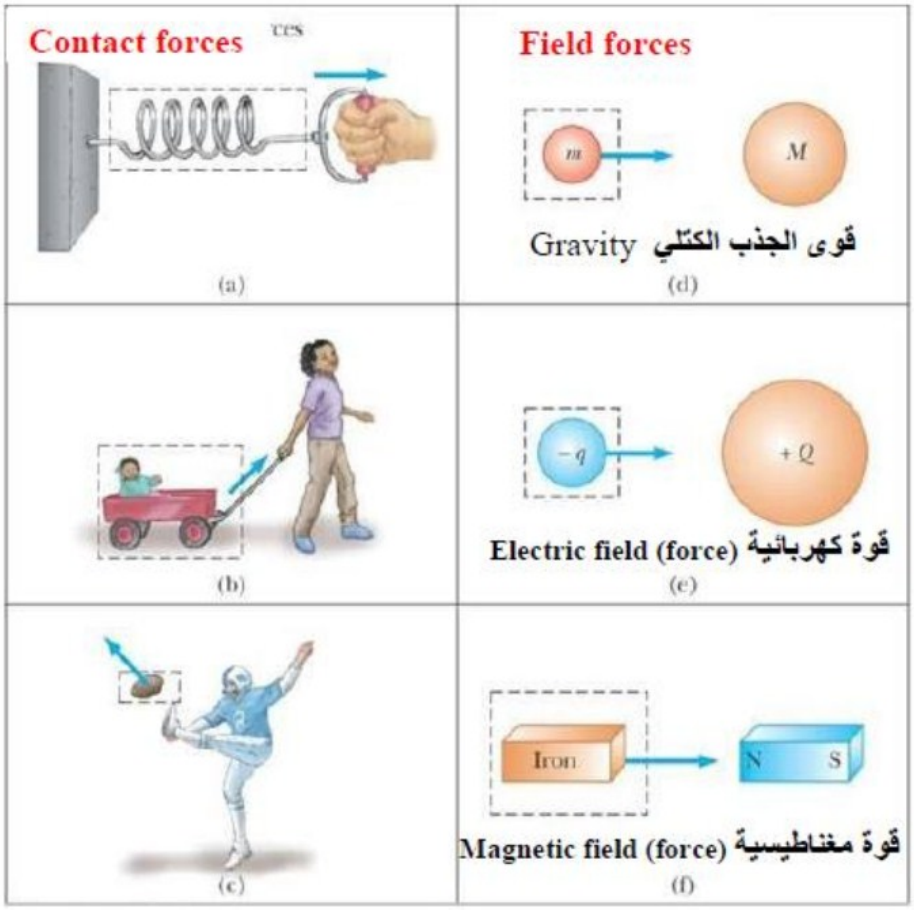
مدرس المادة

م. احمد مظفر احمد

Force and Newton's law of motion القوة وقوانين الحركة

1-4 القوة Force

نتعامل في حياتنا اليومية مع العديد من أنواع القوى المختلفة التي قد تؤثر على الأجسام المتحركة فتغير من سرعتها مثل شخص يدفع عربة أو يسحبها أو أن تؤثر القوة على الأجسام الساكنة لتبقيها ساكنة مثل الكتاب على الطاولة أو الصور المعلقة على الحائط. ويكون تأثير القوة مباشر *Contact force* مثل سحب زنبرك أو دفع صندوق ويمكن أن يكون تأثير القوة عن بعد Action-at-a-distance مثل تنافر أو تجاذب قطبي مغناطيس.



شكل (4-1) أنواع مختلفة من القوى

يوجد العديد من أنواع القوة الموجودة في الطبيعة وهي أما أن تكون ميكانيكية أو جاذبية أو كهربية أو مغناطيسية أو نووية.

يعرف الجسم الساكن بأنه في **حالة اتزان equilibrium** عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي **صفراً.**

2-4 قوانين نيوتن للحركة Newton's law of motion

وضع نيوتن ثلاثة قوانين أساسية للحركة هي :

القانون الأول:

يظل الجسم الساكن في حالة سكون ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته . و كذلك الجسم المتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم يظل على حركته ما لم تؤثر عليه قوى تغير من حالته .

