كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء عامة١

المحاضرة : الثانية/نظري/ د .خديجة الحسن

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

١٠

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الكتلة والوزن Mass & Weight

الكتلة: هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة.

الوزن: هو قوة جذب الكوكب (الأرض) للجسم.

فإذا كانت كتلة جسم ما m وتسارع الجاذبية الأرضية $\boldsymbol{g}$ فإن وزن الجسم $\boldsymbol{\omega}$ يُعطى حسب العلاقة التالية:

$$\boldsymbol{\omega} = m\,\boldsymbol{g} \quad (3-16)$$

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

القانون الثالث:

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

3-1 قانون مصونية (انحفاظ) كمية الحركة Law of conservation of momentum

إذا تصادم جسمان تتغير كمية حركة كلٍ منهما ولذلك يؤثر كلٍ منهما بقوة على الآخر. إذا لم يؤثر على أيٍ منهما أثناء التصادم قوى خارجية، أي أنهما يكوّنان مجموعه معزولة.

وبالتالي " كمية الحركة الكلية للجسمين قبل التصادم تساوي تماماً كمية الحركة للجسمين بعد التصادم و يسمى هذا القانون بقانون (مصونية)بقاء كمية الحركة".

ويمكن إثباته رياضياً عن طريق تصادم كرتين كتلتيهما m_1 ، m_2 تتحركان بسرعتين ابتدائيتين $\boldsymbol{v}_1$ ، $\boldsymbol{v}_2$ على الترتيب، فعندما تتصادم الكرتان تؤثر الكرة الأولى على الثانية بقوة $\boldsymbol{F}_2$ وتؤثر الثانية على الأولى بقوة $\boldsymbol{F}_1$ بحيث $\boldsymbol{F1} = -\boldsymbol{F_2}$. وذلك حسب قانون نيوتن الثالث. وإذا كان زمن التصادم هو Δt وتغيرت سرعتي الكرتين بعد التصادم إلى $\boldsymbol{v_1}'$ ، $\boldsymbol{v_2}'$ فبتطبيق قانون نيوتن الثاني على كل من الكرتين نجد أن:

$$\boldsymbol{F1} = m_1 \frac{(\boldsymbol{v_1'} - \boldsymbol{v_1})}{\Delta t}$$

$$\boldsymbol{F2} = m_2 \frac{(\boldsymbol{v_2'} - \boldsymbol{v_2})}{\Delta t}$$

وبما أن

$$\boldsymbol{F_1} = -\boldsymbol{F_2}$$

$$m_1 \frac{(\boldsymbol{v_1'} - \boldsymbol{v_1})}{\Delta t} = - m2 \frac{(\boldsymbol{v_2'} - \boldsymbol{v2})}{\Delta t}$$

$$\mathrm{m_1}\,\mathbf{v_1} + \mathrm{m_2}\,\mathbf{v_2} = \mathrm{m_1}\,\mathbf{v_1'} + \mathrm{m_2}\,\mathbf{v_2'} \qquad (3\text{-}17)$$

وهذا يثبت عدم تغير (انحفاظ) كمية الحركة الكلية قبل وبعد التصادم وهذا ما يُعرف (مصونية) بقانون بقاء كمية الحركة.

ملاحظة:

إذا **التحم الجسمين** المتصادمين ليُكونا جسماً واحداً بعد التصادم سرعته v' فإن

$$v_1' = v_2' = v'$$

وعليه فإن قانون مصونية كمية الحركة يكتب على الصورة التالية:

$$m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 = (m_1 + m_2)\mathbf{v}' \quad (3\text{-}18)$$

مثال (3−7)

أطلقت رصاصه كتلتها $2g$ على كتله خشبية كتلتها $600gm$ معلقه بخيط خفيف فإذا كانت سرعة الرصاصة $28000\ cm/s$ أوجد السرعة التي تكتسبها كتلة الخشب علماً بأن الرصاصة استقرت في الخشب.

الحل:

يلاحظ أن السرعة الابتدائية لكتلة الخشب $v_2 = 0$

وأن الرصاصة والكتلة الخشبية أصبحتا جسماً واحداً وعليه يمكن كتابة

$$m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 = (m_1 + m_2)\,\mathbf{v}'$$
$$2\,(28000) + 0 = (2 + 600)\,v'$$
$$v' = \frac{56000}{602} = 93.3\ cm/sec$$

2-3 العمل والطاقة Work and energy

تُحدث القوة عملاً على جسم ما إذا غيرت من موضع هذا الجسم (أدت لانتقاله)، وتعريف العمل هو حاصل ضرب إزاحة الجسم في مركبة القوة باتجاه الإزاحة.

