طبقاً للمنهج المطور

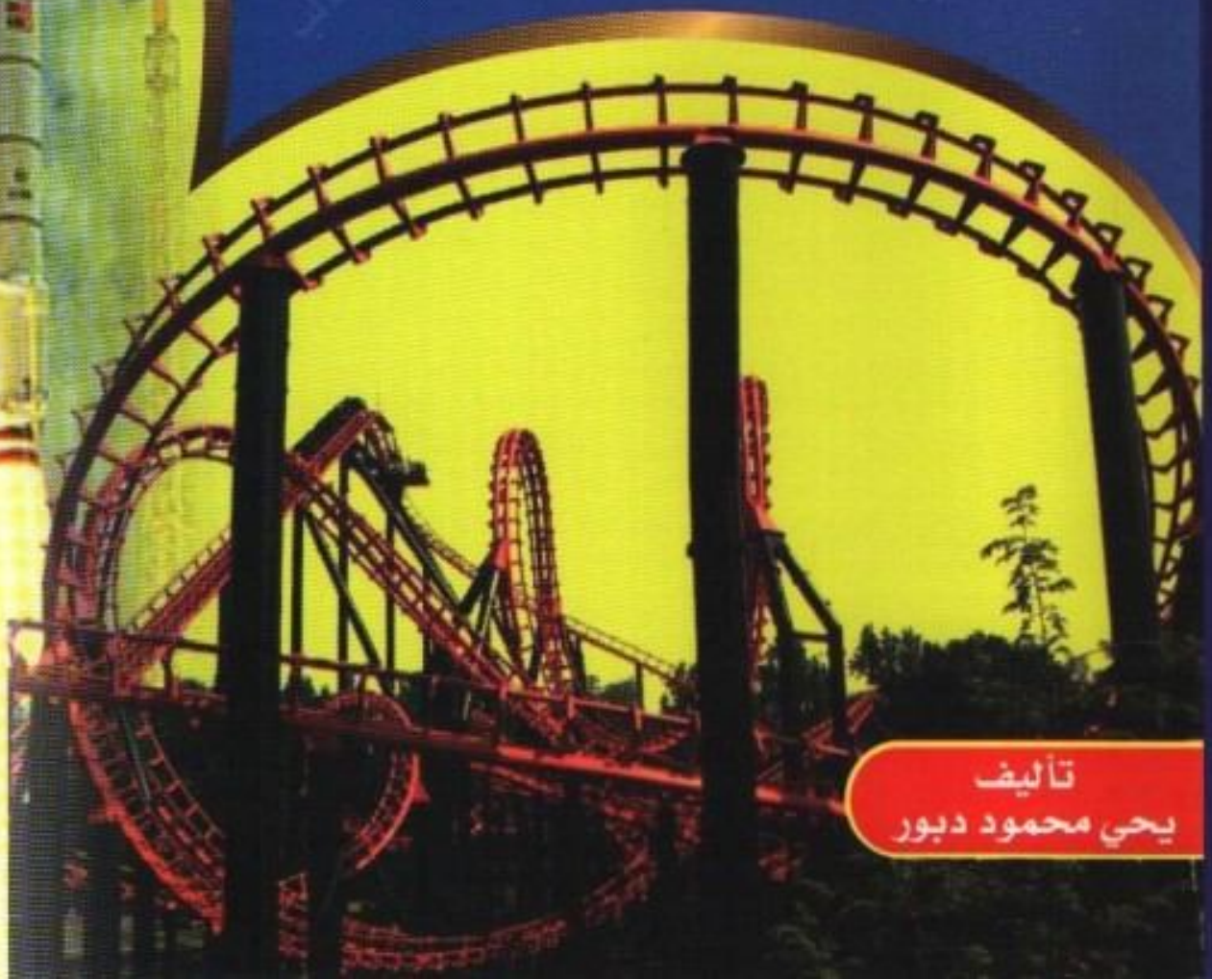
٢

تبسيط الفيزياء

للصف الثاني الثانوي

الفصل الدراسي الأول

بنين و بنات



تأليف
يحي محمود دبور

الفصل الأول

الحركة الدورانية

- وصف الحركة الدورانية
- الديناميكا الدورانية
- الاتزان

الفصل الأول: الحركة الدورانية

وصف الحركة الدورانية

الحركة الدورانية:

عندما يتحرك جسم في مسار دائري على محيط الدائرة تكون حركته حركة دائرية خطية، لكن عند دوران الجسم حول محور الدوران تسمى حركة دورانية مثل دوران إطار السيارة - دوران قرص دائري - دوران الباب - وعند دوران الجسم تتغير الزاوية المركزية (θ) من الصفر إلى 2π خلال دورة كاملة.

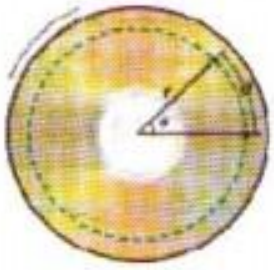
نقاط الجسم الذي يدور حول محور ثابت تسير وفق حركة دائرية حول هذا المحور، وتكون حركة كل نقطة من هذا الجسم دائرية حول المحور بغض النظر عن شكل الجسم. ومن الصعب وصف الحركة الدائرية لنقطة باستخدام الكميات الخطية وحدها،لأن اتجاه الحركة في مسار دائري يتغير باستمرار، لذلك يتم وصف الحركة الدائرية بدلالة زاوية دوران النقطة، عندها تدور كل نقاط جسم صلب باستثناء النقاط الواقعة على محور الدوران بالزاوية نفسها خلال الفترة الزمنية نفسها.

تقاس الزوايا عادة بالراديان:

عرّف الراديان الواحد على أنّه الزاوية المركزيّة في دائرة التي تقابل قوسًا لوله مساوٍ لطول نصف قطر الدائرة ويرمز له دائما *(rad)*.

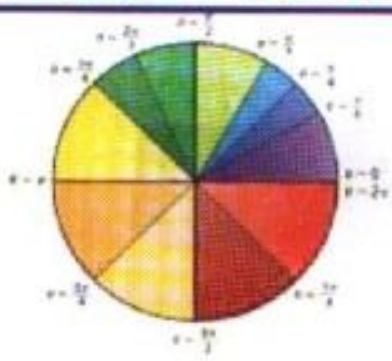
وبشكل عام، إنّ مقدار أي زاوية مركزيّة يحصرها نصفا قطر ما بالراديان تساوي النسبة بين طول القوس المقابل للزاوية وبين نصف قطر الدائرة، أي إنّ:

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



الراديان:

زاوية مركزية طول قوسها يساوي نصف قطر دائرتها وهي تساوي بالدرجات ٥٧.٣٠ تقريبا.



يبين الرسم القطاعي الدائري قياس الراديان لمعظم الزوايا الشهيرة مقيسة في عكس اتجاه عقارب الساعة، وكل زاوية مقيسة من الزاوية $\theta = 0$.

الإزاحة الزاوية $\Delta\theta$:

هي التغير في الزاوية (θ) أثناء دوران الجسم.

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$$

وتقاس الزاوية θ بالتقدير الدائري rad.

وتكون الإزاحة الزاوية موجبة عندما يكون اتجاه الدوران في عكس اتجاه عقارب الساعة.

وتكون الإزاحة الزاوية سالبة عندما يكون اتجاه الدوران في اتجاه مع عقارب الساعة.

السرعة الزاوية المتجهة (ω):

تساوي الإزاحة الزاوية مقسومة على الزمن الذي يتطلبه حدوث الدوران.

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

وتكون السرعة الزاوية **موجبة** عندما يكون اتجاه الدوران في عكس اتجاه عقارب الساعة.

وتكون السرعة الزاوية **سالبة** عندما يكون اتجاه الدوران في اتجاه مع عقارب الساعة.

إذا كانت السرعة الزاوية ثابتة (منتظمة) فإنه عند رسم العلاقة البيانية بين الإزاحة الزاوية والزمن تكون السرعة الزاوية تساوي ميل الخط المستقيم.

وتكون السرعة الزاوية المتجهة = السرعة الزاوية اللحظية المتجهة.

وتعد الأرض مثالا على جسم صلب يتحرك حركة دورانية، وعلى الرغم من أن النقاط المختلفة على الأرض تدور مسافات مختلفة في كل دورة إلا أن هذه النقاط جميعها تدور خلال الزاوية نفسها، وكل أجزاء الجسم الصلب يدور بالمعدل نفسه.

بينما الشمس ليست جسما صلبا لذلك فالأجزاء المختلفة منها تدور بمعدلات مختلفة.

التسارع الزاوي (α):

يساوي التغير في السرعة الزاوية المتجهة مقسوما على الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير.

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

ويقاس التسارع الزاوي بوحدة rad/s^2

يكون التسارع الزاوي موجبا عندما يكون التغير في السرعة الزاوية المتجهة موجبا.

يكون التسارع الزاوي سالبا عندما يكون التغير في السرعة الزاوية المتجهة سالبا.

ويحسب التسارع الزاوي اللحظي من ميل المماس للمنحنى بين السرعة الزاوية المتجهة والزمن.

قياسات خطية وزاوية			
الكمية	الخطية	الزاوية	العلاقة
الإزاحة	$d\,(m)$	$\theta = (rad)$	$d = r\,\theta$
السرعة المتجهة	$v\,(m/s)$	$\omega = (rad/s)$	$v = r\,\omega$
التسارع	$a\,(m/s^2)$	$A\,(rad/s^2)$	$a = r\,\alpha$

مسائل تدريبية

١- ما الإزاحة الزاوية لعقارب ساعة يد خلال h ١؟ اكتب إجابتك بثلاثة أرقام معنوية، وذلك لـ:

a. عقرب الثواني:

$$\Delta\theta = (٦٠)(-٢\pi\ rad) = -١٢٠\pi\ rad = -٣٧٧\ rad$$

b. عقرب الدقائق:

$$\Delta\theta = -٢\pi\ rad = -٦.٢٨\ rad$$

c. عقرب الساعات:

$$\Delta\theta = \left(\frac{١}{١٢}\right)(-٢\pi\ rad) = \frac{-\pi}{٦}\ rad = ٠.٥٢٤\ rad$$

٢- إذا كان التسارع الخطي لعربة نقل $١.٨٥\ m/s^2$، والتسارع الزاوي لإطاراتها $٥.٢٣\ d/s^2$، فما قطر الإطار الواحد للعربة؟

$$r = \frac{a}{\alpha} = \frac{١.٨٥}{٥.٢٣} = ٠.٣٥٤\ m$$

٣- إذا كانت العربة التي في السؤال السابق تسحب قاطرة قطر كل من إطاراتها $٤٨cm$ فأجب عما يأتي:

a. قارن بين التسارع الخطي للقاطرة والتسارع الخطي للعربة.

بما أن التغير في السرعة نفسه، لذلك يكون التسارع الخطي نفسه.

b. قارن بين التسارع الزاوي للقاطرة والتسارع الزاوي للعربة.

بما أن قطر الإطار زاد من $٣٥.٤cm$ إلى $٤٨cm$ فإن:

$$\alpha_{\text{القاطرة}} = \frac{a}{r} = \frac{١.٨٥}{٠.٤٨} = ٣.٨٥\ rad/s^٢$$

إذن التسارع الزاوي سوف يقل.

٤- إذا استبدلت بإطارات سيارتك إطارات أخرى قطرها أكبر فما التغير في السرعة الزاوية المتجهة وفي عدد الدورات إذا قمت بالرحلة نفسها وقطعت المسافة نفسها ملتزما بالسرعة الخطية نفسها؟

بما أن: $\omega = \frac{v}{r}$ ، فإذا كان r يزداد فإن ω سوف تقل.

وأيضا عدد الدورات سوف يقل.

التردد الزاوي (f):

هو عدد الدورات الكاملة التي يدورها الجسم في الثانية.

$$f = \frac{\text{عدد الدورات}}{\text{الزمن الكلي}} = \frac{\omega}{٢\pi}\ rev/s$$

مراجعة

٥- يدور القمر حول محوره دورة كاملة خلال ٢٧.٣ يوما، فإذا كان نصف قطر القمر ١.٧٤×١٠^٦، فاحسب الآتي:

a. زمن دوران القمر بوحدة الثانية:

$$\text{الزمن الدوري} = (٢٧.٣\ day)(٢٤\ h/day)(٣٦٠٠\ s/h)$$
$$= ٢.٣٦ \times ١٠^٦\ s$$

b. تردد دوران القمر بوحدة rad/s:

$$\omega = \frac{١}{period} = \frac{١}{٢.٣٦ \times ١٠^٦}\ rev/s = ٢.٦٦ \times ١٠^{-٦}\ rad/s$$

c. مقدار السرعة الخطية لصخرة على خط الاستواء للقمر (الناتجة فقط عن دوران القمر).

$$v = r\omega = (١.٧٤ \times ١٠^٦\ m)(٢.٦٦ \times ١٠^{-٦}\ rad/s) = ٤.٦٣\ m/s$$

d. قارن بين مقدار السرعة في الفرع السابق والسرعة الناتجة عن دوران الأرض لشخص يقف على خط الاستواء، علما بأن سرعة الأرض عند خط الاستواء $٤٦٤\ m/s$.

السرعة عند خط الاستواء $٤٦٤ m/s$ أي حوالي ١٠٠ مرة أسرع.

٦- إذا كان قطر الكرة المستخدمة في فأرة الحاسوب $٢.٠ cm$، وحركت الفأرة $١٢ cm$، فما الإزاحة الزاوية للكرة؟

$$d = r\theta \rightarrow \theta = \frac{d}{r} = \frac{١٢}{١.٠} = ١٢\ rad$$

٧- هل لكل أجزاء عقرب الدقائق الإزاحة الزاوية نفسها؟ وهل لها إزاحة خطية مماثلة.

نعم لكل أجزاء عقرب الدقائق الإزاحة الزاوية نفسها لأن كل جزء يدور بنفس الزاوية، ولكن ليس لها الإزاحة الخطية المتماثلة لأن نصف قطر الدوران يختلف من جزء لآخر.

٨- يدور الملف الاسطواني في محرك غسالة الملابس $٦٣٥ rev/min$، وعند فتح غطاء الغسالة يتوقف المحرك عن الدوران، فإذا احتاج الملف $٨.٠ s$ حتى يتوقف بعد فتح الغطاء فما التسارع الزاوي للملف الاسطواني؟

$$\omega_i = ٦٣٥ = ٦٦.٥٣\ rad/s \quad , \quad \omega_f = ٠.٠$$

$$\rightarrow \Delta\omega = -٦٦.٥٣\ rad/s$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{-٦٦.٥}{٨.٠} = -٨.٣\ rad/s^٢$$

٩- يبدأ مسار لولبي على قرص مضغوط CD بعد $٢.٧ cm$ من المركز، وينتهي على بعد $٥.٥ cm$ ويدور مشغل القرص بحيث تتغير السرعة الزاوية كلما ازداد نصف قطر المسار، ويبقى مقدار السرعة الخطية للمسار اللولبي ثابتا ويساوي $١.٤ m/s$ أوجد ما يلي:

a. السرعة الزاوية المتجهة للقرص(بوحدة rad/s و rev/min) عند بداية المسار.

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{١.٤\ m/s}{٠.٠٢٧\ m} = ٥٢\ rad/s = ٥ \times ١٠^٢\ rev/min$$

b. السرعة الزاوية المتجهة للقرص عند نهاية المسار.

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{١.٤\ m/s}{٠.٠٥٥\ m} = ٢٥\ rad/s = ٢.٤ \times ١٠^٢\ rev/min$$

c. التسارع الزاوي للقرص إذا كان زمن قراءته كاملا $٧٦ min$.

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t} = \frac{-٢٥ - ٥٢}{(٧٦)(٦٠)} = -٥.٩ \times ١٠^{-٣} rad/s^٢$$

ديناميكا الحركة الدورانية

العزم:

هو الأثر الدوراني الذي تحدثه القوى وينتج عنه تحريك الجسم حركة دورانية حول نقطة ثابتة أو محور ثابت. وهو يعتمد على نقطة تأثير القوة واتجاهها.

ويرمز للعزم بالرمز (τ) ومقداره يساوي حاصل ضرب القوة (F) في طول ذراعها (L).

$$\tau = F \times L = F\, r \sin\theta$$

وحدة قياس العزم $N.m$.

والعزم كمية متجهة تكون موجبة عندما يكون الدوران عكس عقارب الساعة وتكون سالبة عندما يكون الدوران مع عقارب الساعة.

ذراع القوة (L):

هو المسافة العمودية من محور الدوران حتى نقطة تأثير القوة.

$$L = r \sin\theta$$

(θ) هي الزاوية المحصورة بين القوة المؤثرة والمسافة العمودية إلى محور الدوران.

ومن قانون العزم يمكننا استنتاج ما يلي:

- يكبر العزم كلما بعدت المسافة بين محور الدوران ونقطة تأثير القوة (F) ، وكذلك حين تؤثر القوة باتجاه عمودي على الخط الواصل بين نقطة تأثيرها ومحور الدوران $(\theta = ٩٠)$
- ينعدم العزم عندما يمر خط عمل القوة بمحور الدوران $(F = ٠)$ وعندما تكون القوة موازية لمحور الدوران $(\theta = ٠)$.

ملاحظة/

مما سبق نستنتج أن العزم يتناسب طرديا مع مقدار القوة F وذراع القوة L.

مثال (١):

يتطلب شد برغي في محرك سيارة عزما مقداره $٣٥ N.m$ إذا استخدمت مفتاح شد طوله $٢٥ cm$، فأثرت في نهاية المفتاح بقوة تميل بزاوية ٦٠° بالنسبة للرأسي فما طول زراع القوة؟ وما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر بها؟

المعطيات: $\tau = ٣٥\ N.m$ ، $r = ٠.٢٥ m$ ، $\theta = ٦٠^\circ$

المطلوب: $F = ?$

نجد طول ذراع القوة باستخدام العلاقة:

$$L = r \sin\theta$$

$$= (٠.٢٥)(\sin ٦٠) = ٠.٢٢\ m$$

$$\tau = F\, r \sin\theta \quad \Longrightarrow \quad F = \frac{\tau}{r \sin\theta} = \frac{٣٥}{(٠.٢٥)(\sin ٦٠)}$$

$$= ١.٦ \times ١٠^{٢}\ N$$

مسائل تدريبية

١٠- بالرجوع إلى مفتاح الشد في المثال (١)، ما مقدار القوة التي يجب التأثير بها عموديا في مفتاح الشد؟

$$\tau = F\, r \sin\theta \quad \rightarrow \quad F = \frac{\tau}{r \sin\theta} = \frac{٣٥}{(٠.٢٥)(\sin ٩٠)} = ١.٤ \times ١٠^{٢}\ N.$$

١١- إذا تطلب تدوير جسم عزما مقداره $٥٥ N.m$، في حين كانت أكبر قوة يمكن التأثير بها $١٣٥ N$ فما طول ذراع القوة الذي يجب استخدامه؟

$\theta = ٩٠.٠^\circ$

$$\tau = F\, r \sin\theta \quad \rightarrow \quad r = \frac{\tau}{F \sin\theta} = \frac{٥٥}{(١٣٥)(\sin ٩٠)} = ٠.٤٠٧\ m.$$

١٢- لديك مفتاح شد طوله $٠.٢٣٤ m$، وتريد أن تستخدمه في إنجاز مهمة تتطلب عزما مقداره $٣٢.٤ N.m$، عن طريق التأثير بقوة مقدارها $٢٣٢ N$. ما مقدار أقل زاوية تصنعها القوة المؤثرة بالنسبة للرأسي، وتسمح بتوفير العزم المطلوب؟

$$\tau = F\, r \sin\theta \quad \rightarrow \quad \theta = \sin^{-١}\left(\frac{\tau}{F\, r}\right)$$

$$\theta = \sin^{-١}\left(\frac{٣٢.٤\ N.m}{(٢٣٢)(٠.٢٣٤)}\right) = = ٣٦.٦^\circ$$

١٣- إذا كانت كتلتك $٦٥kg$ ووقفت على بدالات دراجة هوائية، بحيث تصنع البدالة زاوية مقدارها ٣٥° على الأفقي، وتبعد مسافة $١٨cm$ عن مركز حلقة السلسلة فما مقدار العزم الذي تؤثر فيه؟ وما مقدار العزم الذي تؤثر فيه إذا كانت البدالات رأسية؟

الزاوية بين القوة والقطر = ٩٠ - ٣٥ = ٥٥°

$$\tau = F\, r \sin\theta \quad = mg\, r \sin\theta$$
$$= (٦٥)(٩.٨)(٠.١٨m)(\sin ٥٥^\circ) \;=\; ٩٤\ N.m$$

إيجاد محصلة العزم

المجموع الجبري لعزوم عدة قوى:

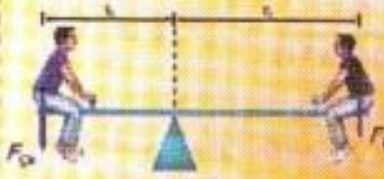
محصلة عزوم عدة قوة تؤثر في جسم ما تساوي المجموع الجبري لهذه العزوم مع الالتزام بالإشارات الموجبة والسالبة.

$$\Sigma\tau = \tau_١ + \tau_٢ + \ldots..$$

وإذا كان هناك عزمين متساويان في المقدار ومتعاكسان في الاتجاه تكون محصلة العزم تساوي صفر

مثال (٢):

يلعب سعيد ولافي على لعبة ميزان طولها $١.٧٥m$ بحيث يحافظان على وضع الاتزان للعبة، فإذا كانت كتلة سعيد $٥٦kg$ وكتلة لافي $٤٣kg$ فما بعد نقطة الارتكاز عن كل منهما؟ (أهمل وزن لوح لعبة الميزان)



المعطيات:

$$m_s = ٥٦kg \quad , \quad m_l = ٤٣kg$$
$$r_s - r_l = ١.٧٥m$$

المطلوب: $r_s = ?$, $r_l = ?$

نجد القوتين:

سعيد: $Fg_s = m_s g = (٥٦)(٩.٨) = ٥.٥ \times ١٠^٢\ N$

لافي: $Fg_l = m_l g = (٤٣)(٩.٨) = ٤.٢ \times ١٠^٢\ N$

نجد بعد سعيد بدلالة طول لعبة الميزان وكذلك بعد لافي:

$$r_s = ١.٧٥ - r_l$$

عندما لا يحدث الدوران يكون مجموع العزوم صفرا.

$$F_{gs} r_s = F_{gs} r_l \quad \Longrightarrow \quad F_{gs}\, r_s - F_{gl} r_l = ٠\ N.m$$
$$F_{gs}\,(١.٧٥m - r_l) - F_{gl} r_l = ٠$$
$$F_{gs}\,(١.٧٥)\, F_{gs}\, r_l - F_{gl} r_l = ٠$$
$$F_{gs}\, r_l + F_{gl} r_l = F_{gs}\,(١.٧٥)$$
$$(F_{gs} + F_{gl})\, r_l = F_{gs}\,(١.٧٥)$$
$$r_l = \frac{F_{gs}\,(١.٧٥)}{F_{gs} + F_{gl}} = \frac{(٥.٥ \times ١٠^٢)(١.٧٥)}{(٥.٥ \times ١٠^٢) + (٤.٢ \times ١٠^٢)} = ٠.٩٩\ m$$