و يوضح هذا القانون خاصية القصور للأجسام . فالجسم الساكن يقاوم أي تغير في حالة سكونه و كذلك الجسم المتحرك بسرعة منتظمة يقاوم أي تغير في حالة حركته. وهذا هو ما يعرف بالقصور الذاتي للأجسام.

القانون الثاني:

إذا أثرنا بقوة F على جسم ما فإنها تحدث أو تحاول أن تحدث تغيراً في حالة الجسم عن حالة سكونه أو حركته الخطية بسرعة منتظمة. وعندما تتغير حالة الجسم تحدث عجلة تسارع a يكون اتجاهها في نفس اتجاه القوة المؤثرة.

$$F = m\,a \qquad (4\text{-}1)$$

و قد وجد نيوتن أن النسبة بين القوة المؤثرة إلى العجلة الناتجة تكون دائماً ثابتة للجسم الواحد و تساوي كمية المادة بداخله أي كتلته. ووحدة قياس القوة هي النيوتن ($1N = 1\ kg.m/s^2$). وقد سميت وحدة القوة بنيوتن تكريماً للعالم نيوتن.

$$\sum \vec{F} = 0 \qquad \textit{Newton's first law}$$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \qquad \textit{Newton's second law}$$

الكمية mv تعرف بكمية الحركة ويرمز لها بالرمز P وتقاس بوحدة $Kg.m/sec$ وتعطى حسب العلاقة

$$P = mv \qquad (4\text{-}2)$$

القانون الثالث:

إذا أثر جسم بقوة ما على جسم آخر فإن هذا الجسم الثاني يؤثر بقوة مساوية في المقدار و مضادة في الاتجاه للقوة الأولى . أي أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار و مضاد له في الاتجاه.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

والرمز F_{12} يعني القوة التي يتأثر بها الجسم الأول نتيجة للجسم الثاني.

3-4 الكتلة والوزن Mass & Weight

الكتلة: هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة ويقاس بال kg.

الوزن: هو قوة جذب الأرض للجسم هو كمية فيزيائية لها وحدة القوة (N).

فإذا كانت كتلة الجسم هي m وعجلة الجاذبية الأرضية هي $\boldsymbol{g}$ فإن وزن الجسم $\boldsymbol{W}$ يُعطى حسب العلاقة التالية:

$$\boxed{W = m\,g} \qquad (4\text{-}3)$$

ويلاحظ هنا أن وزن الجسم كمية متجهة أما كتلة الجسم فهي كمية غير متجهة.

مثال (4-1)

أحسب وزن ولد كتلته 20 Kg علماً بأن تسارع تسارع السقوط الحر يساوي $10\ m/sec^2$.

الحل

وزن الولد يعطى من:

$$W = mg = 20 \times 10 = 200\ N$$

قوة الشد (Tension)

عند سحب جسم بواسطة حبل فإن القوة المؤثرة على الجسم من خلال الحبل تدعى قوة الشد *Tension* ويرمز لها بالرمز T ووحدته N. ويظهر في الشكل صور مختلفة من قوة الشد وكيفية تحديدها على الشكل.

مثال (4-2)

احسب محصلة القوى المؤثرة في جسم كتلته 0.3 Kg إذا كان تسارعه $20\ m/sec^2$.

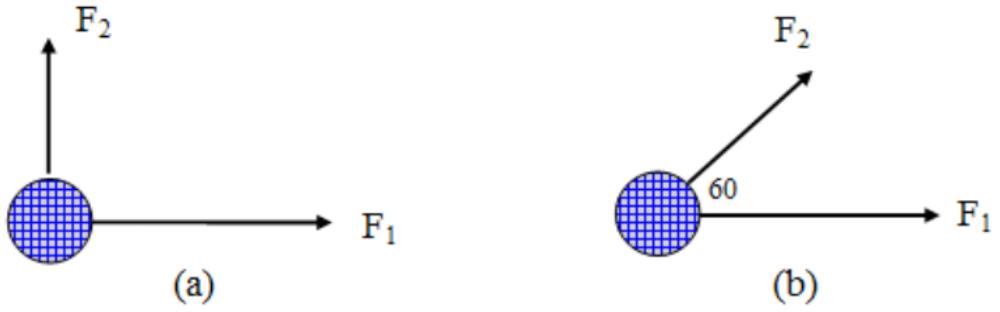
الحل

$$m = 0.3\ Kg, \quad a = 20\ m/sec^2$$

$$F = ma = 0.3 \times 20 = 6\ N$$

مثال (4-3)