فمثلاً إذا أثرت قوة $\boldsymbol{F}$ اتجاهها من الموضع A إلى الموضع B، ثم تحرك الجسم مسافة d في هذا الاتجاه كما بالشكل (3-3) يكون العمل المبذول:

$$W = F.d \qquad (3\text{-}19)$$

شكل (3-3)

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

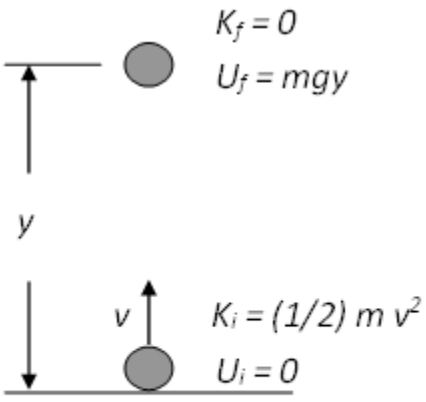
$$W = (F.\cos\theta)d$$

$$W = F\,d\,cos\,\theta \qquad (3\text{-}19)$$

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 العمل يكون موجبا إذا كانت القوة باتجاه الإزاحة ويكون سالبا إذا كانت القوة معاكسة لاتجاه الإزاحة لأن.

وحدة قياس العمل هي نيوتن.متر (جول $joule$)

ومن الملاحظ دائماً أنه كلما بذل عمل في مجموعه معزولة من الأجسام التي تؤثر عليها قوى تحدث تغيرات في الطاقة الداخلية لها.



شكل 3-4

فمثلاً العمل المبذول لرفع جسم ما يزيد من الطاقة الكامنة فيه بفضل موضعه وتسمى هذه الطاقة (الكامنة الثقالية) بطاقة الوضع ويرمز لها بالرمز U كما بالشكل (3−4). أيضاً العمل المبذول في التغلب على قوى الاحتكاك يرفع من الطاقة الحرارية للجسم.

وهكذا... نستخلص القانون الآتي:

قانون العمل والطاقة

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

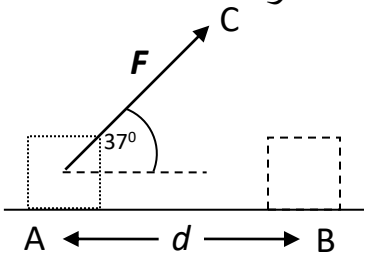
العمل المبذول = التغير في طاقة الجسم

$$W = -\Delta U$$

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

مثال (3−8)

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



شكل (3-5)

الحل:

حيث أن القوة تصنع مع الإزاحة زاوية θ فيكون

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

بالتعويض نجد أن

$$\mathrm{W} = (20)\,(4)\,(\cos 370) = 63.9\ \mathrm{J}$$

مثال (3−9)

قذفت كرة كتلتها $2Kg$ إلى مسافة مقدارها $(d = 4m)$. احسب العمل 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 $180°$.

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

بالتعويض نجد أن

$$W = (20)\,(4)\,(cos\ 180°) = -\ 80\ J$$

الإشارة السالبة تعني أنه قد حصل فَقد 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.

3-3 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 العمل والطاقة تكون الزيادة في طاقة الجسم عند رفعه مسافة رأسية y مساوية للعمل 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

$$\boxed{U = mgy} \qquad (3\text{-}20)$$

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 بل على الإزاحة فقط.

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 قوة على جسم متحرك بحيث تغير سرعته من v_0 إلى v فإنها تبذل عملاً يمكن حسابه من المعادلة السابقة كما يلي:

$$\frac{1}{2}(v^2 - v_0^2) = gy \qquad (3\text{-}21)$$

حيث تم استبدال التسارع a بعجلة الجاذبية g والمسافة x بالمسافة الرأسية y، وبضرب طرفي المعادلة (3–21) 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:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (3\text{-}21)$$

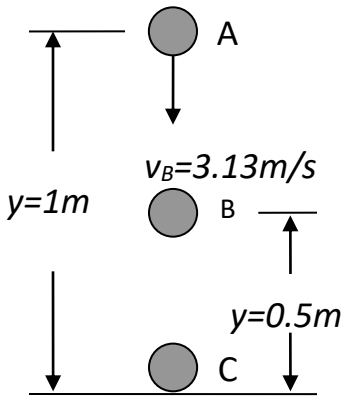
وعليه فإن

$$\boxed{K_f - K_i = \Delta K = W} \qquad (3\text{-}22)$$

الكمية W هي العمل 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 (3–10)

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



شكل 3-6

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.