مسائل تدريبية

١٤- يجلس علي على بعد $١.٨m$ من مركز لعبة الميزان، فعلى أي بعد من مركز اللعبة يجب أن يجلس عبد الله حتى يتزن، علما بأن كتلة علي $٤٣kg$ وكتلة عبد الله $٥٢kg$؟

$$F_{علي} r_{علي} = F_{عبد الله} r_{عبد الله} \quad \rightarrow \quad r_{عبد الله} = \frac{F_{علي} r_{علي}}{F_{عبد الله}} = \frac{m_{علي} g r_{علي}}{g m_{عبد الله}} = \frac{m_{علي} r_{علي}}{m_{عبد الله}}$$

$$\rightarrow r_{عبد الله} = \frac{(٤٣)(١.٨)}{٥٢} = ١.٥\ m$$

١٥- إذا كان نصف قطر إطار دراجة هوائية $٧٠.٧cm$، وأثرت السلسلة بقوة مقدارها $٣٥N$ في الإطار في اتجاه حركة عقارب الساعة فما مقدار العزم اللازم لمنع الإطار من الدوران؟

$$\tau = F_g r = (-٣٥)\ (٠.٠٧٧٠\ m) = -٢.٧\ N.m$$

١٦- علقت سلتا فواكه بحبلين يمران على بكرتين قطراهما مختلفان كما في الشكل المقابل، وفقا للبيانات المرفقة مع الرسم، ما مقدار كتلة السلة A؟

$$\tau_١ = \tau_٢ \quad \rightarrow \quad F_١ r_١ = F_٢ r_٢$$

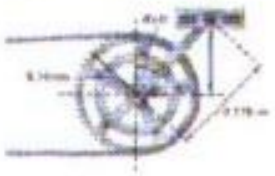
$$\rightarrow \quad m_١ g r_١ = m_٢ g r_٢$$

$$m_١ = \frac{m_٢ r_٢}{r_١} = \frac{(٠.٢٣)(٠.١)}{٤.٥} = ٠.٠٥٦\ kg$$

١٧- لو افترضنا أن نصف قطر البكرة الكبرى في السؤال السابق أصبح $٦cm$ فما مقدار كتلة السلة A؟

$$m_١ = \frac{m_٢ r_٢}{r_١} = \frac{(٠.٢٣)(٠.١)}{٦.٠} = ٠.٠٤٢\ kg$$

١٨- يقف شخص كتلته $٦٥kg$ على بدالة دراجة هوائية، فإذا كان طول ذراع التدوير $٠.١٧٠m$ ويصنع زاوية ٤٥° بالنسبة للرأسي كما في الشكل المقابل، وكان ذراع التدوير متصلا بالإطار الخلفي (الذي تديره السلسلة عادة)، فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر فيها السلسلة لمنع الإطار من الدوران، علما بأن نصف قطر الإطار $٩.٧٠cm$؟



$$\tau_{الدوران} = -\tau_{السلسلة} \quad \rightarrow \quad F_{الدوران} r_{الدوران} \sin\theta = -F_{السلسلة} r_{السلسلة}$$

$$F_{السلسلة} = \frac{-F_{الدوران} r_{الدوران} \sin\theta}{r_{السلسلة}} = \frac{-m\, g r_{الدوران} \sin\theta}{r_{السلسلة}}$$

$$= \frac{-(٦٥)(٩.٨)(٠.١٧٠)(\sin ٤٥)}{٠.٠٩٧m} = ٧٨٩N$$

مراجعة

١٩- يريد عبد الرحمن أن يدخل من باب دوار ساكن، وضح كيف يدفع الباب ليولد عزما بأقل مقدار من القوة المؤثرة، وأين؟

لتوليد عزم بأقل قوة عليك دفع الباب مقتربا ما أمكن من الحافة وبزاوية قائمة بالنسبة للباب.

٢٠- حاولت فتح باب، ولم تستطع دفعه بزاوية قائمة بالنسبة له، فدفعته بزاوية ٥٥° بالنسبة للرأسي، قارن بين قوة دفعك للباب في هذه الحالة وبين القوة اللازمة لدفعه عندما تكون القوة عمودية عليه (٩٠) مع تساوي سرعة الباب في الحالتين.

عليك بزيادة القوة بالنسبة التالية: $\frac{١}{٠.٥٧} = ١.٧٥$

للحصول على العزم نفسه.

٢١- يسحب شخصان حبلين ملفوفين حول حافة إطار كبير، فإذا كانت كتلة الإطار $١٢kg$ وقطره $٢.٤m$، ويسحب أحد الشخصين الحبل الأول في اتجاه حركة عقارب الساعة بقوة $٤٣N$، ويسحب الشخص الآخر الحبل الثاني في اتجاه معاكس لاتجاه عقارب الساعة بقوة $٦٧N$، فما محصلة العزم على الإطار؟

$$\tau_{محصلة} = \tau_١ + \tau_٢ = F_١ r + F_٢ r$$

$$= (F_١ + F_٢)\left(\frac{١}{٢}d\right) = (-٤٣ + ٦٧)\left(\frac{١}{٢}٢.٤\right) = ٢٩\ N.m$$

٢٢- إذا وضعت كرة عند أعلى سطح مائل مهمل الاحتكاك فسوف تنزلق إلى أسفل السطح دون دحرجة، ولكن إذا كان السطح خشنا فإن الكرة سوف تتدحرج في أثناء انزلاقها إلى أسفل، وضح سبب ذلك مستخدما مخطط الجسم الحر.

العزم $\tau = Fr\sin\theta$، القوة ناتجة عن الاحتكاك، والعزم يجعل الكرة تدور باتجاه حركة عقارب الساعة، وإذا كان السطح أملس لا توجد قوة موازية للسطح في هذه الحالة ولا يوجد عزم ولا دوران.

الاتزان

مركز الكتلة

مركز الكتلة لجسم هو نقطة على الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التي يتحرك بها الجسيم النقطي.

تحديد موقع مركز الكتلة لجسم ما:

١- إذا كان الجسم منتظم المقطع والكثافة يكون مركز الكتلة في مركزه الهندسي.

٢- مركز الكتلة لبعض الأجسام يكون في الفراغ المحيط بالجسم (حلقة دائرية – مغناطيس على شكل حرف U ...)

٣- إذا كان الجسم غير منتظم المقطع والكثافة نعلق الجسم من أي نقطة وعندما يتوقف الجسم عن التأرجح يكون مركز الكتلة على الخط الرأسي المرسوم من نقطة التعليق نرسم هذا الخط ثم نعلق الجسم من نقطة أخرى فيكون مركز الكتلة على الخط الرأسي الجديد المرسوم من نقطة التعليق يكون مركز الكتلة للجسم في النقطة التي يتقاطع فيها الخطان.

مركز الكتلة لجسم الإنسان:

الشخص الذي يقف ويداه مسبلتان إلى جانبه يكون مركز الكتلة على بعد سنتمترات أسفل السرة في منتصف المسافة بين جزئي الجسم الأمامي والخلفي، يكون مركز الكتلة أعلى بقليل لدى الأطفال لأن رأس الطفل يكون كبيرا بالنسبة لجسمه.

بما أن جسم الإنسان مرن فإن مركز الكتلة له غير ثابت إذا رفعت يديك رأسيا إلى أعلى فإن مركز كتلتك يرتفع من $١٠\ cm$ إلى $٦\ cm$

يظهر لاعب الجمباز وكأنه يطير في الهواء لأن مركز كتلته يتغير عندما يقفز حيث يرتفع مركز كتلته ويصبح أقرب إلى رأسه ويكون مسار مركز الكتلة على صورة قطع مكافئ

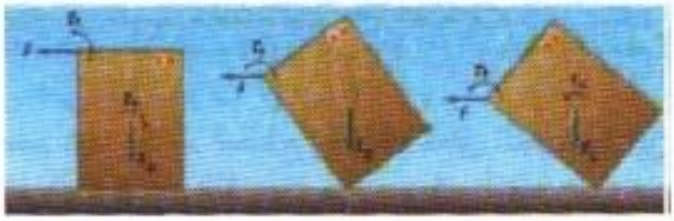
لذا يبقى رأس اللاعب غالبا على الارتفاع نفسه لوقت طويل كما بالشكل.

مركز الكتلة والاستقرار (الثبات)

لماذا ينقلب الصندوق المرتفع قليل العرض بصورة أسرع من الصندوق المنخفض والعريض؟

لقلب صندوق يجب تدوير إحدى حوافه (زواياه) بحيث تؤثر في أعلى الصندوق بقوة F فتولد عزما τ_F ويؤثر وزن الصندوق في مركز الكتلة بقوة Fg فتحدث عزما معاكسا τ_w ، يصبح مركز الكتلة مباشرة فوق النقطة الداعمة (نقطة الإسناد) يصبح ($\tau_w = 0$)، ويبقى تأثير العزم الخارجي فقط τ_F.

دوران الصندوق يبتعد مركز الكتلة عن النقطة الداعمة وعندئذ يؤثر العزمان τ_w τ_F في اتجاه واحد فينقلب الصندوق بسرعة



يستقر الصندوق عندما يكون مركز كتلته فوق قاعدته، لقلب الصندوق أو تدويره يجب تدوير مركز كتلته حول محور الدوران حتى يبتعد مركز الكتلة عن القاعدة.

كلما كانت قاعدة الجسم عريضة كلما كان أكثر استقرارا، عندما تقف في حافلة وتتمايل الحافلة أثناء سيرها فإنك تباعد بين قدميك قليلا بحيث تزيد المسافة بين القدمين فتتجنب السقوط

في الشكل السيارة ذات الارتفاع الأكبر يكون مركز كتلتها مرتفعا لذلك يؤدى ميل قاعدتها قليلا إلى خروج المحور الرأسي المار بمركز الكتلة عن القاعدة فتنقلب السيارة.

كلما كان مركز كتلة السيارة منخفضا تكون السيارة أكثر استقرارا.

بالنسبة إليك فإنك تكون أكثر استقرارا عندما تقف مستويا على قدميك، أما عندما تقف على أصابع قدميك يتحرك مركز الكتلة إلى الأمام مباشرة وتصبح أقل استقرارا.

فى لعبة الجودو وألعاب الدفاع عن النفس يستخدم اللاعب العزم لتدوير خصمه وجعله فى وضع أقل استقرارا عن طريق جعل مركز كتلته غير واقع فوق قدميه

إذا كان مركز الكتلة فوق قاعدة الجسم يكون الجسم مستقرا، إذا كان مركز الكتلة خارج قاعدة الجسم يكون الجسم غير مستقر ويدور أو ينقلب دون تأثير عزم إضافي، إذا كانت قاعدة الجسم ضيقة ومركز الكتلة عاليا يكون الجسم مستقرا لكن أي قوة صغيرة تجعله ينقلب أو يدور

استقرار الأجسام

يبقى الجسم مستقراً ما دام خط عمل وزنه يمر بالقاعدة التي يستند عليها.

الاتزان المستقر: **الاتزان الذي فيه يحافظ الجسم على** اتزانه رغم أي إزاحات بسيطة، حيث سرعان ما يعود إلى وضع استقراره الأصلي.

الاتزان غير المستقر: **الاتزان الذي فيه أي إزاحة أو** هزة تجعل الجسم يفقد اتزانه وينقلب.

الاتزان المحايد (المتعادل): **الاتزان الذي فيه يستقر** الجسم بعد تحريكه **ويحافظ على اتزانه الجديد ولكن لا يعود إلى وضعه** الأصلي.

لأجسام الأكثر اتزاناً واستقراراً هي الأجسام التي يكون فيها مركز الثقل منخفضاً ومساحة قواعدها كبيرة. **(لذلك يراعى في تصميم** السيارات أن يكون **مركز الثقل منخفضاً وأن تكون المساحة كبيرة بين** العجلات الأربع)

شرطا الاتزان

يقال أن الجسم في حال اتزان إذا كانت محصلة جميع القوى المؤثرة في هذا **الجسم تساوي** صفراً $(\Sigma F = 0)$ **وفي هذه الحالة تكون** العجلة = صفر. فيكون **لجسم إما ساكناً** (اتزاناً استاتيكياً) **و متحركاً بسرعة** منتظمة في خط مستقيم (اتزاناً ديناميكياً).

الاتزان الاستاتيكي

وهي الحالة التي تكون فيها الأجسام الساكنة المستمرة في سكونها. وهذه **الأجسام إذا كانت تحت تأثير قوتين فإنهما تكونان** متساويتان في المقدار **ومتضادتان في الاتجاه ويكون خط عملهما في** استقامة واحدة. [على سبيل **المثال قوة جذب الأرض لجسم موضوع فوق لوح** (الوزن) وقوة تأثير اللوح **في الجسم** (قوة التماس – القوة العمودية)] **وإذا كانت** تحت تأثير أكثر من قوتين **فإن** محصلة هذه القوى يجب أن تساوي صفر.

وحتى يكون الجسم في حالة اتزان ميكانيكي يجب توافر شرطين:

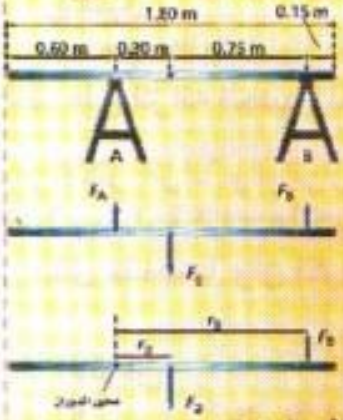
الشرط الأول : يجب أن يكون الجسم في حالة اتزان انتقالي أي أن مجموع القوى المؤثرة على الجسم = ٠ ، $(\Sigma F = 0)$.

الشرط الثاني : يجب أن يكون الجسم في حالة اتزان دوراني أي أن مجموع العزم المؤثر على الجسم = ٠ ، $(\Sigma \tau = 0)$.

في الشرط الأول تكون السرعة المتجهة = ٠ ، **وفي** الشرط الثاني تكون السرعة الزاوية المتجهة = ٠ .

مثال (٣):

سلم خشبي كتلته $٥.٨kg$ وطوله $١.٨٠m$ يستقر أفقيا على حاملين داعمين، يبعد الحامل الأول A مسافة $٠.٦٠m$ عن طرف السلم، ويبعد الحامل الثاني B مسافة $٠.١٥m$ عن الطرف الآخر له. ما مقدار القوة التي يؤثر بها كل من الحاملين في السلم؟



المعطيات: $m=٥.٨kg$, $l=١.٨m$

$l_A=٠.٦٠m$, $l_B=٠.١٥m$

المطلوب: $F_A=?$, $F_B=?$

نمثل الوضع، ثم نختر محور الدوران عند النقطة التي تؤثر فيها F_A في السلم، فيكون العزم الناتج عن القوة F_A صفرا.

يكون مركز كتلة السلم الذي كثافته ثابتة في مركزه (نتصف الطول والعرض)، ومحصلة القوة المؤثرة في السلم هي مجموع جميع القوى المؤثرة فيه.

السلم في وضع اتزان انتقالي، لذا محصلة القوى المؤثرة فيه صفر.

$$F_{\text{المحصلة}} = F_A + F_B + F_g = F_A - F_B + (-F_g)$$

$$٠.٠ = F_A + F_B - F_g \quad \Rightarrow \quad F_A = F_g - F_B$$

T_g في اتجاه حركة عقارب الساعة $\quad T_g = -r_g F_g$

T_B في عكس اتجاه حركة عقارب الساعة $\quad T_B = r_B F_B$

$$T_{\text{المحصلة}} = T_B + T_g$$

السلم في وضع اتزان دوراني لذا فإن:

$$٠.٠ = T_B + T_g \quad \Rightarrow \quad T_B = -T_g$$

$$r_g = r_B F_B \ , \quad F_B = \frac{r_g F_g}{r_B} = \frac{r_g mg}{r_B}$$

$$F_A = F_g - F_B \quad \Rightarrow \quad F_A = F_g - \frac{r_g mg}{r_B}$$

$$= mg - \frac{r_g mg}{r_B} = \left(١ - \frac{r_g}{r_B}\right) mg$$

يكون مركز كتلة السلم الذي كثافته ثابتة في مركزه.

$$r_g = \frac{١}{٢} l - l_A = ٠.٩٠ - ٠.٦٠ = ٠.٣٠\ m$$

$$r_B = \left(\frac{١}{٢} l - l_B\right) + rg = (٠.٩٠ - ٠.١٥) + ٠.٣٠ = ١.٠٥m$$

$$F_B = \frac{r_g mg}{r_B} = \frac{(٠.٣٠)(٥.٨)(٩.٨)}{١.٠٥} = ١٦\ N$$

$$F_A = mg\left(١ - \frac{r_g}{r_B}\right) = \left(١ - \frac{٠.٣٠}{١.٠٥}\right)(٥.٨)(٩.٨) = ٤١N$$

مسائل تدريبية

٢٣- يتزن لوح خشبي كتلته $٢٤kg$، وطوله $٤.٥m$ على حاملين، أحدهما تحت مركز اللوح مباشرة، والثاني عند الطرف، ما مقدار القوتين اللتين يؤثر بهما كل من الحاملين الرأسيين؟

$$F_{\text{المركز}} = F_g = (٢٤)(٩.٨٠) = ٢.٤ \times ١٠^{٢} N$$
$$F_{\text{الطرف}} = ٠ N$$

٢٤- يتحرك غطاس كتلته $٨٥kg$ نحو طرف لوح القفز، فإذا كان طول اللوح $٣.٥m$ وكتلته $١٤kg$، وثبت بوساطة داعمين، أحدهما عند مركز الكتلة، والآخر عند أحد طرفي اللوح، فما مقدار القوة المؤثرة في كل داعم؟

$$\tau_{\text{لوح}} = -\tau_{\text{غطاس}} \rightarrow F_{\text{لوح}}\, r_{\text{لوح}} = -F_{\text{غطاس}}\, r_{\text{غطاس}}$$
$$F_{\text{اللوح}} = \frac{-F_{\text{غطاس}}\, r_{\text{غطاس}}}{r_{\text{اللوح}}} = \frac{-m\, g r_{\text{غطاس}}}{r_{\text{اللوح}}}$$
$$= \frac{-(٨٥)(٩.٨)(١.٧٥)}{١.٧٥} = -٨.٣ \times ١٠^{٢} N$$
$$F_{\text{اللوح}} + F_{\text{المركز}} = F_{\text{الغطاس}} + F_g \rightarrow F_{\text{المركز}} = F_{\text{الغطاس}} + F_g - F_{\text{اللوح}}$$
$$= ٢ F_{\text{الغطاس}} + F_g = g\,(٢ m_{\text{غطاس}} + m_{\text{اللوح}})$$
$$= (٩.٨)(٢(٨٥)-١٤)$$
$$= ١.٨ \times ١٠^{٣} N$$

القوة الطاردة المركزية

افترض أن شخصا يقف في مركز قرص دوار قذف كرة في اتجاه حافة القرص

١- إذا كان هناك شخصا يقف خارج القرص الدوار فإنه يلاحظ أن الكرة تتحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة.

٢- إذا كان هناك شخص ثابت يقف فوق القرص الدوار ويدور معه فإنه يرى الكرة كانها تتحرك في مسار منحنى بسرعة ثابتة

إذن فإننا نلاحظ انحراف في الحركة الأفقية عندما نكون في إطار دوار (يدور)، لا توجد قوة حقيقة تسبب هذا الانحراف ولكن يبدو (يظهر) لنا أن هناك قوة، لذلك فهذه القوة الظاهرية هى قوة وهمية.

مراجعة

٢٥- هل يمكن أن يكون مركز كتلة جسم في نقطة خارج الجسم؟ وضح ذلك.
نعم، كمثالي الموزة والكرسي.

٢٦- لماذا تكون المركبة المعدلة التي أضيف إليها نوابض لتبدو مرتفعة، أقل استقرارا من مركبة مشابهة غير معدلة؟
لأن مركز الكتلة يرتفع ولكن لا تزداد مساحة قاعدتها.

٢٧- أعط مثالا على جسم في الحالات التالية:
a. متزن دورانيا، ولكنه غير متزن انتقاليا.
سقوط كتاب دون دوران.

b. متزن انتقاليا، ولكنه غير متزن دورانيا.
دوران السيسو غير المتزن حتى تضرب القدم بالأرض.

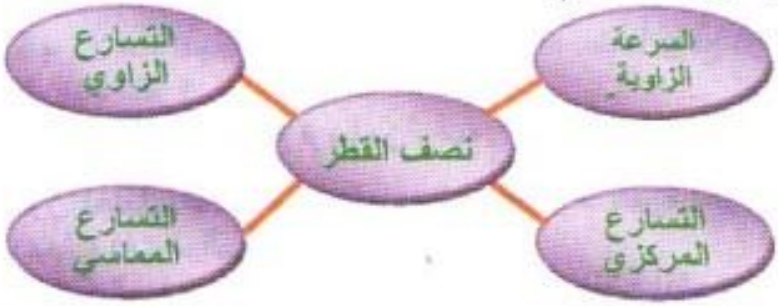
٢٨- أين يقع مركز كتلة لفة شريط لاصق؟
تكون في وسط اللفة.

٢٩- وضح كيف يمكنك إيجاد مركز كتلة هذا الكتاب؟
اربط الخيط بإحدى زوايا الكتاب ثم علق الكتاب، وارسم خطا على طول الخيط، كرر العملية مرتين من نقطتين أخريين، وفي كل مرة ارسم خطا على طول الخيط، فسيكون مركز الكتلة عند نقطة تقاطع الخطوط.

٣٠- إذا وضعت قطعة نقد على قرص دوار، وبدأت في الانزلاق إلى الخارج عند زيادة سرعة دورانها، فما القوى المؤثرة فيها؟
تؤثر كتلة الأرض بقوة إلى الأسفل، أما سطح القرص الدوار فيؤثر بقوة إلى الأسفل وإلى الأعلى.

تقويم الفصل الأول

٣١- أكمل خريطة المفاهيم:



٣٢- تدور عجلة دراجة هوائية بمعدل ثابت ٢٥rev/min فهل تقل سرعتها الزاوية المتجهة أم تزداد أم تبقى ثابتة؟
تبقى ثابتة.

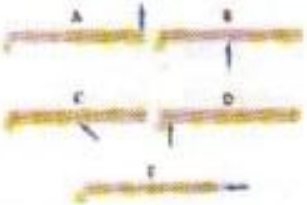
٣٣- تدور لعبة بمعدل ثابت ٥rev/min، فهل تسارعها الزاوي موجب أم سالب أم صفر؟
صفر.