قوتان F_1 و F_2 تؤثران على جسم كتلته 5 kg فاذا كانت F_1 =20 N و F_2 =15 N فاحسب العجلة او التسارع الذي سيتحرك به الجسم نتيجة للقوتين المؤثرتين عليه في الشكلين (a) , (b)



(a) $\sum \boldsymbol{F} = \boldsymbol{F_1} + \boldsymbol{F_2} = (20\boldsymbol{i} + 15\boldsymbol{j})$ N

$\sum \boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a} = 20\boldsymbol{i} + 15\boldsymbol{j} = 5\,\boldsymbol{a}$

$\boldsymbol{a} = (4\boldsymbol{i} + 3\boldsymbol{j})$ m/s^2 or $\quad a = 5$m/s^2

(b) $F_{2x} = 15 \cos 60 = 7.5$ N

$F_{2y} = 15 \sin 60 = 13$ N

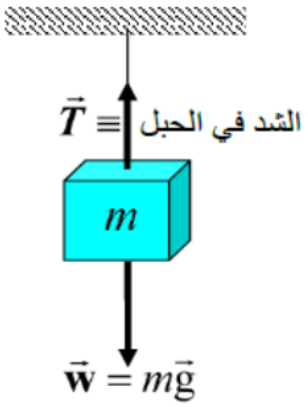
$\boldsymbol{F_2} = (7.5\boldsymbol{i} + 13\boldsymbol{j})$ N

$\sum \boldsymbol{F} = \boldsymbol{F_1} + \boldsymbol{F_2} = (27.5\boldsymbol{i} + 13\boldsymbol{j}) = m\boldsymbol{a} = 5\,\boldsymbol{a}$

$\boldsymbol{a} = (5.5\boldsymbol{i} + 2.6\boldsymbol{j})$ m/s^2 $\quad$ or $\quad a = 6.08$m/s^2

مثال (4-4)

إذا علقنا صندوق بحبل، كما يوضح الشكل أوجد الشد في الحبل.



الحل:

لدينا قوتان فقط تؤثران على الصندوق :الشد(لأعلى)والوزن(لأسفل.)

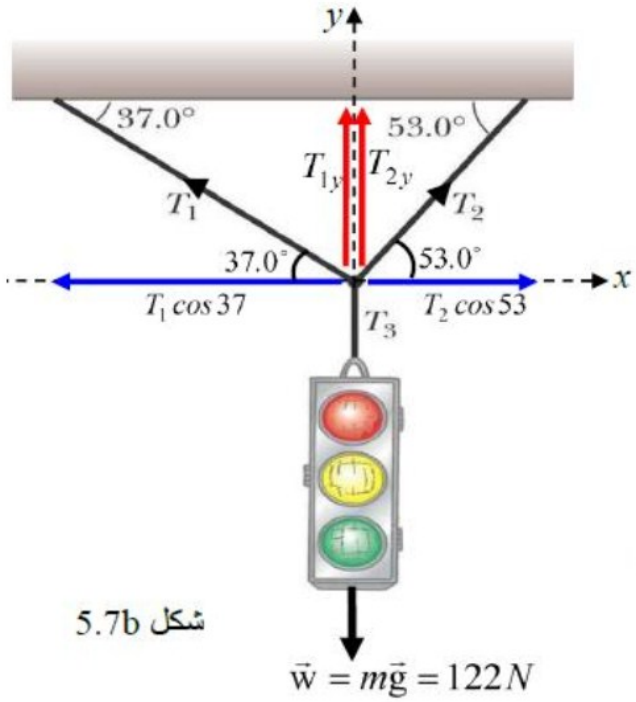
وبما أن الصندوق ساكن، فتسارعه صفرا :من قانون نيوتن الثاني نجد

$\sum F_y = ma_y$ $\quad$ او $\quad \sum \boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}$