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.

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

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

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

3-4 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

$$K_f - K_i = W$$

بما أن $W = -\Delta U$

$$-(Uf - Ui) = -Uf + Ui$$

$$Kf + Uf = Ki + Ui$$

وبصورة أخرى

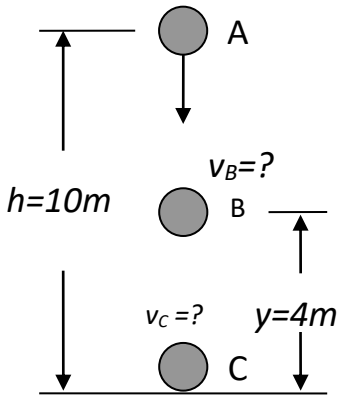
$$E_f = E_i \qquad (3\text{-}24)$$

حيث أن الكمية

$$E = K + U \qquad (3\text{-}24)$$

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.



شكل 3-7

مثال (3−11)

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.

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

$$K_A + U_A = K_C + U_C$$

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

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

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

$$v_C \;=\; 14\,m/s.$$

3-5 الحركة الدائرية المنتظمة Uniform circular motion

إذا تحرك جسم على مسار دائري نقول بأن حركته دائرية. مثال ذلك حركة جسم مربوط في خيط ويدور حول حامله، وحركة سيارة على منعطف دائري، كذلك يمكن اعتبار حركة الأرض حول الشمس دائرية تقريبا.

إذا اعتبرنا حركة نقطة مادية بسرعة منتظمة v على محيط دائرة نصف قطرها r كما بالشكل (3-8) فإن اتجاه سرعتها يكون دائما باتجاه المماس للدائرة. إذا انتقلت النقطة المادية من الموضع A إلى الموضع B في زمن قدره Δt فإن قوس الدائرة يصنع زاوية $\Delta\theta$ عند المركز O.

السرعة الزاوية للحركة: تعرّف السرعة الزاوية ω بالمعادلة التالية

$$\omega = \Delta\theta / \Delta t$$

وعندما تكون Δt صغيرة جدا فإن قيمة ω تصبح السرعة الزاوية اللحظية للنقطة المتحركة حول المركز O ووحدتها زاوية نصف قطرية لكل ثانية (*rad/sec*).

السرعة المماسية للحركة: هي السرعة الخطية لنقطة متحركة على مسار دائري عند أي موضع ويكون اتجاهها باتجاه المماس ويرمز لها بالرمز v (انظر الشكل 3–8) ووحدتها هي m/s.

العلاقة التي تربط بين السرعتين الزاوية والمماسية هي:

(3-25)

$$\boxed{v = r\,\omega}$$

حيث r هو نصف قطر الدوران.

إذا كان T هو الزمن الدوري (أي زمن الدورة الكاملة) فإن:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \qquad (3\text{-}26)$$

حيث f هو التردد (أي عدد الدورات خلال الثانية الواحدة) ويعطى حسب العلاقة

$$f = \frac{1}{T} \qquad (3\text{-}27)$$

من المعادلتين (3–25) و (3–26) نجد أن:

$$v = r\omega = r\left(\frac{2\pi}{T}\right)$$

$$\boxed{v = \frac{2\pi r}{T}} \qquad (3\text{-}28)$$

أي أن السرعة = محيط الدائرة / الزمن الدوري.

وحيث أن السرعة v في الحركة الدائرية تكون متغيرة الاتجاه باستمرار، فإن هذا التغير في الاتجاه يتسبب في تسارع الجسم باتجاه المركز ويسمى التسارع هنا **بالتسارع المركزي** ويرمز له بالرمز a_r ويعطى حسب العلاقة التالية:

$$\boxed{a_r = \frac{v^2}{r}} \qquad (3\text{-}29)$$

مثال (3-11)

يدور القمر حول الأرض بمسار دائري نصف قطره $3.85\times10^5 Km$ ويكمل دورة كاملة خلال 27.3 يوم.

احسب

أ) التسارع المركزي للقمر باتجاه الأرض.

ب) سرعته الزاوية.