٣٤- هل تدور جميع أجزاء الأرض بالمعدل نفسه؟ وضح ذلك.
نعم، لأن جميع أجزاء الجسم الصلب تدور بالمعدل نفسه.

٣٥- تدور عجلة دراجة بمعدل ثابت ١٤rev/min، فهل يكون اتجاه التسارع الكلي لنقطة على الإطار إلى الداخل، أم إلى الخارج/ أم مماسيا، أم صفرا؟
إلى الداخل.

٣٦- لماذا يعد عزم الدوران أهم من القوة عند محاولة شد البرغي؟
لأنه يمكن الحصول على عزوم متعددة لقوة واحدة عن طريق تغيير طول ذراع القوة.

٣٧- رتب العزوم المؤثرة في الأبواب الخمسة في الشكل التالي من الأقل إلى الكبر، ولاحظ أن مقدار القوة هو نفسه في الأبواب كلها.



$A > B > C > D > E = 0$

٣٨- لمعايرة العجلات توضع عجلة السيارة على محور دوران رأسي، وتضاف إليها أثقال لجعلها في وضع أفقي، لماذا تكافئ عملية وضع الأثقال على العجلة عملية تحريك مركز كتلتها حتى يصبح في منتصفها؟
عندما تتزن العجلة يصبح مركز كتلتها على محور الدوران لذلك لا تصل بأي اتجاه.

٣٩- يقود سائق سيارة بطريقة خطرة، حيث يقودها على دولابين جانبيين فقط، فأين يكون مركز كتلة السيارة؟
يكون مباشرة فوق الخط الواصل بين نقطتي تلامس الدولابين مع سطح الأرض، لا يوجد محصلة عزم **على السيارة لذا فهي متزنة ومستقرة** بشكل مؤقت.

٤٠- لماذا تتزن عندما تقف على أطراف أصابع قدميك حافيا، ولا تستطيع الاتزان إذا وقفت مواجها للجدار وأصابع قدميك تلامسه؟
يجب أن يكون مركز كتلتك فوق نقطة الدعم، لذا يجب أن يكون نصف جسمك وأنت على رؤوس أصابعك أمامك (أمام مركز الكتلة) والنصف الآخر خلفك، فعندما تكون رؤوس أصابعك تلامس الحائط فلا يكون أي جزء من جسمك أمامها.

٤١- لماذا يظهر لاعب الجمباز وكأنه يطير في الهواء عندما يرفع ذراعيه فوق رأسه في أثناء القفز؟
لأنه يحرك مركز كتلته ليصبح قريبا من رأسه.

٤٢- لماذا يكون احتمال انقلاب سيارة لها دواليب أقطارها كبيرة أكبر من احتمال انقلاب سيارة ذات دواليب أقطارها صغيرة؟
لأن مركز كتلة السيارة ذات العجلات الكبيرة يقع عند نقطة أعلى من السيارة ذات العجلات الصغيرة.

٤٣- ناقلا حركة، أحدهما صغير والآخر كبير، متصلان أحدهما بالآخر ويدوران كما في الشكل المقابل، قارن أولا بين سرعتيهما الزاويتين المتجهتين، ثم بين السرعتين الخطيتين لسنين متصلين معا.
تكون السرعات الخطية للأسنان متماثلة، وتكون السرعات الزاوية مختلفة، لأن انصاف الأقطار مختلفة. $\omega = \frac{v}{r}$

٤٤- ما مبدأ عمل الغسالة؟ وكيف يؤثر دوران الحوض في الغسيل؟ اشرح ذلك بدلالة القوى على الملابس والماء.
يخضع كل من الماء والملابس في دائرة الدوران لتسارع مركزي، وتؤثر اسطوانة الدوران نتيجة ذلك بقوة في الملابس، ولكن عندما يصل الماء الثقوب في اسطوانة الدوارة، فلا تؤثر فيه قوى داخلية، وعندئذ تتحرك بخط مستقيم بعيدا عن اسطوانة الدوران.

٤٥- افترض أن أحد إطارات سيارتك قد ثقب، وأخرجت العدة ووجد أن هناك مشكلة في مقبض مفتاح الشد المستخدم لفك صمولة البراغي الثابتة، وأنه من المستحيل فك الصواميل، فاقترح عليك زميلك عدة طرائق لزيادة العزم المؤثر لفكها، اذكر ثلاث طرائق يمكن أن يقترحها عليك زميلك؟
ضع أنبوب إطالة في طرف مفتاح الشد لزيادة ذراع القوة، وأثر بقوتك بزاوية عمودية في مفتاح الشد، أو زد القوة المؤثرة (بالوقوف) على طرف مفتاح الشد.

٤٦- يسير لاعب بهلواني على حبل حاملا قضيبا يتدلى طرفاه أسفل مركزه، انظر للشكل المقابل، كيف يؤدي القضيب إلى زيادة اتزان اللاعب؟
يعمل القضيب على زيادة اتزان اللاعب بسبب كتلته وطوله، لأنه يزيد من القصور الذاتي، وتدلي طرفاه يعمل على أن مركز الكتلة أقرب من السلك، والذاتي تقليل عزم الدوران.

٤٧- عندما كنت تجلس على لعبة الحصان الدوار، قذفت مفتاحا نحو صديقك الواقف على الأرض لكي يلتقطه، هل يجب عليك قذف المفتاح قبل أن تصل

النقطة التي يقف عندها صديقك بوقت قصير، أم تنتظر حتى يصبح صديقك خلفك مباشرة؟ وضح ذلك.

يجب رمي المفتاح قبل الوصول إلى صديقك، لأن المفتاح سوف يكتسب سرعتك.

٤٨- لماذا نهمل القوى التي تؤثر في محور دوران جسم ما في حالة اتزان استاتيكي عند حساب محصلة العزم عليه.

العزم الناتج عن هذه القوى يساوي صفر عند هذه النقطة، لأن طول ذراع القوة يساوي صفرا.

٤٩- لماذا نجعل عادة محور الدوران عند نقطة تؤثر بها قوة أكبر أو أكثر في الجسم عند حل مسائل في الاتزان الاستاتيكي؟

العزم الناتج عن هذه القوى يساوي صفر.

٥٠- الحل: $v = ٢٣ m/s \quad , \quad r = ٤٥ cm \quad , \quad \omega = ?$

$$v = r\omega \rightarrow \omega = \frac{v}{r} = \frac{٢٣\ m/s}{٠.٤٥\ m} = ٥١\ rad/s$$

٥١- الحل: $d = ١.٥ m \quad , \quad r = ٢.٥٠ m \quad , \quad \theta = ?$

$$d = r\theta \rightarrow \theta = \frac{d}{r} = \frac{١.٥\ m}{٢.٥\ m} = ٠.٠٦٠٠\ rad$$

٥٢- الحل: $\theta = ١٢٨^\circ \quad , \quad r = ٢٢ cm \quad , \quad d = ?$

$$d = r\theta = (٠.٢٢ m)(١٢٨^\circ)\left(\frac{٢\pi\ rad}{٣٦٠^\circ}\right) = ٠.٤٩\ m$$

٥٣- الحل:

$$\omega = (١٨٨٠\ rev/min)\left(\frac{٢\pi\ rad}{rev}\right)\left(\frac{min}{٦٠ s}\right) = ١٩٧\ rad/s \quad .a$$

$$\theta = \omega t = (١٩٧)(٢.٥) = ٤٩٢\ rad \quad .b$$

٥٤- الحل: $\omega_i = ١٨٧ \quad , \quad \omega_f = ٤٧٥ \quad , \quad \Delta t = ٤ \quad , \quad \alpha = ?$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_f - \omega_i}{\Delta t}$$

$$= \left(\frac{١٨٧ - ٤٧٥}{٤}\right)\left(\frac{٢\pi\ rad}{rev}\right)\left(\frac{min}{٦٠ s}\right) = -٧.٥٤\ rad/s^٢$$

٥٥- الحل: $\omega = ٢.٥ rad/s \quad , \quad r = ٧ cm \quad , \quad v = ?$

$$v = r\omega = (٧)(٢.٥) = ١٧.٥\ cm/s$$

٥٦- الحل:

$$\left(\frac{a_{سرع}}{a_{بطا}}\right) = \left(\frac{rw^٢_{سرع}}{rw^٢_{بطا}}\right) = \left(\frac{(٥٤٢)^٢}{(٣٢٨)^٢}\right) = ٢.٧٣ \quad .a$$

$$\frac{v_{سرع}}{v_{بطا}} = \frac{w^٢_{سرع}}{w^٢_{بطا}} = \frac{w_{سرع}}{w_{بطا}} = \frac{٥٤٢}{٣٢٨} = ١.٦٥ \quad .b$$

٥٧- الحل:

$$a_c = \omega^٢ r\left(\frac{١ g}{٩.٨ m/s^٢}\right)$$

$$= \left(٥٤٢\ rev/\min \left(\frac{٢\pi\ rad}{rev}\right)\left(\frac{min}{٦٠s}\right)\right)^{٢}\left(\frac{٠.٤٣m}{٢}\right)\left(\frac{١g}{٩.٨\ m/s^{٢}}\right) = ٧١\ g$$

٥٨- الحل:

$$a_c = \omega^{٢} r \ \rightarrow\ \omega = \sqrt{\frac{a_c}{r}} = \sqrt{\frac{(٠.٣٥ \times ١٠^{٦})(٩.٨)}{٠.٠٢٥m}}\left(\frac{٢\pi\ rad}{rev}\right)\left(\frac{min}{٦٠s}\right)$$
$$= ١.١ \times ١٠^{٥}\ rev/min$$

٥٩- الحل:

$$\tau = F\ r\ sin\theta \ \rightarrow\ F = \frac{\tau}{r\ sin\theta} = \frac{٨\ N.m}{(٠.٣٥)(\sin ٩٠)} = ٢٣\ N.$$

٦٠- الحل:

$$\tau = F\ r\ sin\theta = (١٥)\ (٠.٢٥)\ (sin\ ٩٠) = ٣.٨\ N.m$$

٦١- الحل:

$$\tau_{\text{امامية}} = \tau_{\text{خلفية}} \ \rightarrow\ F_{\text{امامية}}\, r_{\text{امامية}} = F_{\text{خلفية}}\, r_{\text{خلفية}}$$
$$(٠.٥٣\ F_g)x = (٠.٤٧\ F_g)(٣.٤٦\ m - x) \ \rightarrow\ x = ١.١٦\ m$$

٦٢- الحل:

a. $F_{\text{اصغر}} = mg = \left(\frac{١}{٢}\right)(١٢.٥)\ (٩.٨) = ٦١.٢\ N$

b. $F_{\text{اكبر}} = mg = (١٢.٥)\ (٩.٨) = ١٢٢\ N$

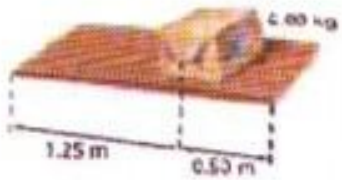
٦٣- الحل:

في حالة التوازن، ومجموع كل القوى صفر ومجموع عزم الدوران حول محور الدوران صفر

$$F_{left} + F_{right} - F_{board} + F_{box} = ٠$$
$$\tau_{left} - \tau_{right} - \tau_{board} + \tau_{box} = ٠$$

يمكننا اختيار محور الدوران في موقع واحد من القوى غير معروف (F_{left}) بحيث يتم التخلص **من عزم الدوران ، وبالتالي تبسيط الحسابات..**

$$F_{left}r_{left} + F_{right}r_{right} + F_{board}r_{board} + F_{box}r_{box} = ٠$$
$$F_{left}r_{left} + F_{right}r_{right} + m_{board}gr_{board} + m_{box}gr_{box} = ٠$$
$$F_{left}(٠) - F_{right}(١.٢٥ - ٠.٥٠) - (٤.٢٥\ kg)(-٩.٨٠)\left(\frac{١.٢٥+٠.٥٠}{٢}\right) +$$
$$(٦.٠٠\ kg)(-٩.٨٠)(١.٢٥\ m) = ٠$$
$$F_{right} = ٦٣\ N$$



$$F_{left} + F_{right} - F_{board} + F_{box} = ٠$$
$$F_{left} = -F_{right} - F_{board} - F_{box}$$
$$= -F_{right} - m_{board}g - m_{box}g$$
$$= -(٦٣\ N) - (٤.٢٥\ kg)(-٩.٨٠\ m/s^{٢}) - (٦.٠٠\ kg)(-٩.٨٠\ m/s^{٢})$$
$$= ٣٧\ N$$

الفصل الثاني

الزخم وحفظه

- الدفع والزخم
- حفظ الزخم

الدفع والزخم

الزخم (P):

كمية فيزيائية متجهة تساوي حاصل ضرب كتلة جسم ما في سرعته المتجهة.

$$P = m\,v$$

إذا تغيرت سرعة الجسم من v_i إلى سرعة v_f يكون التغير في الزخم ΔP

$$\Delta P = P_f - P_i = mv_f - mv_i$$
$$= m\,(v_f - v_i) = m\,\Delta v$$

ويلاحظ أن الزخم كمية متجهة ويكون اتجاهها نفس اتجاه السرعة، ووحدة قياسه هي $kg.m/s$.

الدفع:

هو حاصل ضرب متوسط القوة المؤثرة في جسم في زمن تأثير هذه القوة ويساوي التغير في زخم الجسم.

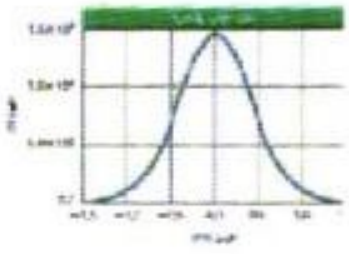
الدفع $= F\Delta t \leftarrow$ الدفع $= \Delta P = m\Delta v$

(أي كلما زاد الزمن اللازم لتأثير القوة زاد الدفع وبالتالي زاد التغير في الزخم)

وهو كمية فيزيائية متجهة وحدة قياسه $N.s$ $(N.s = kg.m/s)$

إذا كانت القوة المؤثرة على الجسم ثابتة يكون الدفع $= F\Delta t$

وإذا كانت القوة المؤثرة على الجسم متغيرة فإن الدفع = زمن تأثيرها × متوسط القوة



تتغير القوة التي يؤثر بها مضرب التنس على الكرة خلال زمن صغير جدا كما بالشكل حيث تنضغط شبكة المضرب بعد التلامس مباشرة فتزداد القوة، وتستمر بالتزايد حتى وصول القوة إلى أقصى قيمة لها وعندما تستعيد شبكة المضرب شكلها وتتحرك الكرة مبتعدة عن المضرب يكون مقدار القوة يساوى الصفر.

نظرية الدفع - الزخم

الدفع على جسم يساوي التغير في زخم هذا الجسم.

إثبات نظرية الدفع – الزخم:

من قانون نيوتن الثاني:

$$F = m\,a = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

$$F\Delta t = m\,\Delta v = m\,(v_f - v_i)$$

$$= mv_f - mv_i = P_f - P_i = \Delta P$$

$$\Rightarrow F\Delta t = \Delta P$$

أحذية الركض :

عندما يضرب العداء قدمه بالأرض فإنها تؤثر في القدم بقوة تساوى أربع أمثال وزنه، لذلك يصمم الحذاء الرياضي بحيث يكون مزودا بزوائد امتصاص لتقليل مقدار القوة من خلال زيادة زمن تأثيرها.

نظرية الدفع – الزخم والحفاظ على الحياة

الوسائد الهوائية في السيارات:

ينتج الدفع الكبير عن طريق تأثير قوة كبيرة خلال زمن قصير جدا أو عن طريق تأثير قوة صغيرة خلال زمن طويل.

عند تصادم السيارة مع سيارة أخرى أو جدار فإنها تتعرض لدفع $F\Delta t$ فتدفع الوسادة الهوائية السائق بدفع مماثل في المقدار للدفع $(F\Delta t)$ لكنها تعمل على تقليل القوة المؤثرة على السائق عن طريق زيادة زمن تأثير هذه القوة كما أنها توزع القوة على مساحة أكبر من جسم الشخص ويكون الزخم النهائي للسائق يساوى الصفر $(P_f = 0)$ سواء كان هناك وسادة هوائية أم لا والزخم الابتدائي $F\Delta t = -P_i$

مثال (١):

تتحرك مركبة كتلتها $٢٢٠٠kg$ بسرعة $(٢٦m/s)$ $٩٤km/h$، حيث يمكنها التوقف خلال $٢١s$، عن طريق الضغط على الكوابح برفق، ويمكن أن تتوقف المركبة خلال $٣.٨s$ إذا ضغط السائق على الكوابح بشدة، بينما يمكن أن تتوقف خلال $٠.٢٢s$ إذا اصطدمت بحائط اسمنتي، ما متوسط القوة المؤثرة في المركبة في كل حالة من حالات التوقف؟

المعطيات:

$\Delta t_{\text{الضغط على الكوابح بشدة}} = ٣.٨s$

$\Delta t_{\text{الضغط على الكوابح برفق}} = ٢١s$,

$\Delta t_{\text{الاصطدام بحائط}} = ٠.٢٢s$,

$m = ٢٢٠٠kg$, $v_i = +٢٦m/s$,

$v_f = +٠.٠m/s$

المطلوب:

$F_{\text{الاصطدام بحائط}} = ?$, $F_{\text{الضغط على الكوابح برفق}} = ?$

$F_{\text{الضغط على الكوابح بشدة}} = ?$

نحدد الزخم الابتدائي.

$$P_i = mv_i = (٢٢٠٠)(+٢٦) = +٥.٧ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s$$

نحدد الزخم النهائي.

$$P_f = mv_f = (٢٢٠٠)(+٠.٠) = ٠.٠\ kg.m/s$$

نطبق نظرية الدفع:

$$F\Delta t = Pf - Pi = (٠.٠) - (+٥.٧ \times ١٠^{٤})$$
$$= -٥.٧ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s$$

$$F = \frac{-٥.٧ \times ١٠^{٤}}{\Delta t}$$

$$F_{\text{الضغط على الكوابح برفق}} = \frac{-٥.٧ \times ١٠^{٤}}{٢١} = -٢.٧ \times ١٠^{٣}\ N$$

$$F_{\text{الضغط على الكوابح برفق}} = \frac{-٥.٧ \times ١٠^{٤}}{٣.٨} = -١.٥ \times ١٠^{٣}\ N$$

$$F_{\text{الضغط على الكوابح برفق}} = \frac{-٥.٧ \times ١٠^{٤}}{٠.٢٢} = -٢.٦ \times ١٠^{٥}\ N$$

مسائل تدريبية

١- تتحرك سيارة صغيرة كتلتها $٧٢٥kg$ بسرعة $١١٥km/h$ في اتجاه الشرق، عبر عن حركة السيارة برسم تخطيطي:

d. احسب مقدار زخمها وحدد اتجاهه، وارسم سهما على رسم السيارة يعبر عن الزخم.

$$P = mv = (٧٢٥kg)(١١٥km/h)\left(\frac{١٠٠٠m}{١km}\right)\left(\frac{١h}{٣٦٠٠s}\right)$$
$$= ٢.٣٢ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s \quad \text{نحو الشرق}$$

e. إذا امتلكت سيارة أخرى الزخم نفسه، وكانت كتلتها $٢١٧٥kg$، فما سرعتها المتجهة؟

$$V = \frac{P}{m} = \frac{\left(٢.٣٢ \times ١٠^{٤}kg.m/s\right)\left(\frac{٣٦٠٠s}{١h}\right)\left(\frac{١km}{١٠٠٠m}\right)}{٢١٧٥\ kg}$$
$$= ٣٨.٤\ km/h \quad \text{نحو الشرق}$$

٢- إذا ضغط السائق في السؤال السابق على المكابح بشدة لتتوقف السيارة خلال $٢.٠s$، وكان متوسط القوة المؤثرة في السيارة لإبطائها يساوي $-٥.٠ \times ١٠^{٣}N$:

a. فما التغير في زخم السيارة، أي ما مقدار واتجاه الدفع على السيارة؟

$$\Delta p = F\Delta t = (-٥ \times ١٠^{٣})(٢.٠) = -١.٠ \times ١٠^{٤}\ N.s \quad \text{نحو الشرق}$$

b. أكمل الرسمين لما قبل الضغط على المكابح وبعده، ثم حدد الزخم والسرعة المتجهة للسيارة بعد الانتهاء من الضغط على المكابح.

$$P_i = ٢.٣٢ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s \quad \text{نحو الشرق}$$
$$F\Delta t = \Delta p = P_f - P_i \quad \rightarrow \quad P_f = F\Delta t + P_i$$
$$P_f = -١.٠ \times ١٠^{٤} + ٢.٣٢ \times ١٠^{٤}$$
$$= ١.٣ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s \quad \text{نحو الشرق}$$
$$V_f = \frac{P_f}{m} = \frac{\left(١.٣ \times ١٠^{٤}kg.m/s\right)\left(\frac{٣٦٠٠s}{١h}\right)\left(\frac{١km}{١٠٠٠m}\right)}{٧٢٥\ kg}$$
$$= ٦٥\ km/h \quad \text{نحو الشرق}$$

٣- تتدحرج كرة بولنج كتلتها $٧.٠kg$ على ممر الانزلاق بسرعة متجهة مقدارها $٢.٠m/s$. احسب سرعة الكرة، واتجاه حركتها بعد تأثير كل دفع من الدفعين المبينين في الشكلين التاليين.

a) $F\Delta t = P_f - P_i = mv_f - mv_i$

$$V_f = \frac{F\Delta t - mv_f}{m} = \frac{(٥)(١) + (٧)(٢)}{٧kg}$$

$= ٢.٧\ m/s$ في اتجاه السرعة الأصلية

b) $V_f = \frac{F\Delta t - mv_f}{m} = \frac{(-٥)(١) + (٧)(٢)}{٧kg}$

$= ١.٣\ m/s$ في اتجاه السرعة الأصلية

٤- سرع سائق عربة ثلج كتلتها $٢٤٠kg$، وذلك بالتأثير بقوة أدت إلى زيادة سرعتها من $٦m/s$ إلى $٢٨m/s$ خلال فترة زمنية مقدارها $٦٠.٠s$:

a. ارسم مخططا يمثل الوضعين الابتدائي والنهائي للعربة.