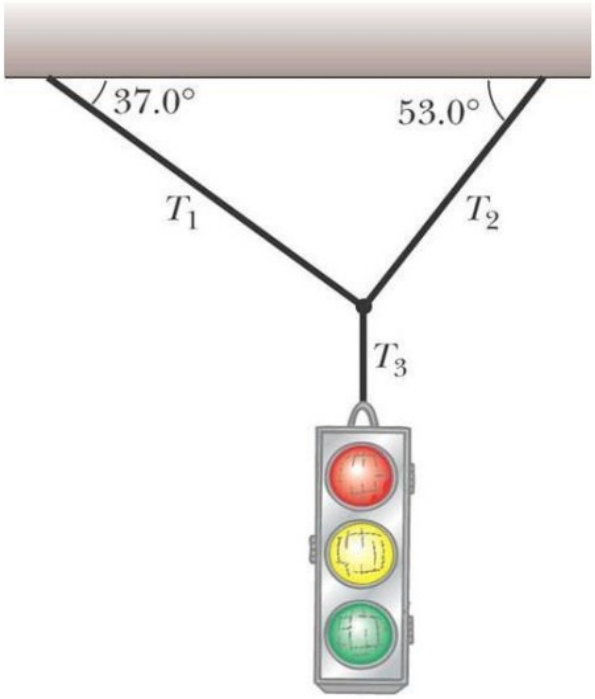
$T = w = mg$ $\quad$ اذا $\quad T - w = 0$

مثال (5-4)

إشارة ضوئية تزن 122N .الحبلان العلويان ينقطعان إذا زاد الشد فيهما عن 100N أوجد الشدين T_1 و T_2



شكل 5.7b



الحل

النظام في حالة اتزان .نحلل القوتين (الشدين T_2 و T_1) الى مركبتيهما، ونطبق قانون نيوتن الثاني على كل من المركبتين السينية والصادية (x- and y-components):

Force	*x* Component	*y* Component
$\mathbf{T}_1$	$-T_1 \cos 37.0°$	$T_1 \sin 37.0°$
$\mathbf{T}_2$	$T_2 \cos 53.0°$	$T_2 \sin 53.0°$
$\mathbf{T}_3$	0	-122 N

(1) $$\sum F_x = -T_1 \cos 37.0° + T_2 \cos 53.0° = 0$$

(2) $$\sum F_y = T_1 \sin 37.0° + T_2 \sin 53.0° + (-122 \text{ N}) = 0$$

(3) $$T_2 = T_1\left(\frac{\cos 37.0°}{\cos 53.0°}\right) = 1.33T_1$$

$$T_1 \sin 37.0° + (1.33T_1)(\sin 53.0°) - 122 \text{ N} = 0$$

$$T_1 = 73.4 \text{ N}$$

$$T_2 = 1.33T_1 = 97.4 \text{ N}$$

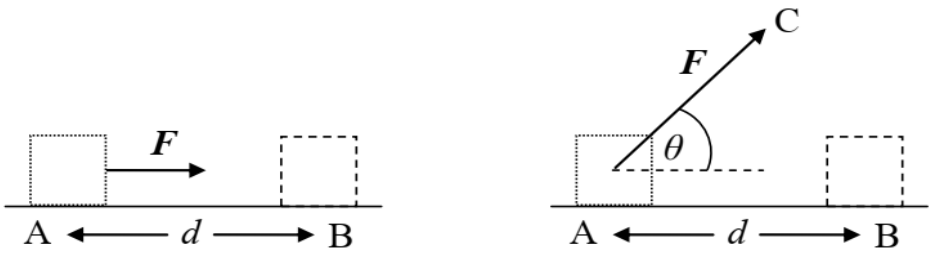
لاحظ أن كل من القيمتين أقل من 100N وبالتالي لا ينقطع الحبلان.