الحل:

أ) زمن الدورة الواحد (الزمن الدوري) يساوي

$$T = 27.3 \times 24 \times 60 \times 60 = 2.36 \times 10^6 \ sec$$

يمكن حساب سرعة القمر كالتالي

$$v = 2\,\pi\, r \,/\, T$$

$$v = 2\pi (3.85 \times 10^5 \times 10^3) / 2.36 \times 10^6 = 1026 \text{ m/s}$$

من هنا نجد أن التسارع المركزي يساوي

$$a_r = v^2 / r = (1026)^2 / 3.85 \times 10^8 = 2073 \times 10^{-3}$$

ب) السرعة الزاوية تعطى حسب العلاقة

$$\omega = 2\pi / T = 2\pi / 2.36 \times 10^6$$

$$\omega = 2.6 \times 10^{-6} \text{ rad/sec}$$

ويمكن استخدام العلاقة

$$\omega = v / r = 1026 / 3.85 \times 10^8 = 2.6 \times 10^{-6} \text{ rad/sec}$$

مسائل على الفصل الثالث

1- إذا كنت تقود سيارة بسرعة *100km/hr* ونظرت جانبا لمدة ثانيتين، ما هي المسافة التي تقطعها السيارة خلال هذه الفترة.

2- يتحرك جسم على خط مستقيم بسرعة *10m/s* مسافة *200m* ثم بسرعة *20m/s* مسافة *140m* في نفس الاتجاه.

أ) جد متوسط سرعة الجسم المتجهة خلال هذه الرحلة.

ب) احسب متوسط سرعته القياسية أيضا.

3- يتحرك جسم على خط مستقيم بسرعة $10m/s$ مسافة $200m$ ثم بسرعة $20m/s$ مسافة $140m$ في الاتجاه المعاكس. جد متوسط سرعة الجسم المتجهة خلال هذه الرحلة ثم احسب متوسط سرعته القياسية أيضا.

4- تسير عربة على منحدر بسرعة $10m/s$ وتعود إلى حيث بدأت بسرعة $2m/s$. جد متوسط السرعة المتجهة خلال الرحلة بأكملها.

5- سيارة تبدأ حركتها من السكون بتسارع منتظم، وبعد مضي 12 ثانية أصبحت سرعتها $120m/s$. احسب:

أ) تسارع السيارة.

ب) المسافة المقطوعة خلال هذه الفترة.

6- جسم كان يتحرك بسرعة ثابتة قيمتها $6.4m/s$. إذا تسارع الجسم بعجلة منتظمة مقدارها $3.5m/s^2$ لمدة $2.8sec$ فما هي سرعته النهائية بعد هذه الفترة.

7- قطار يتحرك بتسارع منتظم فقطع مسافة $60m$ خلال 6 ثواني، إذا كانت سرعته النهائية بانتهاء هذه الفترة هي $15m/s$ فاحسب ما يلي:

أ) تسارع القطار.

ب) سرعته الابتدائية.

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

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

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

11- كرة كتلتها $1kg$ اصطدمت رأسيا بسطح الأرض بسرعة $20m/s$. إذا ارتدت الكرة لأعلى بسرعة $8m/s$ ، احسب :

أ) كمية تحرك الكرة قبل اصطدامها بالأرض.

ب) التغير في كمية تحرك الكرة.

ج) الدفع الناشئ على الكرة خلال تلامسها بالأرض.

د) إذا كان زمن التلامس بالأرض هو $0.02sec$ فما هي متوسط القوة المبذولة على الكرة؟

12- سيارة كتلتها $1500kg$ تسير بسرعة $30m/s$ اصطدمت بشاحنة كتلتها $800kg$ تسير بسرعة $20m/s$ في نفس الاتجاه. إذا تحركت السيارة والشاحنة معا كجسم واحد

أ) احسب السرعة النهائية لهما.

ب) هل كمية التحرك محفوظة قبل التصادم وبعده؟ وضح ذلك بالحساب.

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

14- 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.

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

16- 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 كتلتة الكرة $0.5kg$ فاحسب الطاقة الميكانيكية للكرة لحظة انطلاقها وكذلك عند وصولها أقصى ارتفاع. فسر النتائج التي حصلت عليها تفسيرا فيزيائيا.

17- يتحرك جسيم في مسار دائري بسرعة ثابتة مقدارها $6m/s$ ، إذا كان قطر المسار الدائري يساوي $3m$ ، احسب تسارع الجسيم.

18- يتحرك جسيم بسرعة ثابتة في مسار دائري نصف قطره $0.6m$ ، إذا كان الجسيم يعمل 6 دورات في الثانية الواحدة احسب

أ) السرعة الزاوية للجسيم.

ب) سرعته الخطية.

ج) تسارع الجسيم.