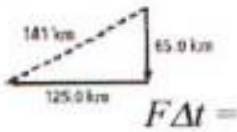
b. ما التغير في زخم العربة؟ وما الدفع على العربة؟

$$\Delta p = F\Delta t = m(v_f - v_i)$$
$$= (٢٤٠)(٢٨ - ٦) = ٥.٢٨ \times ١٠^{٣}\ kg.m/s$$

c. ما مقدار متوسط القوة التي أثرت في العربة؟

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{٥.٢٨ \times ١٠^{٣}}{٦٠} = ٨٨\ N$$

٥- افترض أن شخصا كتلته $٦٠.٠kg$ موجود في المركبة التي اصطدمت بالحائط الإسمنتي في المثال (١)، حيث السرعة المتجهة للشخص مساوي للسرعة المتجهة للمركبة قبل الاصطدام وبعده، وتغيرت هذه السرعة المتجهة خلال $٠.٢٠s$، ارسم مخططا يمثل المسألة.



a. ما متوسط القوة المؤثرة في الشخص

$$F\Delta t = \Delta p = Pf - Pi$$
$$F = \frac{P_f - P_i}{\Delta t} = \frac{P_f - mv_i}{\Delta t} = \frac{(٠) - (٦٠)(٩٤)}{٠.٢٠}\left(\frac{١٠٠٠m}{١km}\right)\left(\frac{١h}{٣٦٠٠s}\right)$$

$= ٧.٨ \times ١٠^{٣}\ N$ بعكس اتجاه الحركة

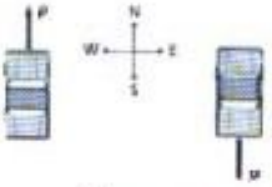
b. الحل:

$$F_g = mg \rightarrow m = \frac{F_g}{g} = \frac{٧.٨ \times ١٠^{٣}}{٩.٨} = ٨.٠ \times ١٠^{٢}\ kg$$

لأن الكتلة ثقيلة جدا، أنت لا تستطيع أن توقف جسمك بأمان بواسطة ذراعيك.

مراجعة

٦- هل يختلف زخم سيارة تتحرك جنوبا عن زخم السيارة نفسها عندما تتحرك شمالا، إذا كان مقدار السرعة في الحالتين متساويا؟ ارسم متجهات الزخم لتدعم إجابتك.



نعم، فالزخم كمية متجهة ويكون الزخم للسيارتين في اتجاهين مختلفين.

٧- عندما تقفز من ارتفاع معين إلى الأرض فإنك تثني رجليك عندما تصطدم قدماك بالأرض، بين لماذا تفعل هذا اعتمادا على المفاهيم الفيزيائية التي قدمت في هذا الفصل.

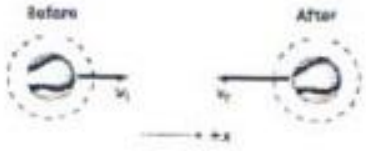
لتقليل القوة المؤثرة في جسمك بزيادة الفترة الزمنية التي استغرقتها لإيقاف جسمك.

٨- أيهما له زخم أكبر، ناقلة نفط راسية بثبات في رصيف ميناء، أم قطرة مطر ساقطة؟

تمتلك قطرة المطر زخما أكبر لأن الناقلة في حالة السكون فيكون زخمها يساوي صفرا.

٩- قذفت كرة بيسبول كتلتها $0.174\,kg$ أفقيا بسرعة $26\,m/s$، وبعد أن ضربت الكرة بالمضرب تحركت في الاتجاه المعاكس، بسرعة $38.0\,m/s$؟

a. ارسم متجهات الزخم للكرة قبل ضربها بالمضرب وبعده.



b. ما التغير في زخم الكرة؟

$$\Delta p = m(v_f - v_i)$$
$$= (0.174)(38 - 26) = 11.1 \ kg.m/s$$

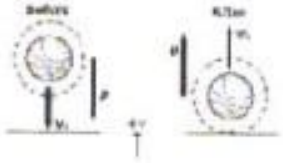
c. ما الدفع الناتج عن المضرب؟

$$F\Delta t = P_f - P_i = \Delta p = 11.1 \ kg.m/s = 11.1 \ N.s$$

d. إذا بقي المضرب متصلا بالكرة مدة $0.80\,ms$ فما متوسط القوة التي أثر بها المضرب في الكرة؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$
$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t} = \frac{(0.174)(38)-(-26)}{0.80\left(\frac{1\,s}{1000\,ms}\right)} = 1.4 \times 10^4 \ N$$

١٠- الحل:



التغير في الزخم لا يساوي صفر و يكون متجه إلى الأعلى.

١١- الحل:

الأسهم التي ترتد تنتج دفعا أكبر، لأنها تمتلك بعض الزخم عند الارتداد للخلف، وهذا يعني أن التغير في الزخم يكون أكبر.

حفظ الزخم

إذا وجدت مجموعة من الأجسام في حالة تصادم داخل نظام معزول فإن: زخم النظام يكون ثابتا مقدارا واتجاها.

أي أن مجموع زخم هذه الأجسام قبل التصادم يساوى مجموع زخم هذه الأجسام بعد التصادم.

التصادم:

هو تأثير متبادل بين جسمين أو أكثر أحدهما على الأقل متحرك، يتم تفاعل مؤقت بين الجسمين عن طريق تبادل التأثير (قانون نيوتن الثالث).

ويكون لهذه الأجسام سرعات قبل التصادم وبعده، ويكون زمن التصادم هو الفترة الزمنية القصيرة التي يحدث فيها التصادم.

تصادم جسمين

عند تصادم كرتين فإن كل كرة تؤثر بقوة في الكرة الأخرى وبما أن هاتين القوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه حسب قانون نيوتن الثالث الفترة الزمنية التي تؤثر فيها كل من القوتين هى نفسها.

$$F_{C\text{على}D} = - F_{D\text{على}C}$$

إذن دفع الكرة الأولى للثانية يساوى دفع الكرة الثانية للأولى فى المقدار ويعاكسه في الاتجاه.

للكرة C: $P_{Cf} - P_{Ci} = F_{DonC}\,\Delta t$

للكرة D: $P_{Df} - P_{Di} = F_{ConD}\,\Delta t$

$$P_{Cf} - P_{Ci} = -(P_{Df} - P_{Di})$$

$$P_{Cf} + P_{Df} = P_{Ci} + P_{Di}$$

$$m_C v_{Cf} + m_D v_{Df} = m_C v_{Ci} + m_D v_{Di}$$

إذا التصق الجسمان بعد التصادم وتحركا كجسم واحد يكون

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = (m_C + m_D) v_f$$

حيث أن v_f هي سرعة الكرتين معا بعد التصادم.

الزخم في نظام مغلق معزول

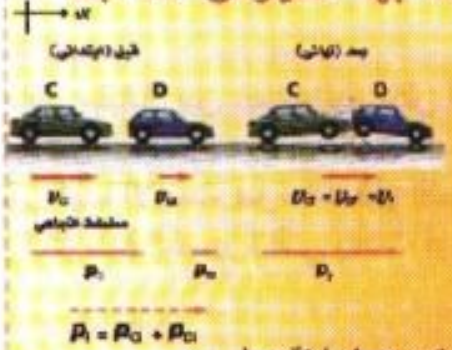
النظام المغلق: **هو النظام الذي لا يسمح بتبادل الكتلة مع محيط النظام** (كتلة الأجسام داخل النظام مقدار ثابت).

النظام المعزول : هو النظام الذي يكون مغلقا والقوة المؤثرة فيه قوة داخلية ولا توجد قوة تؤثر في النظام من أجسام موجودة خارجه (محصلة القوى الخارجية على هذا النظام = صفرا)

الزخم في أي نظام مغلق ومعزول لا يتغير.

مثال (٢):

تحركت سيارة كتلتها $١٨٧٥kg$ بسرعة $٢٣m/s$، فاصطدمت بمؤخرة سيارة صغيرة كتلتها $١٠٢٥kg$ تسير على الجليد بسرعة $١٧m/s$ في الاتجاه نفسه، فالتحمت السيارتان إحداهما بالأخرى، ما السرعة التي تتحرك بها السيارتان معا بعد التصادم مباشرة؟



المعطيات:

$m_C = ١٨٧٥kg$, $v_{Ci} = +٢٣m/s$,

$m_D = ١٠٢٥kg$, $v_{Di} = +١٧m/s$

المطلوب:

$v_f = ?$

الزخم محفوظ لأن الأرضية الملساء تجعل القوة الخارجية الكلية على السيارتين صفرا تقريبا.

$$P_i = P_f \quad \Rightarrow \quad P_{Ci} + P_{Di} = P_{Cf} + P_{Df}$$

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Df} + m_D v_{Df}$$

بما أن السيارتين التحمتا معا فإن لهما السرعة المتجهة نفسها بعد التصادم (v_f)

$$v_{Cf} = v_{Df} = v_f$$

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = (m_C + m_D)\, v_f$$

$$v_f = \frac{(m_C v_{Ci} + m_D v_{Di})}{(m_C + m_D)} = \frac{(١٨٧٥)(٢٣) + (١٠٢٥)(١٧)}{(١٨٧٥ + ١٠٢٥)}$$

$$= +٢١\ m/s$$

مسائل تدريبية

١٢- تصادمت سيارتا شحن كتلة كل منهما $١٠٥kg \times ٣.٠$، فالتقتا معا، فإذا كانت سرعة إحداهما قبل التصادم مباشرة $٢.٢m/s$، وكانت الأخرى ساكنة، فما سرعتهما النهائية؟

$$P_i = P_f \quad \rightarrow \quad mv_{Ai} + mv_{Bi} = ٢mv_f$$

$$v_f = \frac{(v_{Ai} + v_{Bi})}{٢} = \frac{(٢٢) + (٠)}{٢} = ١.١\ m/s$$

١٣- يتحرك قرص لعبة هوكي كتلته $٠.١٠٥kg$ بسرعة $٢٤m/s$، فيمسك به حارس مرمى كتلته $٧٥kg$ في حالة سكون، ما السرعة التي ينزلق بها حارس المرمى على الجليد؟

$$P_{Pi} + P_{Gi} = P_{Pf} + P_{Gf}$$
$$m_P v_{Pi} + m_G v_{Gi} = m_P v_{Pf} + m_G v_{Gf}$$
$$, v_{Gi} = ٠.٠ \ kg.m/s,$$
$$m_P v_{Pi} = (m_P + m_G)\, v_f$$
$$where\ v_f = v_{Pf} = v_{Gf}$$
$$v_f = \frac{(m_p v_{pi})}{(m_p + m_G)} = \frac{(٠.١٠٥)(٢٤)}{(٠.١٠٥ + ٧٥)} = ٠.٠٣٤\ m/s$$

١٤- اصطدمت رصاصة كتلتها $٣٥g$ بقطعة خشب ساكنة كتلتها $٥kg$، فاستقرت فيها، فإذا تحركت قطعة الخشب والرصاصة معا بسرعة $٨.٦m/s$ فما السرعة الابتدائية للرصاصة قبل التصادم؟

$$m_b v_{bi} + m_w v_{wi} = (m_b + m_w) v_f$$
$$, v_{wi} = ٠.٠ \ m/s,$$
$$V_{bi} = \frac{(m_b + m_w)\, v_f}{m_b} = \frac{(٠.٠٣٥٠ + ٥)(٨.٦)}{(٠.٠٣٥٠)} = ١.٢ \times ١٠^{٣}\ m/s$$

١٥- تحركت رصاصة كتلتها $٣٥g$ بسرعة $٤٧٥m$، فاصطدمت بكيس من الطحين كتلته $٢.٥kg$ موضوع على أرضية ملساء في حالة سكون، فاخترقت الرصاصة الكيس، كما في الشكل، وخرجت منه بسرعة $٢٧٥m/s$، ما سرعة الكيس لحظة خروج الرصاصة منه؟

$$m_B v_{Bi} + m_F v_{Fi} = m_B v_{Bf} + m_F v_{Ff}$$
$$, v_{Fi} = ٠.٠ \ m/s,$$
$$V_{Ff} = \frac{(m_B v_{Bi} + m_B v_{Bf})}{m_F} = \frac{m_B (v_{Bi} - v_{Bf})}{m_F}$$
$$= \frac{(٠.٠٣٥٠)\ (٤٧٥ - ٢٧٥)}{(٢.٥)} = ٢.٨\ m/s$$

١٦- إذا اصطدمت الرصاصة المذكورة في السؤال السابق بكرة فولاذية كتلتها $٢.٥kg$ في حالة سكون، فارتدت عنها بسرعة مقدارها $٥m/s$، فكم تكون سرعة الكرة بعد ارتداد الرصاصة؟

$$m_{\text{رصاصة}} v_{\text{رصاصة},i} + m_{\text{كرة}} v_{\text{كرة},i} = m_{\text{رصاصة}} v_{\text{رصاصة},f} + m_{\text{كرة}} v_{\text{كرة},f}$$
$$, v_{\text{كرة},i} = ٠.٠ \ m/s \quad , \quad v_{\text{رصاصة},f} = -٥ m/s$$
$$V_{\text{كرة},f} = \frac{m_{\text{رصاصة}} \left(v_{\text{رصاصة},i} - v_{\text{رصاصة},f} \right)}{m_{\text{كرة}}}$$
$$= \frac{(٠.٠٣٥٠)\ (٤٧٥ - (-٥))}{(٢.٥)} = ٦.٧\ m/s$$

١٧- تحركت كرة كتلتها $٠.٥٠kg$ بسرعة $٦m/s$، فاصطدمت بكرة أخرى كتلتها $١.٠٠kg$ تتدحرج في الاتجاه المعاكس بسرعة مقدارها $١٢m/s$، فإذا ارتدت الكرة الأقل كتلة إلى الخلف بسرعة مقدارها $١٤m/s$ بعد التصادم فكم يكون مقدار سرعة الكرة الأخرى بعد التصادم؟

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$

$$v_{Df} = \frac{(m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_C v_{Cf})}{m_D}$$

$$= \frac{(٠.٥)(٦) + (١)(-١٢) - (٠.٥)(-١٤)}{(١)}$$

$= -٢.٠ m/s$ أو $٢.٠ m/s$ في الاتجاه المعاكس

الدفع في الفضاء

يزود الصاروخ بالوقود والمواد المؤكسدة، عندما يمتزج الوقود بالمواد المؤكسدة في محرك الصاروخ تنتج غازات تخرج من فوهة العادم بسرعة كبيرة، فيندفع الصاروخ بسرعة في الاتجاه المضاد.

ملاحظة:

الصاروخ والمواد الكيميائية داخله نظام مغلق وحيث أن القوة المؤثرة على الغازات هى قوة داخلية يكون الصاروخ والمواد الكيميائية داخله نظام معزول أيضا.

المحرك الأيوني:

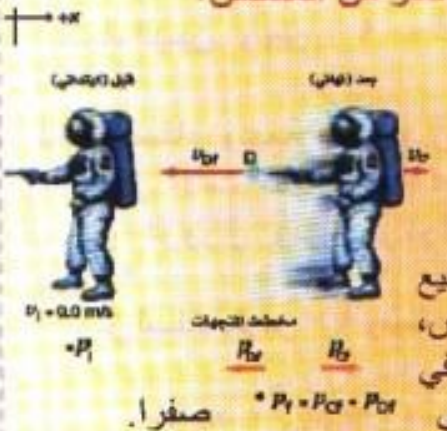
في المحرك الأيوني تنطلق ذرات الزينون بسرعة $٣٠km/s$ مولدة قوة مقدارها $٠.٠٩٢N$ فقط.

كيف يمكن لمثل هذه القوة الصغيرة أن تنتج تغيرا كبيرا في زخم مركبة الفضاء؟

المحرك الأيوني يعمل لمدة أيام أو أسابيع أو شهور ليكسب مركبة الفضاء التي كتلتها $٤٩٠kg$ السرعة المطلوبة لتكمل مهمتها.

مثال (٣):

أطلق رائد فضاء في حالة سكون غازا من مسدس دفع، ينفث $٣٥g$ من الغاز الساخن بسرعة $٨٧٥m/s$، فإذا كانت كتلة رائد الفضاء والمسدس معا $٨٤kg$، فما مقدار سرعة رائد الفضاء؟ وفي أي اتجاه يتحرك بعد أن يطلق الغاز من المسدس؟



المعطيات:

$m_c = ٨٤kg$, $v_{ci} = ٠m/s$

$m_D = ٠.٠٣٥kg$, $v_{Df} = -٨٧٥m/s$

المطلوب: $v_{Cf} = ?$

قبل أن يطلق المسدس الغاز، كانت جميع أجزاء النظام (رائد الفضاء، والمسدس، والمواد الكيميائية التي أنتجت الغاز) في حالة سكون، لذا يكون الزخم الابتدائي صفرا.

$$P_i = P_{Ci} + P_{Di} = ٠$$

زخم رائد الفضاء يساوي زخم الغاز المنطلق من المسدس في المقدار ويعاكسه في الاتجاه.

$$P_i = P_f$$

$$٠ = P_{Cf} + P_{Df} \quad \Rightarrow \quad P_{Cf} = -P_{Df}$$

$$m_C v_{Cf} = -m_D v_{Df}$$

$$v_{Cf} = \frac{-m_D v_{Df}}{m_C} = \frac{(-٠.٠٣٥)(-٨٧٥)}{٨٤} = +٠.٣٦\ m/s$$

مسائل تدريبية

١٨- أطلق نموذج لصاروخ كتلته $٤kg$، بحيث نفث $٥٠g$ من الوقود المحترق من العادم بسرعة مقدارها $٦٢٥m/s$، ما سرعة الصاروخ المتجهة بعد احتراق الوقود؟

$$P_{ri} + P_{وقود,i} = P_{rf} + P_{fuel,f}$$

$$٠ = P_{rf} + P_{وقود,f}$$

$$m_r = ٤.٠٠\ kg \quad , \quad m_{rf} = ٤.٠٠\ kg - ٠.٠٥٠٠\ kg = ٣.٩٥\ kg$$

$$٠.٠\ kg.m/s = m_{rf}v_{rf} + m_{وقود}v_{وقود,f}$$

$$v_{rf} = \frac{-m_{وقود}v_{وقود,f}}{m_{rf}} = \frac{(-٠.٠٥٠٠)(-٦٢٥)}{٣.٩٥} = ٧.٩١\ m/s$$

١٩- ترتبط عربتان إحداهما مع الأخرى بخيط يمنعهما من الحركة، ولدى احتراق الخيط دفع نابض مضغوط بينهما العربتين في اتجاهين متعاكسين، فإذا اندفعت إحدى العربتين وكتلتها $1.5kg$ بسرعة متجهة $27m/s$ إلى اليسار، ما السرعة المتجهة للعربة الأخرى التي كتلتها $4.5kg$؟

نرمز للسيارة التي كتلتها $1.5kg$ بالرمز "C" والسيارة الأخرى بالرمز "D"

$$P_{Ci} + P_{Di} = P_{Cf} + P_{Df}$$

$$\because P_{Ci} = P_{Di} = 0.0\ kg.m/s \rightarrow m_D v_{Df} = -m_C v_{Cf}$$

$$v_{Df} = \frac{-m_C v_{Cf}}{m_D} = \frac{(-1.5)(-27)}{4.5} = 9.0\ cm/s$$ باتجاه اليمين

٢٠- قامت صفاء وديمة بإرساء زورق، فإذا تحركت صفاء التي كتلتها $80kg$ إلى الأمام بسرعة $4m/s$ عند مغادرة الزورق، فما مقدار سرعة كل من الزورق وديمة واتجاهاهما إذا كانت كتلتاهما معا تساوي $115kg$؟

نرمز لصفاء بالرمز "C" وديمة والزورق بالرمز "D"

$$P_{Ci} + P_{Di} = P_{Cf} + P_{Df}$$

$$\because P_{Ci} = P_{Di} = 0.0\ kg.m/s \rightarrow m_D v_{Df} = -m_C v_{Cf}$$

$$v_{Df} = \frac{-m_C v_{Cf}}{m_D} = \frac{(-80)(4)}{115} = 2.8\ cm/s$$ بالاتجاه المعاكس

التصادم في بعدين:

في التصادم في بعدين لا تبقى الأجسام المتصادمة على الخط الذي كانت تسير عليه قبل التصادم، بل تتحرك في المستوى نفسه، فإذا كان اتجاه سير الجسمين قبل أو بعد التصادم على خطين مختلفين يصنعان زاويتين مع اتجاه معين فإنه يقال أن التصادم في بعدين.

ولا يختلف التصادم في بعدين كثيرا عن التصادم في بعد واحد، ويطبق عليه أيضا قانون حفظ الزخم، ولكن نظرا لأن الزخم كمية متجهة فلا بد إذن من تساوي مركبات الزخم للجسمين قبل التصادم مع بعد التصادم.