الشغل والطاقة
Work and Energy

4-4 الشغل والطاقة Work and energy

تُحدث القوة شغلاً على جسم ما إذا غيرت من موضع هذا الجسم . و تعريف الشغل هو حاصل ضرب الإزاحة التي يتحركها الجسم في مركبة القوة باتجاه الإزاحة. فمثلاً إذا أثرت قوة $\boldsymbol{F}$ في الاتجاه من الموضع A إلى الموضع B ، ثم تحرك الجسم مسافة d في هذا الاتجاه كما بالشكل (3-3) يكون الشغل المبذول هو

$$W = F.d \qquad (4\text{-}4)$$



شكل (3-3)

أما إذا كان اتجاه القوة $\boldsymbol{F}$ بالاتجاه من A إلى C فإن الشغل المبذول يكون

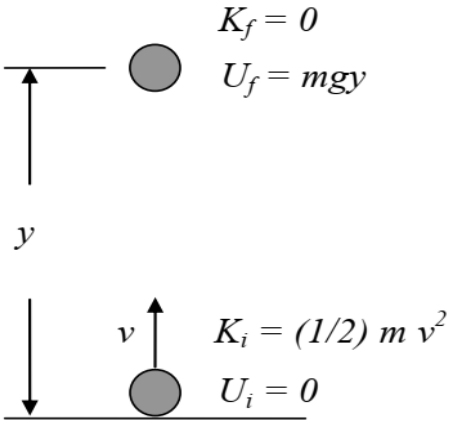
$$W = (F \cos\theta)\, d$$

$$\boxed{W = F\, d \cos\theta} \qquad (4\text{-}5)$$

حيث مقدار الإزاحة التي تحركتها الكتلة هي d و$(F \cos\theta)$ هي مركبة القوة $\boldsymbol{F}$ في اتجاه الإزاحة $\boldsymbol{d}$. يتضح من القانون السابق أن الشغل يكون موجبا إذا كانت القوة باتجاه الإزاحة لأن $(\cos 0 = 1)$، ويكون سالبا إذا كانت القوة معاكسة لاتجاه الإزاحة لأن $(\cos 180^0 = -1)$.

وحدة قياس الشغل هي داين.سم (إرج erg) أو نيوتن.متر (جول *joule*) وهو وحدة كبيرة حيث

1 جول = 10^7 (داين.سم) = 10^7 إرج.



شكل 3-4

ومن الملاحظ دائماً أنه كلما بذل شغل في مجموعه معزولة من الأجسام التي تؤثر عليها قوى يحدث تغيرات في الطاقة الداخلية لها . فمثلاً الشغل المبذول لرفع جسم ما يزيد من الطاقة الكامنة فيه بفضل موضعه وتسمى هذه الطاقة بطاقة الوضع ويرمز لها بالرمز U كما بالشكل (3-4). أيضاً الشغل المبذول في التغلب على قوى الاحتكاك يرفع من الطاقة الحرارية للجسم . وهكذا... نستخلص القانون الآتي:

قانون الشغل والطاقة

" التغير في طاقة وضع جسم أو مجموعة أجسام معزولة يساوي تماماً مقدار الشغل المبذول عليها "

الشغل المبذول = التغير في طاقة الجسم

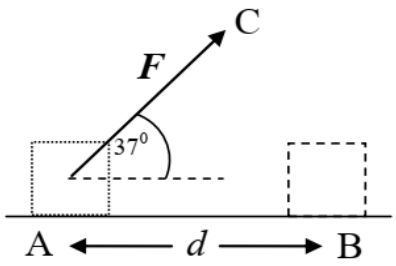
$$W = -\Delta U$$

الإشارة السالبة للشغل تعني أنه حصل فقد لطاقة حركة الجسم، فمثلا إذا قذف جسم لأعلى فإن طاقة حركته ستقل وتتحول إلى طاقة وضع (انظر الشكل 3-4).

مثال (4-6)

جسم كتلته 2Kg يتحرك تحت تأثير قوة ($F=20N$) تصنع زاوية مقدارها 37^0 كما بالشكل (3-5). فإذا تحرك الجسم مسافة مقدارها ($d=4m$) على سطح أملس، احسب الشغل المبذول بواسطة القوة F.

الحل:



شكل (3-5)

حيث أن القوة تصنع مع الإزاحة زاوية θ فسنستخدم العلاقة

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

بالتعويض نجد أن

$$W = (20)\ (4)\ (\cos 37^0) = 63.9\ J$$

مثال (4-7)

قذفت كرة كتلتها $2Kg$ إلى أعلى مسافة مقدارها ($d=4m$). احسب الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية الأرضية.