وإذا كان الاحداثي الأفقي (x) في اتجاه الزخم الابتدائي، تكون المركبة الرأسية (y) للزخم الابتدائي تساوي صفرا. ويجب أن يساوي مجموع المركبات الرأسية (y) النهائية صفرا أيضا.

$$P_{Cf,y} + P_{Df,y} = 0$$

تكون المركبتان الرأسيتان (y) متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، وتبعا لذلك لا بد أن إشارتيهما مختلفتان، أما مجموع المركبات الأفقية فيساوي:

$$P_{Ci} = P_{Cf,x} + P_{Df,x}$$

مثال (٤):

تحركت السيارة C شمالا بسرعة $٢٧ m/s$، فاصطدمت بالسيارة D التي كانت تتحرك شرقا بسرعة $١١ m/s$، فسارت السيارتان وهما متصلتان معا بعد التصادم، فإذا كانت كتلة السيارة C $(١٣٢٥ kg)$، وكتلة السيارة D (٢١٦٥)، فما مقدار سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

المعطيات:

$$m_C = ١٣٢٥ kg \ , \ v_{Ci,y} = ٢٧ m/s$$
$$, \ m_D = ٢١٦٥ kg \ , \ v_{Di,x} = ١١ m/s$$

المطلوب:

$$\theta = ? \quad , \quad v_{f,y} = ? \quad , \quad v_{f,x} = ?$$

نحدد الزخم الابتدائي للسارتين، وزخم النظام.

$$P_{Ci} = m_C v_{Ci,y} = (١٣٢٥)(٢٧) = ٣.٥٨ \times ١٠^{٤} \ kg.m/s$$
$$P_{Ci} = m_D v_{Di,x} = (٢١٦٥)(١١) = ٢.٣٨ \times ١٠^{٤} \ kg.m/s$$
$$P_{f,x} = P_{i,x} = ٢.٣٨ \times ١٠^{٤} \ kg.m/s$$
$$P_{f,y} = P_{i,y} = ٣.٥٨ \times ١٠^{٤} \ kg.m/s$$
$$P_f = \sqrt{(P_{f,x})^{٢} + (P_{f,y})^{٢}}$$
$$= \sqrt{(٢.٣٨ \times ١٠^{٤})^{٢} + (٣.٥٨ \times ١٠^{٤})^{٢}}$$
$$= ٤.٣٠ \times ١٠^{٤} \ kg.m/s$$
$$\theta = \tan^{-١}\left(\frac{P_{f,y}}{P_{f,x}}\right) = \tan^{-١}\frac{٣.٥٨ \times ١٠^{٤}}{٢.٣٨ \times ١٠^{٤}} = ٥٦.٤^{\circ}$$
$$v_f = \frac{P_f}{(m_C + m_d)} = \frac{٤.٣٠ \times ١٠^{٤}}{(١٣٢٥ + ٢١٦٥)} = ١٢.٣ \ m/s$$

مسائل تدريبية

٢١- تحركت سيارة كتلتها $٩٢٥ kg$ شمالا بسرعة $٢٠.١ m/s$، فاصطدمت بسيارة كتلتها $١٨٦٥ kg$ متحركة غربا بسرعة $١٣.٤ m/s$، فالتحمتا معا، ما مقدار سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

$$P_{i,y} = m_y v_{i,y} = (٩٢٥)(٢٠.١) = ١.٨٦ \times ١٠^{٤} \ kg.m/s$$

$$P_{i,x} = m_x v_{i,x} = (١٨٦٥)(-١٣.٤) = -٢.٥٠ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s$$
$$P_{f,x} = P_{i,x} = -٢.٥٠ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s$$
$$P_{f,y} = P_{i,y} = ١.٨٦ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s$$
$$P_f = \sqrt{(P_{f,x})^{٢} + (P_{f,y})^{٢}}$$
$$= \sqrt{(-٢.٥٠ \times ١٠^{٤})^{٢} + (١.٨٦ \times ١٠^{٤})^{٢}}$$
$$= ٣.١٢ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s$$
$$v_f = \frac{P_f}{(m_١ + m_٢)} = \frac{٣.١٢ \times ١٠^{٤}}{(٩٢٥ + ١٨٦٥)} = ١١.٢\ m/s$$
$$\theta = \tan^{-١}\left(\frac{P_{f,y}}{P_{f,x}}\right) = \tan^{-١}\frac{١.٨٦ \times ١٠^{٤}}{-٢.٥٠ \times ١٠^{٤}} = ٣٦.٦^{\circ}$$ الشمال الغربي

٢٢- اصطدمت سيارة كتلتها $١٧٣٢kg$ متحركة شرقا بسرعة $٣١.٣m/s$، بسيارة أخرى كتلتها $١٣٨٣kg$ متحركة جنوبا بسرعة $١١.٢m/s$، فالتحمتا معا، ما مقدار سرعتهما واتجاههما مباشرة بعد التصادم؟

$$P_{i,x} = P_{١,x} + P_{٢,x} = ٠ + m_٢ v_{٢i}$$
$$P_{i,y} = P_{١,y} + P_{٢,y} = m_١ v_{١i} + ٠$$
$$P_f = P_i$$
$$P_f = \sqrt{(P_{١,x})^{٢} + (P_{i,y})^{٢}} = \sqrt{(m_٢ v_{٢i})^{٢} + (m_١ v_{١i})^{٢}}$$
$$v_f = \frac{P_f}{(m_١ + m_٢)} = \frac{\sqrt{(m_٢ v_{٢i})^{٢} + (m_١ v_{١i})^{٢}}}{m_١ + m_٢}$$
$$= \frac{\sqrt{((١٧٣٢)(٣١.٣))^{٢} + ((١٣٨٣)(-١١.٢))^{٢}}}{١٣٨٣ + ١٧٨٢} = ١٨.١\ m/s$$
$$\theta = \tan^{-١}\left(\frac{P_{i,y}}{P_{i,x}}\right) = \tan^{-١}\left(\frac{m_١ v_{١i}}{m_٢ v_{٢i}}\right)$$
$$= \tan^{-١}\frac{(١٣٨٣)(-١١.٢)}{(١٧٣٢)(٣١.٣)} = ١٥.٩^{\circ}$$ جنوب شرق

٢٣- تعرضت كرة بلياردو ساكنة كتلتها $٠.١٧kg$ للاصطدام بكرة مماثلة لها متحركة بسرعة $٤.٠m/s$، فتحركت الكرة الثانية بعد التصادم في اتجاه يميل ٦٠.٠° إلى اليسار اتجاهها الأصلي، في حين تحركت الكرة الأولى في اتجاه يميل ٣٠° إلى يمين الاتجاه الأصلي للكرة المتحركة، ما سرعة كل من الكرتين بعد التصادم؟

$$P_{Ci} + P_{Di} = P_{Cf} + P_{Df} \quad , \quad P_{Ci} = ٠.٠\ kg.m/s$$
$$m_C = m_D = m = ٠.١٧\ kg$$

$$P_{Cf} = P_{Di} \sin ٦٠.٠^\circ$$
$$, \quad P_{Df} = P_{Di} \cos ٦٠.٠^\circ$$

$$P_{Cf} = P_{Di} \sin ٦٠.٠^\circ \quad , \quad mv_{Cf} = mv_{Di} \sin ٦٠.٠^\circ$$
$$v_{Cf} = v_{Di} \sin ٦٠.٠^\circ = (٤.٠\ m/s)(\sin ٦٠.٠^\circ)$$
$$= ٣.٥\ m/s \ , ٣٠.٠^\circ \quad \text{باتجاه اليمين}$$
$$P_{Df} = P_{Di} \cos ٦٠.٠^\circ \quad , \quad mv_{Df} = mv_{Di} \cos ٦٠.٠^\circ$$
$$v_{Df} = v_{Di} \cos ٦٠.٠^\circ$$
$$= (٤.٠\ m/s)(\cos ٦٠.٠^\circ)$$
$$= ٢.٠\ m/s \ , ٦٠.٠^\circ \quad \text{باتجاه اليسار}$$

٢٤- تحركت سيارة كتلتها $١٩٢٣kg$ شمالا، فاصطدمت بسيارة أخرى كتلتها $١٣٤٥kg$ متحركة شرقا بسرعة $١٥.٧m/s$، فالتحمتا معا وتحركتا بسرعة مقدارها $١٤.٤m/s$ وبزاوية $\theta = ٦٣.٥^\circ$، فهل كانت السيارة المتحركة شمالا متجاوزة حد السرعة $٢٠.١m/s$ قبل التصادم؟

$$P_{i,x} = m_١ v_{١,i} = (١٣٤٥\ kg)(١٥.٧\ m/s) = ٢.١١ \times ١٠^٤ \ kg_m/s$$

$$P_f = P_i$$
$$= (m_١ + m_٢)\, v_f = (١٣٤٥\ kg + ١٩٢٣\ kg)(١٤.٥\ m/s)$$
$$= ٤.٧٤ \times ١٠^٤\ kg.m/s$$
$$P_{f,y} = P_f \sin\theta$$
$$= (٤.٧٤ \times ١٠^٤\ kg.m/s)(\sin ٦٣.٥^\circ) = ٤.٢٤ \times ١٠^٤\ kg.m/s$$

$$P_{f,y} = P_{i,y} = m_٢ v_{٢,i}$$
$$v_{٢,i} = \frac{P_{f,y}}{m_٢} = \frac{٤.٢٤ \times ١٠^٤}{١٩٢٣} = ٢٢.١\ m/s$$

نعم كانت متجاوزة الحد الأقصى للسرعة.

مراجعة

٢٥- تحركت عربة وزنها $٢٤.٥N$ من السكون على مستوى طوله $١.٠m$ ويميل على الأفق بزاوية ٣٠°. كما في الشكل المقابل، اندفعت العربة إلى نهاية المستوى المائل، فصدمت عربة أخرى وزنها $٣٦.٨N$ موضوعة عند أسفل المستوى المائل.

a. احسب مقدار سرعة العربة الأولى عند أسفل المستوى المائل.

$$F_{||} = Fg \sin\theta$$
$$a = \frac{F_{||}}{m} \quad , \quad a = \frac{F_g}{m}$$

$$\rightarrow a = \frac{F_g \sin\theta}{F_g/g} = g\sin\theta$$
$$v^2 = v_i^2 + 2a(d - d_i) \quad , \quad v_i = 0 \ , \ d_i = 0$$
$$\rightarrow v^2 = 2ad$$
$$v = \sqrt{2ad} = \sqrt{(2)(g\sin\theta)(d)}$$
$$= \sqrt{(2)(9.8)(\sin 30)(1)} = 3.13\ m/s$$

b. إذا التحمت العربتان معا فما سرعة انطلاقهما بعد التصادم؟

$$m_C v_{Ci} = (m_C + m_C)\, v_f$$
$$\rightarrow v_f = \frac{m_C v_{Ci}}{m_C + m_D} = \frac{\left(\frac{F_C}{g}\right)v_{Ci}}{\frac{F_C}{g} + \frac{F_D}{g}} = \frac{F_C v_{Ci}}{F_C + F_D}$$
$$= \frac{(24.5)(3.13)}{24.5 + 36.8} = 1.25\ m/s$$

٢٦- يستمر مضرب لاعب كرة التنس في التقدم إلى الأمام بعد ضرب الكرة، فهل يكون الزخم محفوظا في التصادم؟ فسر ذلك، وتنبه إلى أهمية تعريف النظام.

لا، لأن كتلة المضرب أكبر بكثير من كتلة الكرة، ويتطلب تغيرا في سرعته، بالإضافة إلى أنه يبقى محمولا بكتلة كبيرة وهي الذراع المتحركة المرتبطة بالجسم المتصلة بالأرض، وهكذا فإن المضرب والكرة لا يكونان نظاما معزولا.

٢٧- يركض لاعب القفز بالزانة في اتجاه نقطة الانطلاق بزخم أفقي، من أين يأتي الزخم الرأسي عندما يقفز اللاعب فوق العارضة؟

يأتي الزخم الرأسي من قوة دفع الأرض للزانة.

٢٨- ركض لاعبان في مباراة كرة قدم من اتجاهين مختلفين، فاصطدما وجها لوجه عندما حاولا ضرب الكرة برأسيهما، فاستقرا في الجو، ثم سقطا على الأرض. صف زخميهما الابتدائيين.

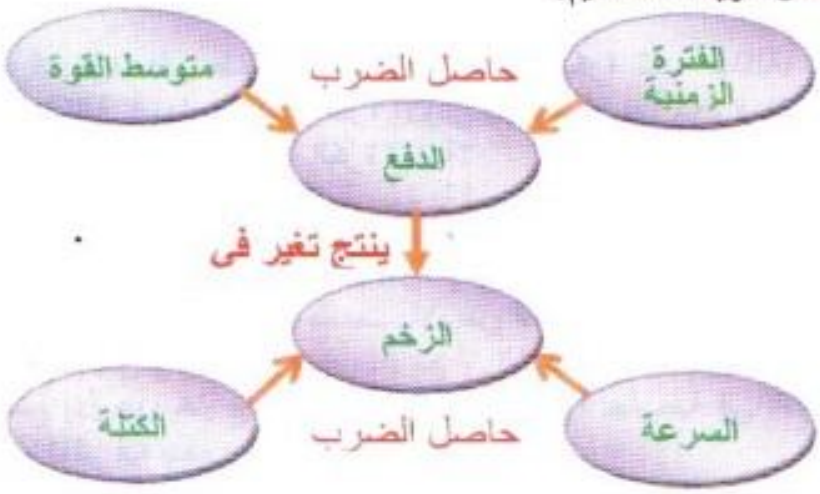
لأن زخمهم النهائي يساوي صفر، إذا زخمهم الابتدائي متساوي في المقدار ومتعاكس في الاتجاه.

٢٩- إذا التقطت كرة وأنت واقف على لوح تزلج فإنك ستندفع إلى الخلف، أما إذا كنت تقف على الأرض فإنه يمكنك تجنب الحركة عندما تلتقط الكرة، اشرح كلتا الحالتين باستخدام قانون حفظ الزخم، موضحا أي نظام استخدمت في كلتا الحالتين.

في الحالة الأولى، يكون اللوح والكرة نظاما معزولا، ويكون زخم الكرة مشتركا، أما في الحالة الثانية فالنظام يتأثر بقوة خارجية رغم تضمن الأرض، لذا يكون الزخم غير محفوظ.

تقويم الفصل الثاني

٣٠- أكمل خريطة المفاهيم:



٣١- هل يمكن أن يتساوى زخم الرصاصة مع زخم شاحنة؟ فسر ذلك.

نعم، لأن للرصاصة سرعة عالية جدا، والكتلتين ليست متساويتين.

٣٢- رمى لاعب الكرة فتلقفها لاعب آخر، مفترضا أن مقدار سرعة الكرة لم يتغير في أثناء تحليقها في الجو، أجب عن الأسئلة الآتية:

a. أي اللاعبين أثر في الكرة بدفع أكبر؟

ضارب الكرة ومتلقيها يؤثران بمثل مقدار الدفع ولكن باتجاهين مختلفين.

b. أي اللاعبين أثر في الكرة بقوة أكبر ؟

المتلقي يؤثر بقوة أكبر في الكرة لأن زمن تأثير القوة أقل.

٣٣- ينص القانون الثاني لنيوتن على انه لم تؤثر قوة محصلة في نظام ما فإنه لا يمكن أن يكون هناك تسارع. هل نستنتج أنه لا يمكن أن يحدث تغير في الزخم.

عدم وجود قوة محصلة على النظام يعني أنه لا توجد قوة دفع على النظام ولا تغير في محصلة النظام. ولكن يمكن أن توجد بعض أجزاء النظام تمتلك تغيرا في الزخم حتى ولو كان الزخم المحصل يساوي صفر.

٣٤- لماذا تزود السيارات بماص صدمات يمكنه الانضغاط في أثناء الاصطدام؟

حتى تعمل على تقليل القوة عن طريق زيادة زمن تأثيرها.

٣٥- ما المقصود "بالنظام المعزول"؟

النظام المعزول يعني لا توجد قوى خارجية تؤثر في هذا النظام.

٣٦- في الفضاء الخارجي، تلجأ المركبة الفضائية إلى تشغيل صواريخها لتزيد من سرعتها المتجهة، كيف يمكن للغازات الحارة الخارجة من محرك الصاروخ أن تغير سرعة المركبة المتجهة حيث لا يوجد شيء في الفضاء يمكن للغازات أن تدفعه؟

بما أن الزخم محفوظ فإن التغير في زخم الغازات مساوي للتغير في زخم المركبة الفضائية ومعاكس له في الاتجاه.

٣٧- تتحرك كرة على طاولة البلياردو، فتصطدم بكرة ثانية ساكنة، فإذا كان للكرتين الكتلة نفسها، وسكنت الكرة الأولى بعد تصادمهما معا، فماذا يمكننا أن نستنتج حول ما يتعلق بسرعة الكرة الثانية؟

يجب أن تكون سرعة الكرة الثانية مساوية لسرعة الكرة الأولى قبل التصادم.

٣٨- أسقطت كرة سلة في اتجاه الأرض، وقبل أن تصطدم بالأرض كان اتجاه الزخم إلى أسفل، وبعد أن اصطدمت بالأرض أصبح اتجاه الزخم إلى أعلى.

a. لماذا لم يكن زخم الكرة محفوظا، مع أن الارتداد عبارة عن تصادم؟

سطح الأرض خارج النظام، لذا فإنه يؤثر بقوة خارجية في الكرة وعليه فإنها تؤثر فيه بدفع.

b. أي نظام يكون فيه زخم الكرة محفوظا؟

يكون الزخم محفوظا عندما يكون النظام مكونا من الكرة والأرض.

٣٩- تستطيع قوة خارجية فقط أن تغير زخم نظام ما، وضح كيف تؤدي القوة الداخلية لكوابح السيارة إلى إيقافها.

تنقل الكوابح القوة إلى الإطارات عن طريق الاحتكاك، وكذلك تنقل الإطارات بدورها هذه القوة إلى أرضية الطريق بنفس الطريقة، أي طريقة الاحتكاك.

٤٠- اشرح مفهوم الدفع باستخدام الأفكار الفيزيائية بدلا من المعادلات الرياضية.

عندما تؤثر قوة F على جسم في زمن مقداره Δt، تسبب له زخم يتغير حسب الكمية $F\Delta t$.

٤١- هل يمكن أن يكتسب جسم ما دفعا من قوة صغيرة أكبر من الدفع الذي يكتسبه من قوة كبيرة؟ فسر ذلك.

نعم، إذا أثرت قوة صغيرة لفترة زمنية طويلة فإنها تنتج دفعا أكبر.

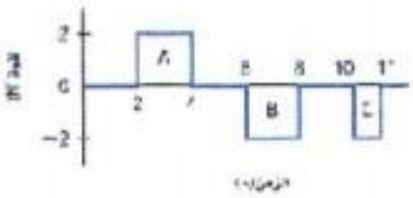
٤٢- الحل:

يتعين عليك تحريك يدك في اتجاه الكرة نفسه، لزيادة الفترة الزمنية للتصادم، وعليه فإن القوة تقل.

٤٣- الحل:

تستغرق الرصاصة الخارجة من البندقية زمنا أطول حتى تخرج من مكانها وعليه فإنها تكتسب زخما أكبر.

٤٤- الحل:

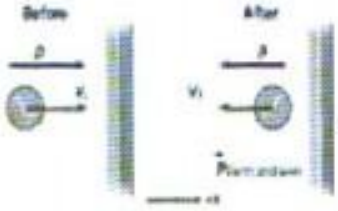


يتحرك الجسم في الفترة A بسرعة موجبة وثابتة، وفي الفترة B يصبح ساكنا، وفي الفترة C يتحرك بسرعة ثابتة سالبة.

٤٥- الحل:

عندما ينطلق الغاز من المسدس في الاتجاه المعاكس لموقع السفينة سيتولد دفعا يؤدي إلى تحريك الرائد باتجاه السفينة.

٤٦- الحل:



النظام يتكون من الكرة والجدار والأرض، الجدار والأرض يكسب بعض الزخم في الاصطداء

٤٧- الحل:

يتم إبطاء سرعتها بإطلاق كمية من الغاز العادم بسرعة كبيرة بنفس اتجاه حركة السفينة، فيعمل زخمه على التقليل من زخم السفينة الفضائية فتقل سرعتها.

٤٨- الحل:

إذا امتلكت الشاحنتان الكتلة نفسها، فسوف تتحركان بنصف سرعة الشاحنة المتحركة، لذا يجب أن تمتلك الشاحنة المتحركة حمولة أكبر.

٤٩- الحل:

عندما تحمل البندقية بشكل حر، فإن زخم ارتدادها سوف يؤثر في كتلتها فقط وبهذه الطريقة سوف تنتج سرعة كبيرة مما يؤدي إلى اصطدامها بالكتف، أما عند إسنادها للكتف فإن زخم ارتدادها يؤثر على كتلتها وكتلتك معا مما يؤدي إلى سرعة ارتداد قليلة.

٥٠- الحل:

الزخم محفوظا لذا فإن زخم القالب والرصاصة بعد التصادم مساويا لزخمها قبل التصادم، تمتلك الرصاصة المطاطية زخما سالبا بعد التصادم بالقالب، لذا يجب أن يكون زخم القالب الخشبي أكبر في هذه الحالة.

٥١- الحل:

$$\Delta t = \frac{m\Delta v}{F} = \frac{(٠.٠٥٨kg)(٦٢m/s)}{٢٧٢\ N} = ٠.٠١٣s$$

٥٢- الحل:

a.

$$\Delta p = mv_f - m\,v_i = m\,(v_f - v_i)$$
$$= (٠.١٤٥kg)(-٥٨m/s - (+٤٢m/s)) = -١٤\ kg.m/s$$

.b

$$F\Delta t = \Delta p \rightarrow F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t}$$

$$F = \frac{(٠.١٤٥kg)(-٥٨m/s - (+٤٢m/s)}{٤.٦ \times ١٠^{-٤}s} = -٣.٢ \times ١٠^{٤}\ N$$

٥٣- الحل:

$$\Delta p = F\Delta t = (١٨٦N)\ (٠.٤٠s) = ٧٤\ N.s$$
$$\Delta v = \frac{\Delta P}{m} = \frac{F\Delta t}{m} = \frac{(١٨٦N)(٠.٤٠s)}{٧.٣kg} = ١.٠ \times ١٠^{١}\ m/s$$

٥٤- الحل:

.a

$$\Delta p = m\ \Delta v = m\ (v_f - v_i)$$
$$= (٥٥٠٠kg)(٧.٨m/s - ٤.٢m/s) = ٢.٠ \times ١٠^{٤}\ kg.m/s$$

.b

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t} = \frac{(٥٥٠٠kg)(٧.٨m/s - ٤.٢m/s)}{١٥s} = ١.٣ \times ١٠^{٣}\ N$$

٥٥- الحل:

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t} = \frac{(٠.٠٠٦kg)(٠.٠m/s - ٣٥٠m/s)}{١.٨ \times ١٠^{-٣}s} = -١.٢ \times ١٠^{٣}\ N$$

٥٦- الحل:

$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = \frac{(٠.٢٤kg)(-٢.٤\ m/s - ٣.٨\ m/s)}{٠.٠٢٥\ s} = -٦.٠ \times ١٠^{١}\ N$$

٥٧- الحل:

$$F\Delta t = (٣٠.٠\ N)\ (٠.١٦\ s) = ٤.٨\ N.s$$

٥٨- الحل:

$$p = m\ v = (m_{\text{الولد}} - m_{\text{الزحاجة}})\ v$$
$$= (٣٥.٦kg - ١.٣kg)(٩.٥٠m/s) = ٣.٥ \times ١٠^{٢}\ kg.m/s$$

٥٩- الحل:

$$F\Delta t = m\ \Delta v = m\ (v_f - v_i)\ ,\ v_i = ٠$$
$$v_f = \frac{F\Delta t}{m} = \frac{(٣٠.٠N)(٠.١٦s)}{٠.١١٥\ kg} = ٤٢\ m/s$$

٦٠- الحل:

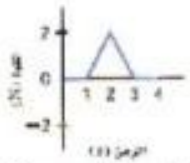
.a $+٨.٠\ m/s$

$$F\Delta t = m\ \Delta v = m\ (v_f - v_i)$$
$$= (٢٥kg)(٨.٠\ m/s - ١٢m/s) = -١.٠ \times ١٠^{٢}\ kg.m/s$$

$-٨.٠\ m/s$ .b

$$F\Delta t = m\,\Delta v = m\,(v_f - v_i)$$
$$= (٢٥kg)(-٨.٠\ m/s - ١٢m/s) = -٥.٠ \times ١٠^{٢}\ kg.m/s$$

٦١- الحل:



$$F\Delta t = m\,\Delta v$$
مساحة الرسم $= m\,\Delta v$
$$\frac{١}{٢}(٢N)(٢s) = m\,(v_f - v_i) = (٠.١٥٠kg)\,(v_f - ١٢m/s)$$
$$v_f = \frac{٢\ kg.m/s}{٠.١٥٠\ kg} + ١٢ = ٢٥\ m/s$$

٦٢- الحل:

.a

$$\Delta P = m\,(v_f - v_i)$$
$$= (٠.١٤٥kg)(٠.٠\ m/s - ٣٥m/s) = -٥.١\ kg.m/s$$

.b

$$\Delta P = F_{متوسط}\,\Delta t$$
$$F_{متوسط} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$
$$= \frac{(٠.١٤٥kg)(٠.٠m/s - ٣٥m/s)}{٠.٠٥٠\ s} = -١.٠ \times ١٠^{٢}\ N$$

.c

$$\Delta P = F_{متوسط}\,\Delta t$$
$$F_{متوسط} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$
$$= \frac{(٠.١٤٥kg)(٠.٠m/s - ٣٥m/s)}{٠.٥٠٠\ s} = -١.٠ \times ١٠^{١}\ N$$

٦٣- الحل:

a. ما الدفع على القرص؟

$$F\Delta t = m\,(v_f - v_i)$$
$$= (٠.١١٥kg)(-٢٥\ m/s - ٣٧m/s) = -٧.١\ kg.m/s$$

b. ما متوسط القوة المؤثرة في القرص؟

$$F\Delta t = m\,(v_f - v_i)$$
$$F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t} = \frac{(٠.١١٥kg)(-٢٥m/s - ٣٧m/s)}{٥.٠ \times ١٠^{-٤}\ s} = -١.٤ \times ١٠^{٤}\ N$$

٦٤- الحل:

a. ما الدفع الذي أثر به الجزيء في الجدار؟

$$F\Delta t = m\,(v_f - v_i)$$

$$=(٤.٧\times١٠^{-٢٦}kg)(-٥٥٠\ m/s - ٥٥٠m/s) = -٥.٢\times١٠^{-٢٣}\ kg.m/s$$

.b

$$F\Delta t = m(v_f - v_i) \rightarrow F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$F_{total} = (١.٥\times١٠^{٢٣})\frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= (١.٥\times١٠^{٢٣})\frac{(٤.٧\times١٠^{-٢٦}kg)(-٥٥٠\ m/s - ٥٥٠m/s)}{١.٠s} = ٧.٨\ N$$

٦٥- الحل:

$$p = mv \ , \ v_x = ٣٦.٠\ m/s$$

$$v_y^{٢} = v_{iy}^{٢} + ٢dg = ٢dg$$

$$v = \sqrt{v_x^{٢} + v_y^{٢}} = \sqrt{v_x^{٢} + ٢dg}$$

$$P = \frac{F_g v}{g} = \frac{F_g\sqrt{v_x^{٢} + ٢dg}}{g}$$

$$= \frac{(١٧٥N)\sqrt{(٣٦m/s)^{٢} + ٢(٦٠m)(٩.٨)}}{٩.٨} = ٨٨٨\ kg.m/s$$

$$\theta = \tan^{-١}\left(\frac{v_x}{v_y}\right) = \frac{\sqrt{٢dg}}{v_x} = \frac{\sqrt{٢(٦٠m)(٩.٨)}}{٣٦\ m/s} = ٤٣.٦°$$

٦٦- الحل:

a. ما الدفع اللازم لإيقاف الطفل؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i)$$

$$=(٢٠kg)(٠.٠\ m/s - ١٠m/s) = -٢.٠\times١٠^{٢}\ kg.m/s$$

b. ما متوسط القوة المؤثرة في الطفل؟

$$F\Delta t = m(v_f - v_i) \rightarrow F = \frac{m(v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$= \frac{(٢٠kg)(٠.٠\ m/s - ١٠m/s)}{٠.٠٥٠\ s} = -٤.٠\times١٠^{٣}\ N$$

c. ما الكتلة التقريبية لجسم وزنه يساوي القوة في الفرع ب؟

$$F_g = m\,g \rightarrow m = \frac{F_g}{g} = \frac{(٤.٠\times١٠^{٣}N)}{٩.٨} = ٤.١\times١٠^{٢}kg$$

d. هل يمكنك رفع مثل هذا الوزن بذراعك؟

لا

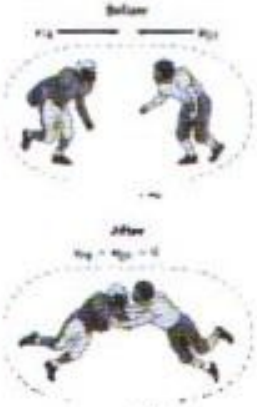
e. لماذا ينصح باستخدام كرسي أطفال في السيارة بدلا من احتضان الطفل؟

لأنه أكثر أمانا للطفل وخصوص عند حدوث الاصطدام لا تستطيع حماية الطفل.

٦٧- الحل:

$$\Delta t = \frac{m\Delta v}{F} = \frac{(٧٢kg)(٠.٦٣m/s)}{٣٥\ N} = ١.٣\times١٠^{٣}s = ٢٢\ min$$

٦٨- الحل:



a. حدد الوضعين قبل الاصطدام وبعده؟

قبل الاصطدام:

$m_{FB} = ٩٥kg$, $v_{FB} = ٨.٢m/s$

, $m_{DT} = ١٢٨kg$, $v_{DT}=?$

بعد الاصطدام:

$m = ٢٢٣\ kg$, $v_f = ٠\ m/s$

b. كم كان زخم اللاعب الأول قبل التصادم؟

$$P_{FB} = m_{FB}\, v_{FB} = (٩٥\ kg)\ (٨.٢m/s) = ٧.٨\times١٠^{٢}\ kg.m/s$$

c. ما التغير في زخم اللاعب الأول؟

$$\Delta P_{FB} = P_f - P_{FB} = ٠ - P_{FB} = -٧.٨\times١٠^{٢}\ kg.m/s$$

d. ما التغير في زخم لاعب الدفاع؟

$$= +٧.٨\times١٠^{٢}\ kg.m/s$$

e. كم كان زخم لاعب الدفاع قبل التصادم؟

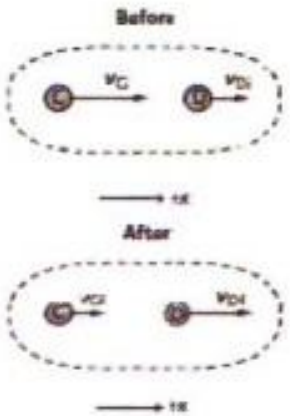
$$= -٧.٨\times١٠^{٢}\ kg.m/s$$

f. كم كانت سرعة لاعب الدفاع قبل التصادم؟

$$m_{DT}\, v_{DT} = -٧.٨\times١٠^{٢}\ kg.m/s$$

$$\rightarrow \quad v_{DT} = \frac{-٧.٨\times١٠^{٢}\ kg.m/s}{١٢٨\ kg} = -٦.١\ m/s$$

٦٩- الحل:



a. ارسم النظام وعرفه؟

قبل الاصطدام:

$m_C = ٥g$, $v_{Ci} = ٢٠cm/s$

, $m_D = ١٠g$, $v_{Di}=١٠cm/s$

بعد الاصطدام:

$m_C = ٥g$, $m_D = ١٠g$

, $v_{Cf} = ٨cm/s$, $v_{Df} = ?$

b. احسب زخمي الكرتين قبل التصادم؟

$$m_C\, v_{Ci} = (٥\times١٠^{-٣}\ kg)\ (٠.٢٠٠m/s) = ١.٠\times١٠^{-٣}\ kg.m/s$$

$$m_D\, v_{Di} = (١\times١٠^{-٢}\ kg)\ (٠.١٠٠m/s) = ١.٠\times١٠^{-٣}\ kg.m/s$$

c. احسب زخم الكرة C بعد التصادم؟

$$m_C v_{Cf} = (٥\times١٠^{-٣}\ kg)\ (٠.٠٨٠\ m/s) = ٤.٠\times١٠^{-٤}\ kg.m/s$$

d. احسب زخم الكرة D بعد التصادم؟

$$P_{Ci} + P_{Di} = P_{Cf} + P_{Df}$$
$$P_{Df} = P_{Ci} + P_{Di} - P_{Cf}$$
$$= ١.٠\times١٠^{-٣}\ kg.m/s + ١.٠\times١٠^{-٣}\ kg.m/s - ٤.٠\times١٠^{-٤}\ kg.m/s$$
$$= ١.٦\times١٠^{-٣}\ kg.m/s$$

e. ما مقدار سرعة الكرة D بعد التصادم؟

$$P_{Df} = m_D v_{Df}$$
$$\rightarrow \quad v_{Df} = \frac{P_{Df}}{m_D} = \frac{١.٦\times١٠^{-٣}\ kg.m/s}{١.٠\times١٠^{-٢}\ kg} = ١.٦\times١٠^{-١}\ m/s = ١٦\ cm/s$$

٧٠- الحل:

$$m_١ v_i = - m_٢ v_f$$
$$\rightarrow \quad v_f = \frac{m_١ v_i}{-m_٢} = \frac{(٥\ kg)(٠.١٢ m/s)}{-(٢\ kg)} = -٠.٣٠\ m/s$$

٧١- الحل:

$$P_{Ci} + P_{Di} = P_{Cf} + P_{Df}$$
$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$
$$v_{Df} = \frac{(m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_C v_{Cf})}{m_D}$$
$$= \frac{(٠.٠٥٠)(٢) + (٤.٦٥)(٢) - (٠.٠٥٠)(٦٤٧)}{(٤.٦٥)}$$
$$= -٤.٩٤\ m/s \quad \text{أو} \quad ٤.٩٤\ m/s \quad \text{في الاتجاه المعاكس}$$

٧٢- الحل:

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$
$$v_{Df} = \frac{(m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_C v_{Cf})}{m_D}$$
$$= \frac{m_C(v_{Ci} - v_{Cf})}{m_D} = \frac{(٠.٠١٢٠)\ (١٥٠ - (-١.٠\times١٠^{٢}))}{(٨.٥)} = ٠.٣٥\ m/s$$

٧٣- الحل:

$$(m_L v_{Li} + m_s v_{si})\ v_i = m_L v_{Lf} + m_s v_{sf}$$
$$v_{sf} = ٠.٠\ m/s, \quad v_{Li} = v_{si} = v_i$$
$$v_{Lf} = \frac{(m_L + m_s) v_i}{m_L} = \frac{(٤٢+٢)(١.٢)}{(٤٢)} = ١.٢٦\ m/s$$

٧٤- الحل:

$$p_{Cf} = p_{Ci} \sin ٤٥^\circ$$
$$m_C v_{Cf} = m_C v_{Ci} \sin ٤٥^\circ$$
$$v_{Cf} = v_{Ci} \sin ٤٥^\circ$$

$= (٤.٠\ m/s)(\sin ٤٥^\circ) \quad = ٢.٨\ m/s$

بالنسبة للكرة رقم ٨:

$$p_{Af} = p_{ci} \cos ٤٥^\circ$$
$$m_A v_{Af} = m_C v_{Ci} (\cos ٤٥^\circ)$$
$$\because\ m_A = m_C \quad \rightarrow \quad v_{Af} = v_{Ci} \cos ٤٥^\circ$$
$$= (٤.٠\ m/s)(\cos ٤٥^\circ) \quad = ٢.٨\ m/s$$

٧٥- الحل:

$$P_{Ci} + P_{Di} = P_{Cf} + P_{Df}$$
$$m_C v_{Ci} = (m_C + m_D)\, v_f$$
$$v_{Ci} = \frac{(m_C + m_D)\, v_f}{m_C} = \frac{(٢٥٧٥+٨٢٥)(٨.٥)}{(٢٥٧٥ kg)} = ١١\ m/s$$

٧٦- الحل:

a. حدد الوضع في الحالتين؟

قبل الاصطدام:

$$m_k = ٦٠ kg \ , \ v_i = ٠.٠ m/s \ , \ m_D = ٩٠ kg$$

بعد الاصطدام:

$$m_k = ٦٠ kg \ , \ m_D = ٩٠ kg \ , \ v_{kf} = ? \ , \ v_{Df} = ?$$

b. جد النسبة بين سرعتي المتزلجين في اللحظة التي أفلتا أيديهما؟

$$P_{ki} + P_{Di} = ٠.٠\ kg.m/s = P_{kf} + P_{Df}$$
$$\rightarrow m_k v_{kf} + m_D v_{Df} = ٠.٠\ kg.m/s$$
$$m_k v_{kf} = - m_D v_{Df}$$
$$\frac{v_{kf}}{v_{Df}} = -\left(\frac{m_D}{m_k}\right) = -\left(\frac{٩٠ kg}{٦٠ kg}\right) = -١.٥٠$$

c. أي المتزلجين سرعته أكبر؟

الذي له كتلة أقل، سرعته أكبر.

d. أي المتزلجين دفع بقوة أكبر؟

قوة الدفع متساوية وفي اتجاه متعاكس.

٧٧- الحل:

$$m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df}$$
$$v_{Cf} = \frac{(m_C v_{Ci} + m_D v_{Di} - m_D v_{Df})}{m_C}$$
$$= \frac{(٠.٢)(٠.٣٠) + (٠.١)(٠.١٠) - (٠.١)(٠.٢٦)}{(٠.٢٠٠)}$$
$$= ٠.٢٢\ m/s \quad \text{في نفس الاتجاه}$$

الفصل الثالث

الشغل والطاقة والآلات البسيطة

- الطاقة والشغل
- الآلات

الطاقة والشغل

الشغل (W):

هو انتقال للطاقة بطرائق ميكانيكية.

ويساوى حاصل ضرب القوة F المؤثرة في جسم باتجاه حركته في الإزاحة d التي يعملها الجسم تحت تأثير هذه القوة.

$$W = Fd$$

الشغل كمية عددية وحدة قياسها الجول $Joul\ (J)$ $(J = N.m = kgm^2/s^2)$

الجول :

هو الشغل الذي تبذله قوة مقدارها $1N$ لتحرك الجسم إزاحة مقدارها $1m$ في نفس اتجاه الحركة.

الطاقة الحركية (KE):

هى الطاقة الناتجة عن حركة الجسم وتساوى حاصل ضرب نصف كتلة الجسم $\frac{1}{2}m$ في مربع مقدار سرعته (v^2).

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

الطاقة الحركية كمية عددية وحدة قياسها هى نفس وحدة قياس الشغل

$(J = N.m = kgm^2/s^2)$

نظرية الشغل ـ الطاقة

إذا كان هناك جسم يتحرك على مستوى أفقي فإن:

الشغل يساوى التغير في الطاقة الحركية

$$W = \Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$W = \frac{1}{2}m\,(v_f^2 - v_i^2)$$

يكون الشغل (+) **عندما يبذل شغل على نظام معين.**

يكون الشغل (-) **عندما يبذل النظام شغلا فتقل طاقته.**

إذا بذل المحيط الخارجي شغلا على النظام فإن الشغل يكون (+) و تزداد طاقة النظام

إذا بذل النظام شغلا على المحيط الخارجي فإن الشغل يكون (-) وتقل طاقة النظام

حساب الشغل

الشغل في حالة وجود زاوية بين القوة والإزاحة:

الشغل (W): يساوى حاصل ضرب القوة F والإزاحة d في جيب تمام الزاوية المحصورة بين القوة واتجاه الإزاحة.

$$W = Fd\cos\theta$$

إستراتيجية حل المسائل:

إذا أردت حل مسائل تتعلق بالشغل فاستخدم إستراتيجية الحل التالية:

١- ارسم مخططا توضيحيا للنظام، ثم وضح القوة التي تبذل شغلا.

٢- ارسم متجهات القوة والإزاحة للنظام.

٣- جد الزاوية θ بين كل قوة والإزاحة.

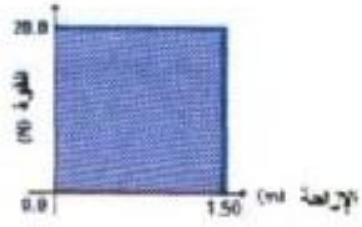
٤- احسب الشغل المبذول من كل قوة باستخدام المعادلة. $W = Fd\cos\theta$

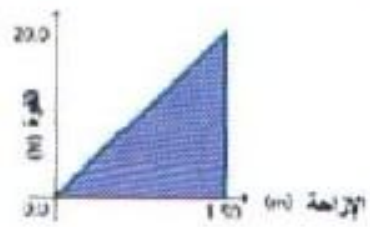
٥- احسب الشغل الكلي المبذول. وتأكد من إشارة الشغل معتمدا على اتجاه انتقال الطاقة، فإذا ازدادت طاقة النظام فإن الشغل المبذول من تلك القوة يكون موجبا، أما إذا تناقصت طاقة النظام فإن الشغل المبذول من تلك القوة يكون سالبا.

العلاقة البيانية(القوة ـ الإزاحة):

إذا كان هناك علاقة بيانية (القوة – الإزاحة) فإن :

الشغل = المساحة تحت المنحنى





الشغل = صفرا عندما يكون اتجاه القوة عموديا على اتجاه الحركة $(\theta = ٩٠)$

الشغل المبذول بعدة قوى:

إذا أثرت عدة قوى على جسم فغيرت في طاقته فإن مجموع الأشغال التي تبذلها القوى يساوى التغير في الطاقة

$$\Sigma W = \Delta E$$

مثال (١):

ينزلق قرص هوكي كتلته $١٠٥g$ على سطح جليدي، فإذا أثر لاعب بقوة ثابتة مقدارها $٤.٥N$ في القرص فحركه لمسافة $٠.١٥m$ في اتجاه القوة نفسه، فما مقدار الشغل الذي بذله اللاعب على القرص؟ وما مقدار التغير في طاقة القرص؟

المعطيات: $m = ١٠٥g \ , \ F = ٤.٥N \ , \ d = ٠.١٥٠m$

المطلوب: $W = ? \ , \ \Delta KE = ?$

نستخدم معادلة الشغل عندما تؤثر قوة ثابتة في اتجاه الجسم نفسه.

$$W = F\,d = (٤.٥)(٠.١٠٥) = ٠.٦٧٥\ N.m$$
$$= ٠.٦٧٥J$$

استخدم نظرية الشغل-الطاقة لحساب التغير في طاقة النظام.

$$W = \Delta KE \quad \rightarrow \quad \Delta KE = ٠.٦٧٥J$$

مسائل تدريبية

١- اعتمد على المثال (١) لحل المسألة التالية:

a. إذا أثر لاعب الهوكي بضعفي القوة، أي $٩.٠N$، في القرص، فكيف يتأثر التغير في طاقة حركة القرص؟

$$\because W = Fd \ , \ \Delta KE = W$$

مضاعفة القوة سوف يضاعف الشغل، والذي بدوره سيضاعف التغير في الطاقة الحركية لـ $١.٣٥J$.

b. إذا أثر اللاعب بقوة مقدارها $٩.٠N$، في القرص، ولكن بقيت العصا ملامسة للقرص لنصف المسافة فقط أي $٠.٠٧٥m$، فما مقدار التغير في الطاقة الحركية؟

$$\because W = Fd$$

تنصيف المسافة سوف يقطع الشغل من النصف، والتي ستخفض الطاقة الحركية أيضا إلى النصف $٠.٦٨J$.

٢- يؤثر طالبان معا بقوة مقدارها $٨٢٥N$ لدفع سيارة مسافة $٣٥m$:

a. ما مقدار الشغل الذي يبذله الطالبان على السيارة؟

$$W = F\,d = (٨٢٥)(٣٥) = ٢.٩ \times ١٠^{٤}\,J$$

b. إذا تضاعفت القوة المؤثرة، فما مقدار الشغل المبذول لدفع السيارة إلى المسافة نفسها؟

$$W = F\,d = (٢)(٨٢٥)(٣٥) = ٥.٨ \times ١٠^{٤}\,J$$

٣- يتسلق رجل جبلا وهو يحمل حقيبة كتلتها $٧.٥kg$، وبعد $٣٠min$ وصل إلى ارتفاع $٨.٢m$ فوق نقطة البداية.

a. ما مقدار الشغل الذي بذله المتسلق على حقيبة الظهر؟

$$W = F\,d = mgd = (٧.٥)\,(٩.٨)\,(٨.٢) = ٦.٠ \times ١٠^{٢}\,J$$

b. إذا كان وزن المتسق $٦٤٥N$، فما مقدار الشغل الذي بذله لرفع نفسه هو وحقيبة الظهر؟

$$W = F\,d + ٦.٠ \times ١٠^{٢}\,J$$
$$= (٦٤٥)(٨.٢) + ٦.٠ \times ١٠^{٢}\,J = ٥.٩ \times ١٠^{٣}\,J$$

c. ما مقدار التغير في طاقة المتسلق؟

$$P = \frac{W}{t} = \left(\frac{٥.٩ \times ١٠^{٣}}{٣٠\,min}\right)\left(\frac{١min}{٦٠s}\right) = ٣.٣\,W$$

مثال (٢):

يسحب بحار قاربا مسافة $٣٠m$ في اتجاه رصيف الميناء مستخدما حبلا يصنع زاوية ٢٥° فوق المحور الأفقي، ما مقدار الشغل الذي يبذله البحار على القارب إذا أثر بقوة مقدارها $٢٥٥N$ في الحبل؟

المعطيات: $F = ٢٥٥N$, $\theta = ٢٥^{\circ}$, $d = ٣٠m$

المطلوب: $W = ?$

نستخدم معادلة الشغل عندما توجد زاوية بين القوة والإزاحة.

$$W = F\,d\cos\theta$$
$$= (٢٥٥)\,(٣٠)\,(\cos ٢٥^{\circ})$$
$$= ٦.٩٣ \times ١٠^{٣}\,J$$

مسائل تدريبية

٤- إذا كان البحار الذي في المثال(٢) يسحب القارب بالقوة نفسها إلى المسافة نفسها ولكن بزاوية ٥٠°، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

$$W = F\,d\cos\theta = (٢٥٥)\,(٣٠)\,(\cos ٥٠°) = ٤.٩٢ \times ١٠^{٣}\ J$$

٥- يرفع شخصان صندوقا ثقيلا مسافة $١٥m$ بوساطة حبلين يصنع كل منهما زاوية ١٥° مع الرأسي، ويؤثر كل من الشخصين بقوة مقدارها $٢٢٥N$، ما مقدار الشغل الذي يبذلانه؟

$$W = F\,d\cos\theta$$
$$= (٢)\,(٢٥٥)\,(١٥)\,(\cos ١٥°) = ٦.٥ \times ١٠^{٣}\ J$$

٦- يحمل مسافر حقيبة سفر وزنها $٢١٥N$ إلى أعلى سلم، بحيث يعمل إزاحة مقدارها $٤.٢m$ في الاتجاه الرأسي و $٤.٦m$ في الاتجاه الأفقي.

a. ما مقدار الشغل الذي بذله المسافر؟

$$W = F\,d = (٢١٥)\,(٤.٢) = ٩٠٣\ J$$

b. إذا حمل المسافر نفسه حقيبة السفر نفسها إلى أسفل السلم نفسه، فما مقدار الشغل الذي يبذله؟

$$W = F\,d\cos\theta = (٢١٥)\,(٤.٢)\,(\cos ١٨٠°) = -٩٠٣\ J$$

٧- يستخدم حبل في سحب صندوق معدني مسافة $١٥m$ على سطح الأرض، فإذا كان الحبل مربوطا بحيث يصنع زاوية مقدارها ٤٦° فوق سطح الأرض وتؤثر قوة مقدارها $٦٢٨N$ في الحبل، فما مقدار الشغل الذي تبذله هذه القوة؟

$$W = F\,d\cos\theta = (٦٢٨)\,(١٥)\,(\cos ٤٦°) = ٦.٥٤ \times ١٠^{٣}\ J$$

٨- دفع سائق دراجة هوائية كتلتها $١٣kg$ إلى أعلى تل شديد الانحدار بلغ ميله ٢٥° وطوله $٢٧٥m$، كما في الشكل المقابل، وكان يدفع دراجته في اتجاه مواز للطريق وبقوة مقدارها $٢٥N$، فما مقدار الشغل الذي:

a. يبذله السائق علي دراجته الهوائية؟

$$W = F\,d = (٢٥)\,(٢٧٥) = ٦.٩ \times ١٠^{٣}\ J$$

b. تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الدراجة الهوائية؟

$$W = Fd\cos\theta = mgd\cos\theta$$
$$= (١٣\ kg)(٩.٨٠\ m/s^{٢})(٢٧٥\ m)(\cos ١١٥^{\circ})$$
$$= -١.٥ \times ١٠^{٤}\ J$$

القدرة (P):

هي معدل بذل شغل.