الحل:

حيث أن الجسم قذف إلى أعلى فإن الإزاحة تكون إلى أعلى في حين أن القوة المؤثرة على الجسم وهي قوة الجاذبية الأرضية إلى أسفل، أي أن القوة تصنع مع الإزاحة زاوية مقدارها 180^0.

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

بالتعويض نجد أن

$$W = (20)\ (4)\ (\cos 180^0) = -80\ J$$

الإشارة السالبة تعني أنه قد حصل فقد لطاقة حركة الكرة.

ملاحظة/ لو أن الجسم سقط من أعلى إلى أسفل بنفس المسافة d فإن الشغل المبذول بواسطة الجاذبية سيكون موجبا وقيمته $80J$ والإشارة الموجبة تعني أن هناك زيادة في طاقة الحركة.

5-4 طاقة الوضع وطاقة الحركة Potential and kinetic energy

عند قذف جسم كتلته m إلى أعلى فإن القوة المؤثرة عليه تساوي وزن الجسم أي أن:

$$F = mg$$

حيث g عجلة الجاذبية الأرضية، وحسب قانون الشغل والطاقة تكون الزيادة في طاقة الجسم – عند رفعه مسافة رأسية y – مساوية للشغل الذي تبذله القوة، أي أن:

$$\Delta U = -W = -(-Fy) = mgy$$

حيث $(\Delta U = U_f - U_i)$ هي التغير في طاقة الوضع. وإذا اعتبرنا أن الجسم بدأ بطاقة وضع ابتدائية $(U_i = 0)$ وانتهى عند طاقة وضع نهائية $(U_f = U)$ فإن

$$\boxed{U = mgy} \qquad (4\text{-}6)$$

هذه الزيادة في طاقة الوضع للجسم هي التي اكتسبها برفعه المسافة العمودية y، ومن الجدير بالذكر هنا أن الزيادة في طاقة الوضع هذه لا تتوقف على المسار الذي يتحرك فيه الجسم عند رفعه.

عندما يتحرك جسم ما فإنه يكتسب طاقة بفضل تلك الحركة ويمكن إيجاد مقدار هذه الطاقة باستخدام قانون الحركة الخطية تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية g:

$$v^2 = v_0^2 - 2ax$$

فعندما تؤثر قوةعلى جسم متحرك بحيث تغير سرعته من v_0 إلى v فإنها تبذل شغلا يمكن حسابه من المعادلة السابقة كما يلي:

$$\frac{1}{2}\left(v^2 - v_0^2\right) = -gy \qquad (4\text{-}7)$$

حيث تم استبدال التسارع a بعجلة الجاذبية g والمسافة x بالمسافة الرأسية y، وبضرب طرفي المعادلة (4-4) في الكتلة m نحصل على:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -mgy = W$$

الكمية $\frac{1}{2}mv^2$ تعرف بطاقة حركة الجسم ويرمز لها بالرمز K، أي أن:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (4\text{-}8)$$

وعليه فإن

$$\boxed{K_f - K_i = \Delta K = W} \qquad (4\text{-}9)$$

الكمية W هي الشغل الذي بذلته القوة ويساوي طاقة حركة الجسم النهائية مطروحا منها طاقة حركته الابتدائية وتعرف طاقة حركة الجسم بنصف حاصل ضرب كتلة الجسم في مربع سرعته.

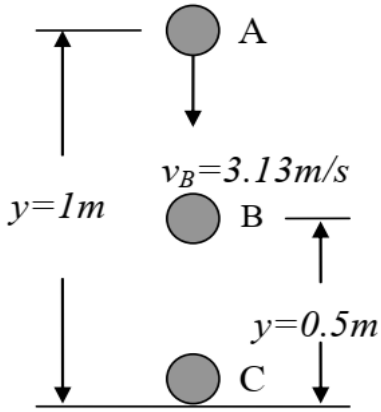
مثال (4-8)

سقطت كرة كتلتها $1Kg$ من السكون من ارتفاع $1m$ عند النقطة A فوصلت النقطة B - والتي تقع على ارتفاع $0.5m$ من سطح الأرض - بسرعة مقدارها $3.13m/s$ كما بالشكل (3-6). احسب كل من

أ) طاقة الوضع وطاقة الحركة عند النقطة A.