وتساوى الشغل المبذول W مقسوما على الزمن اللازم لإنجاز هذا الشغل (t)

$$P = \frac{W}{t}$$

القدرة كمية عددية وحدة قياسها الواط $(W = J/S = Nm/s)$ (W)

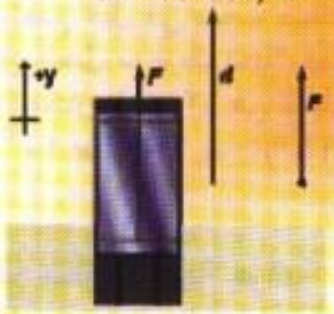
الواط (W) :

هو قدرة جهاز يستهلك طاقة $١J$ خلال زمن $١s$.

ووحدة الواط صغيرة بالنسبة للقدرة، لذلك غالبا ما تقاس القدرة بوحدة الكيلو واط (KW) حيث الكيلو واط الواحد $= ١٠٠٠W$

مثال (٣):

يرفع محرك كهربائي مصعدا مسافة $٩.٠m$ خلال $١٥.٠s$ بالتأثير بقوة رأسية إلى أعلى مقدارها $١.٢٠\times١٠^{٤}N$، ما القدرة التي ينتجها المحرك بوحدة KW؟



المعطيات: $d = ٩.٠m\ ,\ t = ١٥.٠s\ ,\ F = ١.٢\times١٠^{٤}N$

المطلوب: $P = ?$

نحل بالنسبة للقدرة:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t}$$
$$= \frac{(١.٢٠ \times ١٠^{٤})(٩.٠)}{(١٥.٠)}$$
$$= ٧.٢٠\ KW$$

مسائل تدريبية

٩- رفع صندوق يزن $٥٧٥N$ إلى أعلى مسافة $٢٠m$ رأسيا بوساطة حبل قوي موصول بمحرك، فإذا تم إنجاز العمل خلال $١٠s$، فما القدرة التي يولدها المحرك بوحدة W ووحدة kW؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F\,d}{t} = \frac{(٥٧٥)(٢٠.٠)}{(١٠.٠)}$$
$$= ١.١٥ \times ١٠^{٣}\ W = ١.١٥\ KW$$

١٠- إذا كنت تدفع عربة يدوية مسافة $٦٠m$ وبسرعة ثابتة المقدار مدة $٢٥s$ وذلك بالتأثير بقوة مقدارها $١٤٥N$ في اتجاه أفقي.

a. فما مقدار القدرة التي تولدها؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F\,d}{t} = \frac{(١٤٥)(٦٠.٠)}{(٢٥.٠)} = ٣٤٨\ W$$

b. وإذا كنت تحرك عربة اليد بضعف مقدار السرعة، فما مقدار القدرة التي تولدها؟

الزمن سوف يقل للنصف وبذلك القدرة سوف تتضاعف .W ٦٩٦

١١- ما مقدار القدرة التي تولدها مضخة في رفع $٣٥L$ من الماء كل دقيقة من عمق $١١٠m$؟ (كل $١L$ من الماء كتلته $١kg$)

$$P = \frac{W}{t} = \frac{mg\,d}{t} = \left(\frac{m}{t}\right) gd$$
$$, \frac{m}{t} = (٣٥L/min)(١\,kg/L)$$
$$P = \left(\frac{m}{t}\right) gd$$
$$= (٣٥L/min)(١\,kg/L)(٩.٨)(١١٠)(١\,min/٦٠s) = ٠.٦٣\ KW$$

١٢- يولد محرك كهربائي قدرة $٦٥kW$ لرفع مصعد مكتمل الحمولة مسافة $١٧.٥m$ خلال $٣٥s$، ما مقدار القوة التي يبذلها المحرك؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F\,d}{t}$$
$$\rightarrow \quad F = \frac{P\,t}{d} = \frac{\left(٦٥ \times ١٠^{٣}W\right)(٣٥)}{(١٧.٥)} = ١.٣ \times ١٠^{٥}\ N$$

١٣- صممت رافعة ليتم تثبيتها على شاحنة كما في الشكل، ولدى اختبار قدراتها ربطت الرافعة بجسم وزنه يعادل أكبر قوة تستطيع الرافعة التأثير بها، ومقدارها $٦.٨ \times ١٠^{٣}N$، فرفعت الجسم مسافة $١٥m$ مولدة قدرة مقدارها $٠.٣٠kW$، ما الزمن الذي احتاجت إليه الرافعة لرفع الجسم؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F\,d}{t}$$
$$\rightarrow\ t = \frac{Fd}{P} = \frac{\left(٦.٨ \times ١٠^{٣}N\right)(١٥m)}{\left(٠.٣٠ \times ١٠^{٣}W\right)} = ٣٤٠s = ٥.٧\ min$$

١٤- توقفت سيارتك فجأة وقمت بدفعها، ولاحظت أن القوة اللازمة لجعلها تستمر في الحركة آخذة في التناقص مع استمرار حركة السيارة، افترض أنه خلال مسافة $١٥m$ الأولى تناقصت قوتك بمعدل ثابت من $٢١٠N$ إلى $٤٠N$، فما مقدار الشغل الذي بذلته على السيارة؟ ارسم المنحنى البياني القوة – الإزاحة لتمثل

الشغل المبذول خلال هذه الفترة.

$$W = \frac{1}{2} d\,(F_1 + F_2)$$
$$= \frac{1}{2}(15)\,(210 + 40) = 1.9 \times 10^3\ J$$

مراجعة

١٥- تدفع مريم جسما كتلته $20\ kg$ مسافة $10\ m$ على أرضية غرفة بقوة أفقية مقدارها $80\ N$. احسب مقدار الشغل الذي تبذله مريم.

$$W = Fd = (80\ N)(10\ m) = 8 \times 10^2\ J$$

١٦- يحمل عامل ثلاجة كتلتها $185\ kg$ على عربة نقل متحركة، وذلك بدفعها إلى أعلى مسافة $10\ m$ على لوح مائل عديم الاحتكاك يميل بزاوية 11° على الأفقي، ما مقدار الشغل الذي يبذله العامل؟

$$y = (10.0\ m)(\sin 11.0^\circ) = 1.91\ m$$
$$W = Fd = mgd\sin\theta$$
$$= (185\ kg)(9.80\ m/s^2)(10.0\ m)(\sin 11.0^\circ)$$
$$= 3.64 \times 10^3\ J$$

١٧- هل يعتمد الشغل اللازم لرفع كتاب إلى رف عال، على مقدار سرعة رفعه؟ وهل تعتمد القدرة على رفع الكتاب على مقدار سرعة رفعه؟ وضح إجابتك.

لا، الشغل ليس دالة في الزمن. ومع ذلك القدرة دالة في الزمن، لذلك فالقدرة المطلوبة لرفع الكتاب لا تعتمد على السرعة التي رفع بها.

١٨- يرفع مصعد جسما كتلته $1.1 \times 10^3\ kg$ مسافة $40\ m$ خلال $12.5\ s$، ما القدرة التي يولدها المصعد؟

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{mgd}{t} = \frac{(1.1 \times 10^3)(9.8)(40)}{(12.5)} = 3.4 \times 10^4\ W$$

١٩- تسقط كرة كتلتها $0.180\ kg$ مسافة $2.5\ m$، فما مقدار الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الكرة؟

$$W = F_g d = mgd = (0.180\ kg)(9.80\ m/s^2)(2.5\ m) = 4.4\ J$$

٢٠- ترفع رافعة صندوقا مسافة $١.٢m$، وتبذل عليه شغلا مقداره $٧K.J$، ما مقدار كتلة الصندوق؟

$$W = Fd = mgd$$

$$\rightarrow \quad m = \frac{w}{g\,d} = \frac{(٧.٠ \times ١٠^{٣} J)}{(٩.٨)(١.٢)} = ٦.٠ \times ١٠^{٢}\, kg$$

٢١- تحمل أنت وزميلك صندوقين متماثلين من الطابق الأول في مبنى إلى غرفة تقع في نهاية ممر في الطابق الثاني، فإذا اخترت أن تحمل الصندوق إلى أعلى الدرج ثم تمر عبر الممر لتصل إلى الغرفة، في حين اختار زميلك أن يحمل صندوقه من الممر في الطابق الأول ثم يصعد به سلما رأسيا إلى أن يصل إلى الغرفة، فأيهما يبذل شغلا أكبر؟

كلانا يبذل الشغل نفسه.

٢٢- إذا تضاعفت الطاقة الحركية لجسم بفعل شغل مبذول عليه، فهل تتضاعف سرعة الجسم؟ إذا كان الجواب بالنفي فما النسبة التي تتغير بها سرعة الجسم؟

الطاقة الحركية تتناسب طرديا مع مربع السرعة، لذا فإن مضاعفة الطاقة تؤدي إلى مضاعفة مربع السرعة وليس السرعة، فتزداد السرعة بمعدل ١.٤.

٢٣- وضح كيفية إيجاد التغير في طاقة نظام إذ أثرت فيه ثلاث قوى في آن واحد.

بما أن الشغل عبارة عن التغير في الطاقة الحركية، نحسب الشغل المبذول بواسطة كل قوة، يمكن أن يكون الشغل موجبا أو سالبا أو صفرا- اعتمادا على الزاوية بين القوة المؤثرة وإزاحة الجسم، ومجموع الكميات الثلاث للشغل تمثل التغير في طاقة النظام.

الآلات

نستخدم الآلات يوميا بعضها بسيط ومنها ما هو معقد، وهي تستخدم لتسهيل المهام، كما تؤدي إلى تخفيف الحمل وذلك بتغيير مقدار القوة أو اتجاهها، حتى تتناسب القوة مع مقدرة الآلة أو الشخص.

فوائد الآلات

نعرف أن الشغل هو عملية انتقال للطاقة بالطرائق الميكانيكية، فعند استخدام آلة فتاحة الزجاجات تبذل عليها شغلا يسمى الشغل المبذول Wi ، وهي تبذل

شغلا على الغطاء عندما ترفعه يسمى الشغل الناتج Wo، وبذلك تكون قد نقلت طاقة إلى هذه الآلة التي نقلته لغطاء الزجاجة، ويكون دائما الشغل الناتج أصغر من الشغل المبذول لأن الآلة فقط تعمل على نقل الشغل فقط.

الآلة فقط تعمل على زيادة القوة ولا تستطيع زيادة الطاقة.

الفائدة الميكانيكية:

القوة التي أثرت في الآلة بواسطة الشخص تسمى القوة المسلطة F_e، بينما القوة التي أثرت بها الآلة فتسمى المقاومة F_r.

وتسمى نسبة المقاومة إلى القوة $\frac{F_r}{F_e}$ بالفائدة الميكانيكية AM للآلة.

عندما تكون الفائدة الميكانيكية أكبر من ١ فإن الآلة تعمل على زيادة القوة التي اثر بها شخص ما.

الفائدة الميكانيكية المثالية:

الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة المثالية تساوي إزاحة القوة مقسومة على إزاحة المقاومة.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

الكفاءة:

إن كفاءة الآلة (كنسبة منوية %) تساوي الشغل الناتج مقسوما على الشغل المبذول مضروبا في العدد ١٠٠.

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times ١٠٠$$

والآلة المثالية لها شغل ناتج يساوي الشغل المبذول، حيث أن وكفاءتها تساوي ١٠٠% وجميع الآلات الحقيقة كفاءتها أقل من ١٠٠%.

ويمكن التعبير عن الكفاءة بدلالة الفائدة الميكانيكية والفائدة الميكانيكية الآلية:

حيث أن كفاءة الآلة تساوي فائدتها الميكانيكية مقسومة على فائدتها الميكانيكية المثالية مضروبة في العدد ١٠٠.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠$$

الآلات المركبة

الآلة المركبة: هي الآلة التي تتكون من آلتين بسيطتين أو أكثر ترتبطان معا، بحيث تصبح المقاومة لإحدى هذه الآلات قوة (مسلطة) للآلة الأخرى.

الفائدة الميكانيكية (MA) للآلة المركبة تساوي حاصل ضرب الفوائد الميكانيكية للآلات البسيطة التي تتكون منها.

$$MA = MA_{\text{الآلة ١}} \times MA_{\text{الآلة ٢}}$$

مثال (٤):

تفحصت العجلة الخلفية لدراجتك الهوائية فوجدن أن نصف قطرها $٣٥.٦cm$، ونصف قطر ناقل الحركة $٤cm$، وعندما تسحب السلسلة بقوة مقدارها $١٥٥N$ فإن حافة الدولاب تتحرك مسافة $١٤cm$، فإذا كانت كفاءة هذا الجزء من الدراجة الهوائية ٩٥%.

a. فما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية *(IMA)* للدولاب وناقل الحركة؟
b. وما مقدار الفائدة الميكانيكية *MA* للدولاب وناقل الحركة؟
c. وما مقدار قوة المقاومة؟
d. وما مقدار مسافة سحب السلسلة لتحريك حافة الدولاب مسافة $١٤cm$?

المعطيات: $e= ٩٥\%$, $r_e=٤cm$, $r_r=٣٥.٦cm$, $d_r=١٤cm$

المطلوب: $IMA=?$, $MA=?$, $F_r=?$, $d_e=?$

a. إيجاد الفائدة الميكانيكية المثالية *IMA*:

$$IMA = \frac{r_e}{r_r} = \frac{٤.٠}{٣٥.٦} = ٠.١١٢$$

b. إيجاد الفائدة الميكانيكية *MA*:

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠$$

$$MA = \frac{e}{١٠٠} \times IMA = \frac{٩٥.٠}{١٠٠} \times ٠.١١٢ = ٠.١٠٦$$

c. إيجاد القوة:

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = (MA)\ (F_e) = (٠.١٠٦)\ (١٥٥) = ١٦.٤\ N$$

d. إيجاد المسافة:

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

$$d_e = (IMA)\ (d_r) = (٠.١١٢)\ (١٤) = ١.٥٧\ cm$$

مسائل تدريبية

٢٤- إذا تضاعف نصف قطر ناقل الحركة في الدراجة الهوائية في المثال(٤)، في حين بقيت القوة المؤثرة في السلسلة والمسافة التي تحركتها حافة الدولاب دون تغيير، فما الكميات التي تتغير؟ وما مقدار التغير؟

$$IMA = \frac{r_e}{r_r} = \frac{٨.٠}{٣٥.٦} = ٠.٢٢٥ \quad \text{(مضاعف)}$$

$$MA = \frac{e}{١٠٠} \times IMA = \frac{٩٥.٠}{١٠٠} \times ٠.٢٢٥ = ٠.٢١٤ \quad \text{(مضاعف)}$$

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

$$F_r = (MA)\,(F_e) = (٠.٢١٤)\,(١٥٥) = ٣٣.٢\ N$$

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

$$d_e = (IMA)\,(d_r) = (٠.٢٢٥)\,(١٤) = ٣.١٥\ cm$$

٢٥- تستخدم مطرقة ثقيلة لطرق إسفين في جذع شجرة لتقسيمه، فعندما ينغرس الإسفين مسافة $٠.٢٠m$ في الجذع فإنه ينفلق مسافة مقدارها $٥.٠cm$، إذا علمت أن القوة اللازمة لفلق الجذع هي $١.٧\times١٠^{٤}N$، وأن المطرقة تؤثر بقوة $١.١\times١٠^{٤}N$.

a. فما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية *(IMA)* للإسفين؟

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{٠.٢٠\ m}{٠.٠٥٠\ m} = ٤.٠$$

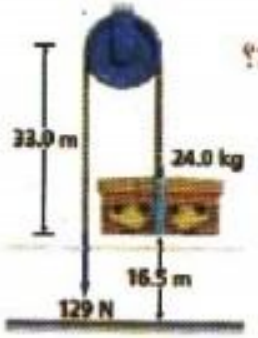
b. وما مقدار الفائدة الميكانيكية *(MA)* للإسفين ؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{(١.٧ \times ١٠^{٤}N)}{(١.١ \times ١٠^{٤}N)} = ١.٥$$

c. احسب كفاءة الإسفين إذا اعتبرناه آلة.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{١.٥}{٤.٠} \times ١٠٠ = ٣٨\%$$

٢٦- يستخدم عامل نظام بكرة عند رفع صندوق كرتون كتلته $٢٤kg$ مسافة $١٦.٥m$ كما في الشكل، فإذا كان مقدار القوة المؤثرة $١٢٩N$ وسحب الحبل مسافة $٣٣m$.



a. فما مقدار الفائدة الميكانيكية *(MA)* لنظام البكرة؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{mg}{F_e} = \frac{(٢٤)(٩.٨)}{١٢٩} = ١.٨٢$$

b. وما مقدار كفاءة النظام؟

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{(MA)(١٠٠)}{\frac{d_e}{d_r}}$$

$$= \frac{(MA)\,(d_r)(١٠٠)}{d_e} = \frac{(١.٨٢)(١٦.٥)(١٠٠)}{٣٣.٠} = ٩١.٠\%$$

٢٧- إذا أثرت بقوة مقدارها $٢٢٥N$ في رافعة لرفع صخرة وزنها $١.٢٥\times١٠^{٣}N$ مسافة $١٣cm$، وكانت كفاءة الرافعة ٨٨.٧% فما المسافة التي تحركتها نهاية الرافعة من جهتك؟

$$e = \frac{W.}{W_l} \times ١٠٠ = \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times ١٠٠ \quad \rightarrow \quad d_e = \frac{F_r d_r\,(١٠٠)}{F_e e}$$

$$d_e = \frac{\left(١.٢٥ \times ١٠^{٣}N\right)(٠.٢٣)(١٠٠)}{(٢٢٥)(٨٨.٧)} = ٠.٨١\ m$$

٢٨- تتكون رافعة *(winch)* من ذراع نصف قطره $٤٥cm$، يتصل الذراع باسطوانة نصف قطرها $٧.٥cm$، ملفوف حولها حبل، ومن الطرف الثاني للحبل يتدلى الثقل المراد رفعه، عندما تدور الذراع دورة واحدة تدور الاسطوانة دورة واحدة أيضا.

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية *(IMA)* لهذه الآلة؟

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(٢\pi)٤٥\ cm}{(٢\pi)٧.٥\ cm} = ٦.٠$$

b. إذا كانت فاعلية الآلة ٧٥% فقط نتيجة تأثير قوة الاحتكاك، فما مقدار القوة التي يجب التأثير بها في مقبض الذراع ليؤثر بقوة مقدارها $٧٥٠N$ في الحبل؟

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{F_r}{F_e(IMA)} \times ١٠٠$$

$$\rightarrow \quad F_e = \frac{F_r\,(١٠٠)}{e\,(IMA)} = \frac{(٧٥٠)\,(١٠٠)}{(٧٥)(٦)} = ١.٧ \times ١٠^{٢}N$$

آلة المشي البشرية

يمكن توضيح حركة الجسم البشري بالمبادئ نفسها للقوة والشغل التي تصف كل أنواع الحركة، فجسم الإنسان أيضا مزود بآلات بسيطة على هيئة رافعات تمنحه القدرة على السير والركض، إلا أن أنظمة الرافعات في جسم الإنسان أكثر تعقيدا ولكل نظام الأجزاء الرئيسية (كما في الشكل):

١- قضيب صلب (العظام).
٢- مصدر قوة (انقباض العضلات).
٣- نقطة ارتكاز (المفاصل المتحركة بين العظام).
٤- مقاومة (وزن جزء الجسم أو الشيء الذي يتم رفعه أو تحريكه).

إن قيمة كفاءة النظام للروافع في جسم الإنسان ليست عالية، والفوائد الميكانيكية لها محدودة، وهذا يفسر حاجة الجسم إلى

الطاقة في حالة المشي أو العدو البطيء مما يساعد الناس على التقليل من الوزن.

فسر/ قلة القدرة على الاحتمال والمواصلة عند الأشخاص طوال القامة في مسابقة المشي.

إن الأشخاص طوال القامة لديهم أنظمة رافعة فائدتها الميكانيكية أقل من الأشخاص القصار القامة، ولذلك على الشخص الطويل التأثير بقوة أكبر لتحريك الرافعة الطويلة المكونة من عظام الساق، وبسبب طول المسافة وانخفاض كفاءة أنظمة الرافعة لديهم وطول مضمار المشي، لذا قلما يكون لديهم القدرة على الاحتمال والمواصلة للفوز.

مراجعة

٢٩- صنف الأدوات أدناه إلى رافعة، أو دولاب ومحور، أو مستوى مائل، أو إسفين، أو بكرة.

a. مفك براغي: **دولاب ومحور**
b. إزميل: **إسفين**
c. كماشة: **رافعة**
d. نزاعة دبابيس: **رافعة**

٣٠- يتفحص عامل نظام بكرات متعددة، وذلك لتقدير أكبر جسم يمكن أن يرعه، فإذا كانت أكبر قوة عمودية يمكن للعامل التأثير بها إلى الأسفل مساوية لوزنه ٨٧٥N، وعندما يحرك العامل الحبل مسافة ١.٥m فإن الجسم يتحرك مسافة ٠.٢٥m، فما وزن أثقل جسم يمكنه رفعه؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} \quad \rightarrow \quad F_r = (MA)\,(F_e)$$

$$MA = IMA = \frac{d_e}{d_r}\,(F_e)$$

$$= \frac{(١.٥\,m)}{(٠.٢٥\,m)}(٨٧٥) = ٥.٢ \times ١٠^{٣}\,N$$

٣١- للونش ذراع نصف قطر دورانه ٤٥cm، اسطوانة نصف قطرها ٧.٥cm خلال مجموعة من نواقل الحركة، بحيث يدور الذراع ثلاث دورات لتدور الاسطوانة دورة واحدة، فما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية (IMA) لهذه الآلة المركبة؟

$$\frac{(٢\pi)٤٥\,cm}{(٢\pi)٧.٥\,cm} = ٦.٠$$

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{(٣)(٢\pi r)}{(٢\pi r)} = \frac{(٣)(٢\pi)٤٥\ cm}{(٢\pi)٧.٥\ cm} = ١٨$$

٣٢- إذا رفعت كفاءة آلة بسيطة، فهل تزداد الفائدة الميكانيكية *(MA)*، والفائدة الميكانيكية المثالية *(IMA)*، أم تنقص، أم تبقى ثابتة؟

ممكن *MA* تزداد بينما تبقى *IMA* نفسها، أو *IMA* تنقص بينما *MA* تبقى نفسها، أو *MA* تزداد بينما *IMA* تنقص.