ب) طاقة الوضع وطاقة الحركة عند النقطة B.

ت) طاقة الوضع وطاقة الحركة عند وصول الكرة إلى سطح الأرض.



شكل 3-6

الحل:

أ) عند النقطة A تكون الكرة على ارتفاع $y=1m$ لذلك فإن طاقة وضعها تساوي

$$U_A = mgy = (1)\ (9.8)\ (1) = 9.8\ J$$

أما طاقة حركتها عند A فتساوي صفرا ($K_A=0$) لأنها بدأت حركتها من السكون ($v_A=0$).

ب) طاقة الوضع عند النقطة B

$$U_B = mgy = (1)\ (9.8)\ (0.5) = 4.9\ J$$

طاقة الحركة عند النقطة B تساوي

$$K_B = (1/2)\ m\ v^2$$

$$K_B = (1/2)\ (1)\ (3.13)^2 = 4.9\ J$$

ت) طاقة الوضع عند سطح الأرض تساوي صفرا ($U=0$) لأن $y=0$.

لحساب طاقة حركتها عند سطح الأرض يجب حساب سرعتها أولا لحظة وصولها للأرض وذلك باستخدام معادلات الحركة في خط مستقيم.

$$v^2 = v_0^2 + 2ay$$

$$v^2 = (0)^2 + 2\ (9.8)\ (1) = 19.6\ m^2/s^2$$

$$K = (1/2)\ m\ v^2 = (1/2)\ (1)\ (19.6) = 9.8\ J$$

6-4 قانون بقاء الطاقة Law of conservation of energy

يعتبر قانون بقاء الطاقة من القوانين الهامة جدا في الفيزياء وينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم ويمكن أن تأخذ صورة أخرى، أي تتحول من نوع إلى آخر. فمثلا إذا سقط جسم من حالة السكون في مجال الجاذبية الأرضية فإنه يكتسب طاقة حركة تساوي تماما ما يفقده من طاقة وضع.

يمكن استنتاج قانون بقاء الطاقة من العلاقة السابقة حيث أن

$$K_f - K_i = W = -\Delta U = -(U_f - U_i) = -U_f + U_i$$

أو أن

$$\boxed{K_f + U_f = K_i + U_i} \qquad (4\text{-}10)$$

وبصورة أخرى

$$\boxed{E_f = E_i} \qquad (4\text{-}11)$$

حيث أن الكمية

$$\boxed{E = K + U} \qquad (4\text{-}12)$$

تسمى بالطاقة الميكانيكة وهي عبارة عن حاصل جمع طاقة الحركة وطاقة الوضع.

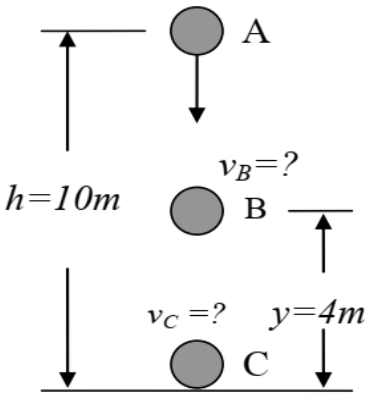
وأنواع الطاقة كثيرة، فبالإضافة إلى الطاقة الميكانيكية التي تشتمل طاقة الحركة وطاقة الوضع يوجد الطاقة الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والطاقة الضوئية.

مثال (4-9)

جسم صغير كتلته $m=2Kg$ أسقط من ارتفاع $h=10m$ فوق سطح الأرض كما بالشكل (3-7). مستخدما مبدأ حفظ الطاقة احسب ما يلي:

أ) سرعة الجسم على ارتفاع $y=4m$ من سطح الأرض.

ب) سرعة الجسم لحظة وصوله لسطح الأرض.



شكل 3-7

الحل:

أ) باستخدام مبدأ حفظ الطاقة بين النقطتين A و B نحصل على

$$K_A + U_A = K_B + U_B$$

$$0 + mgh = (1/2)\, m\, v_B^2 + mgy$$

$$2g\,(h - y) = v_B^2$$

$$v_B^2 = (2)\,(9.8)\,(10 - 4) = 117.6$$

$$v_B = 10.8\ m/s$$

ب) باستخدام مبدأ حفظ الطاقة بين النقطتين A و C نحصل على

$$K_A + U_A = K_C + U_C$$

$$0 + mgh = (1/2)\, m\, v_C^2 + 0$$

$$2g\,h = v_C^2$$

$$v_C^2 = (2)\,(9.8)\,(10\,) = 196$$

$$v_C = 14\ m/s$$

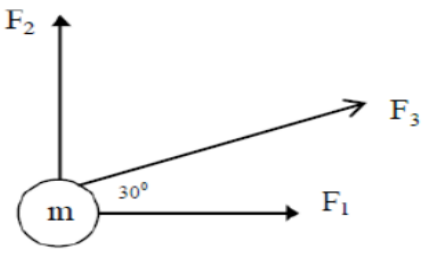
مسائل على الفصل الرابع

1- احسب قيمة القوة المؤثرة على سيارة كتلتها $1800kg$ وتسارعها $8m/s^2$.

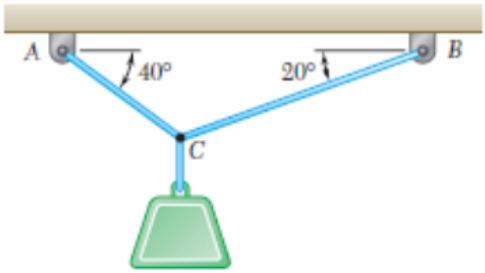
2- أثرت قوة قيمتها $50N$ على جسم كتلته $5kg$. ما هي العجلة التي ستحرك بها الجسم؟

3- احسب كمية تحرك جسم كتلته $3kg$ وسرعته $5m/s$.

4- ثلاث قوى $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \mathbf{F}_3$ تؤثر على جسم كتلته 4 kg كما في الشكل. فاذا كان $F_1 = 10$ N, $F_2 =$ 15 N, $F_3 = 20$ N احسب العجلة التي سيتحرك بها الجسم وحدد اتجاه العجلة.



5- حبلين معقود بهما حمل كتلته 60kg كما في الشكل احسب الشد في AC و BC



الشغل والطاقة

6- أثرت قوة أفقية قيمتها $3N$ على كتلة خشبية فأزاحتها مسافة $10m$ أفقيا. احسب مقدار الشغل المبذول على الكتلة.

7- جسم كتلته 2Kg يتحرك تحت تأثير قوة ($F=20N$) تصنع زاوية مقدارها 37^0 كما بالشكل (3-5). فإذا تحرك الجسم مسافة مقدارها ($d=4m$) على سطح أملس، احسب الشغل المبذول بواسطة القوة F.

8- جسم كتلته $2kg$ يسقط من ارتفاع $5m$ تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية، احسب الشغل الناتج عن تأثير وزنه.

9- قذفت كرة إلى أعلى بسرعة ابتدائية $10m/s$ ، فإذا تباطأت الكرة بعجلة تقصيرية $a= -10m/s^2$ احسب

أ) أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة.

ب) إذا كانت كتلة الكرة $0.5kg$ فاحسب الطاقة الميكانيكية للكرة لحظة انطلاقها وكذلك عند وصولها أقصى ارتفاع. فسر النتائج التي حصلت عليها تفسيرا فيزيائيا.

References:

1- Physics for Scientists and Engineers (with PhysicsNOW and InfoTrac), Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , Thomson Brooks/Cole © 2004, 6th Edition, 1296 pages.

2- مبادئ الفيزياء العامة، د. عقيل مهدي كاظم، الطبعة الأولى، 2009

3- محاضرات فيزياء عامة، الدكتور عبدالحي صلاح، جامعة الملك سعود

http://faculty.ksu.edu.sa/AbdelhaySalah/Arabic/Documents/Forms/AllItems.aspx

4- محاضرات فيزياء عامة 102 للدكتور محمد مرسي،

http://faculty.ksu.edu.sa/elmorsy/Pages/102physics.aspx