٣٣- تتغير الفائدة الميكانيكية للدراجة هوائية متعددة نواقل الحركة بتحريك السلسلة بحيث تدور ناقل حركة خلفيا مناسب.

a. الحل:

كبير، حتى تستطيع زيادة *IMA*. $IMA = \frac{r_g}{r_w}$

b. الحل:

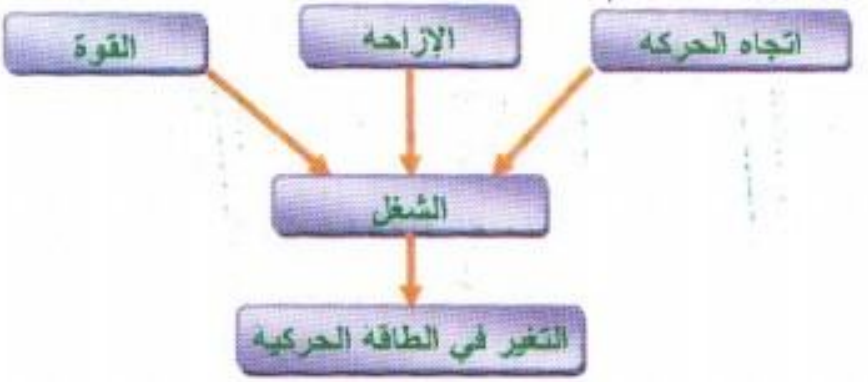
الصغير،

c. الحل:

الصغير .

تقويم الفصل الثالث

٣٤- كون خريطة المفاهيم:



٣٥- ما وحدة قياس الشغل. *Joules* الجول

٣٦- افترض أن قمرا صناعيا يدور حول الأرض في مدار دائري، فهل تبذل قوة الجاذبية الأرضية أي شغل على القمر؟
لا، إن قوة الجاذبية تتجه نحو مركز الأرض ومتعامدة مع اتجاه إزاحة القمر الصناعي.

٣٧- ينزلق جسم بسرعة ثابتة على سطح عديم الاحتكاك، ما القوى المؤثرة في الجسم؟ وما مقدار الشغل التي تبذله كل قوة؟
تؤثر قوة الجاذبية وقوة عمودية رأسية إلى الأعلى فقط في الجسم، لا يبذل شغل، لأن الإزاحة متعامدة مع هذه القوى.

٣٨- عرف كلا من الشغل والقدرة؟
الشغل *(W)*: **هو انتقال للطاقة بطرائق ميكانيكية.**
ويساوى حاصل ضرب القوة F **المؤثرة في جسم** باتجاه حركته في الإزاحة d التي يعملها الجسم تحت تأثير هذه القوة.
القدرة *(P)*: هى معدل بذل شغل.
وتساوى الشغل المبذول W مقسوما على الزمن اللازم لإنجاز هذا الشغل *(t)*

٣٩- ماذا تكافئ وحدة الواط بدلالة وحدات الكيلو جرام والمتر والثانية؟
$$W = J/s = N.m/s = (kg.m/s^2).m/s = kg.m^2/s^3$$

٤٠- وضح العلاقة بين الشغل المبذول والتغير في الطاقة.
إذا ازدادت طاقة النظام فإن الشغل المبذول يكون موجبا، أما إذا تناقصت طاقة النظام فإن الشغل المبذول يكون سالبا

٤١- هل يمكن لآلة ما أن تعطي شغلا ناتجا أكبر من الشغل المبذول عليها.
لا، $e \leq ١٠٠\%$

٤٢- فسر كيف يمكن اعتبار الدواسات التي في الدراجة الهوائية آلة بسيطة؟
الدواسات تعمل على نقل قوة المتسابق إلى الدراجة من خلال العجلة والمحور.

٤٣- الحل:
نفس كمية الشغل في الحالتين، لأن القوة في المسافة نفس الشيء.

٤٤- الحل:
أنت تبذل شغل على الصندوق لأن القوة والحركة في نفس الاتجاه، اتجاه الجاذبية تكون في عكس اتجاه الشغل المبذول على الصندوق لأن قوة الجاذبية في عكس اتجاه الحركة.

٤٥- الحل:
في هذه الحالة الشغل الكلي يساوي صفر، لأن شغل الصعود يساوي شغل الهبوط، وبما أن الشغل متساوي والمسافة متساوية والاتجاه عكسي فيكون الشغل الكلي صفر، وبذلك يكون كلام المعلم صحيح، وليتفادى العامل ذلك يمكنه حساب عمله بالساعة وليس على العمل كله.

٤٦- الحل: لا .

٤٧- الحل:

a. أي الشخصين بذل شغلا أكبر؟
الشخصين يبذلان نفس الشغل، لأن لهما نفس الكتلة وصعدا نفس الدرجات.

b. أي الشخصين أنتج قدرة أكثر؟
الشخص الذي صعد في $٢٥s$ أنتج قدرة أكثر، في وقت أقل لنفس المسافة.

٤٨- وضح أن القدرة المنقولة يمكن كتابتها على النحو التالي: $P=Fv\cos\theta$

$$P = \frac{W}{t} \quad , \quad W = Fd\cos\theta$$

$$\rightarrow \quad P = \frac{Fd\cos\theta}{t}$$

$$V = \frac{d}{t} \qquad \rightarrow \qquad P = F\,v\cos\theta$$

٤٩- كيف تستطيع زيادة الفائدة الميكانيكية المثالية للآلة؟
زيادة النسبة $\frac{d_e}{d_r}$ تعمل على زيادة IMA للآلة.

٥٠- كيف تستطيع زيادة الفائدة الميكانيكية للإسفين دون تغير فائدته الميكانيكية المثالية؟

بتقليل الاحتكاك قدر الإمكان، والحد من قوة المقاومة.

٥١- فسر لماذا لا يتعارض دوران كوكب حول الشمس مع نظرية الشغل والطاقة؟
بافتراض أن المدار دائري، ونظرا لأن قوة الجاذبية عمودية على اتجاه الحركة، وهذا يعني أن الشغل المبذول صفر، وبالتالي لا يوجد أي تغير في الطاقة الحركية للكوكب، لذلك الكوكب لا يسرع أو يبطئ.

٥٣- الحل:

$$W = F\,d = mgd = (١٥٠kg)\,(٩.٨)\,(٨m) = ١.٠ \times ١٠^{٤}\,J$$

٥٤- الحل:

$$W = F\,d = mgd$$

$$m = \frac{W}{g\,d} = \frac{١٧٦\,J}{(٩.٨)(٠.٣٠٠m)} = ٥٩.٩\,kg$$

٥٥- الحل:

$$W = F\,d = mgd = (٨٤kg)\,(٩.٨)\,(١.٢m) = ٩٨٨\,J$$

٥٦- الحل:

$$W = F\,d$$

$$F = \frac{W}{d} = \frac{(٢.٢٠ \times ١٠^{٥}\,J)}{(٨m)} = ٢.٧٥ \times ١٠^{٤}\,N$$

٥٧- الحل:

$$W = F\,d = (٥٥١N)\,(١.٦١ \times ١٠^{٥}\,m) = ٨.٨٧ \times ١٠^{٧}\,J$$

٥٨- الحل:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = \frac{(١٥N)(٢.٥١m)}{(٣٠s)} = ١٢٦\,W$$

٥٩- الحل:

$$W = F\,d = mgd = (٢.٢kg)\,(٩.٨)\,(٠.٣٥\,m) = ٧.٥\,J$$

٦٠- الحل:

a.

$$W = F\,d = (٣٠٠N)\,(٣٠\,m) = ٩.٠ \times ١٠^{٣}\,J = ٩.٠\,kJ$$

b.

$$P = \frac{W}{d} = \frac{(٩.٠ \times ١٠^{٣}\,J)}{(٣s)} = ٣.٠ \times ١٠^{٣}\,W = ٣.٠٠\,kW$$

٦١- الحل:

$$W = F\,d\cos\theta = (F)(2\pi r)\cos\theta$$
$$= (٣٨N)\,(٢\pi)\,(٢٥m)\,(\cos ٤٢^\circ) = ٤.٤٤ \times ١٠^{٣}\,J$$

٦٢- الحل:

$$W = F\,d\cos\theta$$
$$= (٨٨N)\,(١.٢ \times ١٠^{٣}\,m)\,(\cos ٤١^\circ) = ٨.٠ \times ١٠^{٤}\,J$$

٦٣- الحل:

$$W = F\,d\cos\theta$$
$$\theta = \cos^{-١}\left(\frac{W}{Fd}\right) = \cos^{-١}\left(\frac{١٢١٠J}{(٧٥N)(٢٠m)}\right) = ٣٦.٢^\circ$$

٦٤- الحل:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd\sin\theta}{t} = \frac{mgd\sin\theta}{t}$$
$$= \frac{(١٢٠kg)(٩.٨)(١٢.٠m)(\sin ٢١^\circ)}{(٢.٥s)} = ٢.٠ \times ١٠^{٣}\,W = ٢.٠k\,W$$

٦٥- الحل:

متوازيان F , d

$$W = F\,d = F\left(\frac{h}{\sin\theta}\right) = \frac{(٢٢٥N)(١.١٥m)}{\sin ٣٠^\circ} = ٥١٨\,J$$

٦٦- الحل:

$$W = F\,d\cos\theta$$
$$= (٢٢٥N)\,(٦٥.٣\,m)\,(\cos ٣٥^\circ) = ١.٢٠ \times ١٠^{٤}\,J$$

٦٧- الحل:

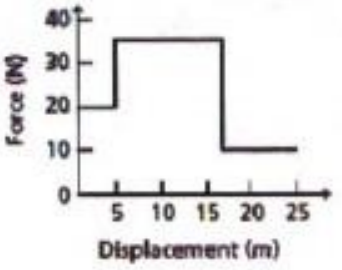
$$W = F\,d\sin\theta = mgd\sin\theta$$
$$= (٥٢kg)(٩.٨)(٢٢٧\,m)(\sin ٣١^\circ) = ٦.٠ \times ١٠^{٤}\,J$$

٦٨- الحل:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd\cos\theta}{t}$$
$$\rightarrow \quad d = \frac{P\,t}{F\cos\theta} = \frac{(٦٤.٦\,W)(٩٠s)}{(١١٥N)(\cos ٢٢.٥^\circ)} = ٥٤.٧\,m$$

٦٩- الحل:

a. ارسم المنحنى البياني للقوة – المسافة.



b. جد مقدار الشغل الذي بذله العامل لدفع الصندوق.

$$W = F_1 d_1 + F_2 d_2 + F_3 d_3$$
$$= (٢٠N)(٥m) + (٣٥N)(١٢m) + (١٠N)(٨m) = ٦٠٠\ J$$

٧٠- الحل:

a.

$$W = F\,d = (٤٠٠N)(٢.٠\ m) = ٨.٠ \times ١٠^{٢}\ J$$

b.

$$W = F\,d = mgd = (٦٠kg)(٩.٨)(١.٠\ m) = ٥.٩ \times ١٠^{٢}\ J$$

٧١- الحل:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = Fv$$
$$= (٦.٠ \times ١٠^{٣}N)(١٥m/s) = ٩.٠ \times ١٠^{٤}W = ٩.٠ \times ١٠^{١}kW$$

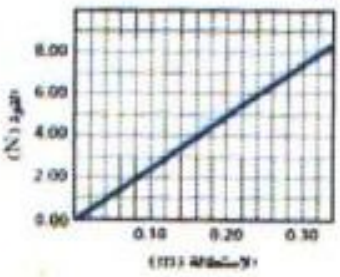
٧٢- الحل:

a.

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{٥N - ٠N}{٠.٢\ m - ٠m}$$
$$F_1 = kd_1\ ,\ d_1 = ٠.٢٠\ m$$

من الرسم $F_1 = ٥N$

$$K = \frac{F_1}{d_1} = \frac{٥N}{٠.٢\ m} = ٢٥\ N/m$$



b.

$$A = \frac{١}{٢}(base)(height) = \left(\frac{١}{٢}\right)(٠.٢m)(٥N) = ٠.٥٠J$$

c.

$$W = \frac{١}{٢}k\,d^{٢} = \left(\frac{١}{٢}\right)(٢٥N/m)(٠.٢٠m)^{٢} = ٠.٥٠J$$

٧٣- الحل:

مساحة المثلث:

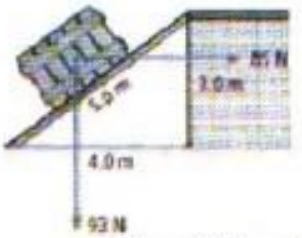
$$\frac{١}{٢}bh = \frac{١}{٢}(٠.٢٨\ m - ٠.١٢\ m)(٧.٠٠\ N - ٣.٠٠\ N) = ٠.٣٢\ J$$

مساحة المستطيل

$$bh = (٠.٢٨\ m - ٠.١٢\ m)(٣.٠٠\ N - ٠.٠٠\ N) = ٠.٤٨\ J$$

الشغل الكلي $= ٠.٣٢\ J + ٠.٤٨\ J = ٠.٨٠\ J$

٧٤- الحل:



a.

$$W = F\,d = (٨٥N)\,(٤.٠\ m) = ٣.٤ \times ١٠^{٢}\ J$$

b.

$$W = F\,d = (٩٣N)\,(-٣.٠\ m) = -٢.٨ \times ١٠^{٢}\ J$$

c.

$$W = \mu F_N d = \mu\,(F_{rope} - F_g)d$$
$$= ٠.٢٠(٨٥\ N)(\sin\theta) + (٩٣\ N)(\cos\theta)(-٥.٠\ m)$$
$$= ٠.٢٠(٨٥\ N)\left(\frac{٣}{٥}\right) - (٩٣N)\left(\frac{٤}{٥}\right)(-٥m)$$
$$= -١.٣ \times ١٠^{٢}\ J$$ (الشغل المبذول معاكس للاحتكاك)

٧٥- الحل:

a. الشغل الذي تبذله المضخة.

$$W = F_g d = mgh = (\text{الكثافة})(\text{الحجم})gh$$
$$= (٠.٥٥٠\ m^{٣})(٠.٨٢٠\ g/cm^{٣})\left(\frac{١kg}{١٠٠٠g}\right)(١.٠٠ \times ١٠^{٦}\ cm^{٣}/m^{٣})$$
$$(٩.٨٠\ m/s^{٢})\,(٢٥.٠\ m)$$
$$= ١.١٠ \times ١٠^{٥}\ J$$

b. القدرة التي تولدها المضخة.

$$P = \frac{W}{d} = \frac{(١.١٠ \times ١٠^{٥}J)}{(٣٥s)} = ٣.١٤ \times ١٠^{٣}\ W = ٣.١٤\ kW$$

٧٦- الحل:

$$P = \frac{W}{d} = \frac{F\,d}{d} = \frac{mgd}{d}$$
$$= (\text{صحيفة}/kg\ ١.٠)(\text{دقيقة}/\text{حزمة}\ ١٥)(\text{صحيفة}/٢٥)$$
$$(٩.٨٠\ m/s^{٢})(١٢.٠\ m)(\sin ٣٠.٠^{\circ})(١\ min/٦٠\ s)$$
$$= ٣.٧ \times ١٠^{٢}\ J$$

٧٧- الحل:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = Fv$$
$$\rightarrow\ F = \frac{P}{v} = \frac{٤٨,٠٠٠W}{\left(\frac{٧٢km}{١h}\right)\left(\frac{١٠٠٠m}{١km}\right)\left(\frac{١h}{٣٦٠٠s}\right)} = ٢.٣ \times ١٠^{٣}\ N$$

٧٨- الحل:

a. احسب الشغل المبذول لسحب الجسم مسافة $٧m$.

نحسب المساحة تحت المنحنى:

٠.٠ to ٢.٠ m:

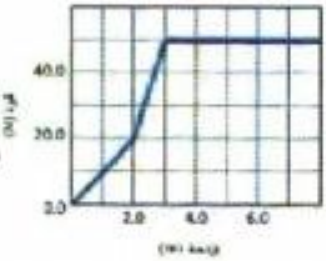
$$\frac{1}{2}(20.0N)(2.0m) = 2.0 \times 10^{1} J$$

2.0 to 3.0 m:

$$\frac{1}{2}(30.0N)(1.0m) + (20N)(1.0m)$$

3.0 to 7.0 m:

$$(50.0N)(4.0m) = 2.0 \times 10^{2} J$$



الشغل الكلي:

$$2.0 \times 10^{1} J + 35J + 2.0 \times 10^{2} J = 2.6 \times 10^{2} J$$

b. احسب القدرة المتولدة إذا تم إنجاز الشغل خلال $2s$.

$$P = \frac{W}{d} = \frac{(2.6 \times 10^{2} J)}{(2.0\ s)} = 1.3 \times 10^{2} W$$

٧٩- الحل:

a. القوة التي سيطبقها شخص إذا كانت هذه الآلة مثالية؟

$$\frac{F_r}{F_e} = \frac{d_e}{d_r} \rightarrow F_e = \frac{F_r d_r}{d_e} = \frac{(1200N)(5\ m)}{20m} = 3.0 \times 10^{2} N$$

b. القوة المستخدمة لموازنة قوة الاحتكاك إذا كانت القوة الفعلية $340N$؟

$$F_e = F_f + F_{e,ideal}$$
$$F_f = F_e - F_{e,ideal} = 340N - 3.0 \times 10^{2} N = 40N$$

c. الشغل الناتج؟

$$W_o = F_r d_r = (1200N)(5m) = 6.0 \times 10^{3} J$$

d. الشغل المبذول؟

$$W_i = F_e d_e = (340N)(20m) = 6.8 \times 10^{3} J$$

e. الفائدة الميكانيكية؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{1200N}{340N} = 3.5$$

٨٠- الحل:

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$$

$$W_i = \frac{W_o}{e} \times 100 = \frac{(mgd)(100)}{90}$$

$$= \frac{(18kg)(9.8)(0.50m)(100)}{90} = 98J$$

٨١- الحل:

a. ما مقدار الفائدة الميكانيكية المثالية للنظام؟

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{٣.٩٠\ m}{٠.٩٧٥\ m} = ٤$$

b. ما مقدار الفائدة الميكانيكية؟

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{١٣٤٥N}{٣٧٥N} = ٣.٥٩$$

c. ما كفاءة النظام؟

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{٣.٥٩}{٤} \times ١٠٠ = ٨٩.٨\ \%$$

٨٢- الحل:

a. الفائدة الميكانيكية MA.

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{mg}{F_e} = \frac{(٠.٥٠kg)(٩.٨)}{١.٤N} = ٣.٥$$

b. الفائدة الميكانيكية المثالية IMA.

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{٤٠.٠\ m}{١٠.٠\ m} = ٤$$

c. الكفاءة.

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{٣.٥}{٤} \times ١٠٠ = ٨٨\ \%$$

٨٣- الحل:

$$e = ٩٠ = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{\frac{F_r}{F_e}}{\frac{d_e}{d_r}} \times ١٠٠ = = \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times ١٠٠$$

$$\rightarrow d_r = \frac{e\,F_e d_e}{(١٠٠)F_r} = \frac{e\,F_e d_e}{(١٠٠)mg_r} = \frac{(٩٠)(٢٥٠N)(١.٦m)}{(١٠٠)(١٥٠kg)(٩.٨)} = ٠.٢٤\ m$$

٨٤- الحل:

$$e = \frac{W.}{W_i} \times ١٠٠$$

$$W_i = \frac{W.}{e} \times ١٠٠ = \frac{F_r d_r}{e} \times ١٠٠ = \frac{(mgd_r)(١٠٠)}{٩٠}$$

$$= \frac{(٢١٥kg)(٩.٨)(٥.٦٥m)(١٠٠)}{٧٢.٥} = ١.٦٤ \times ١٠^{٤}\ J$$

٨٥- الحل:

a.

$$W = F_g d = mgh$$

$$F = F_g = \frac{mgh}{d} = \frac{(٢٥kg)(٩.٨)(٤.٥m)}{١٨\ m} = ٦١N$$

.b

$$IMA = \frac{d_e}{d_r} = \frac{١٨\,m}{٤.٥\,m} = ٤$$

.c

$$MA = \frac{F_r}{F_e} = \frac{mg}{F_e} = \frac{(٢٥kg)(٩.٨)}{٧٥N} = ٣.٣$$

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{٣.٣}{٤} \times ١٠٠ = ٨٢\,\%$$

٨٦- الحل:

$$d = ٢\pi r = ٢\pi\,(٥٠.٠\,cm) = ٣١.٤\,cm$$

٨٧- الحل:

الكفاءة الكلية $= (٨٨\%)(٤٢\%) = ٣٧\%$

القدرة $= (٥.٥\,kW)(٣٧\%)$

$$= ٢.٠\,kW = ٢.٠ \times ١٠^{٣}W$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fd}{t} = Fv$$

$$\rightarrow \quad v = \frac{P}{F} = \frac{P}{mg} = \frac{٢.٠ \times ١٠^{٣}W}{(٤١٠)(٩.٨)} = ٠.٥٠\,m/s$$

٨٨- الحل:

.a

$$W_{i١} = W_{o١} = W_{i٢} = W_{o٢} \quad \rightarrow \quad W_{i١} = W_{o٢}$$

$$F_{e١}d_{e١} = F_{r٢}d_{r٢}$$

للآلة المركبة:

$$IMA_c = \frac{d_{e١}}{d_{r٢}} \quad , \quad \frac{d_{e١}}{d_{r١}} = IMA_١ \quad , \quad \frac{d_{e٢}}{d_{r٢}} = IMA_٢$$

$$d_{r١} = d_{e٢} = \frac{mgh}{d} = \frac{(٢٥kg)(٩.٨)(٤.٥m)}{١٨\,m} = ٦١N$$

$$\frac{d_{e١}}{IMA_١} = d_{r١} = d_{e٢} = (IMA_٢)\,(d_{r٢})$$

$$\frac{d_{e١}}{d_{r٢}} = IMA_c = (IMA_٢)\,(IMA_١) = (٣.٠)\,(٢.٠) = ٦.٠$$

.b

$$e = \frac{MA}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{\frac{F_r}{F_e}}{IMA} \times ١٠٠ = \frac{F_r}{F_e(IMA)} \times ١٠٠$$

$$\rightarrow \quad F_e = \frac{F_r\,(١٠٠)}{e\,(IMA)} = \frac{٥٤٠N\,(١٠٠)}{(٦٠)(٦)} = ١٥٠\,N$$

.c

$$\frac{d_{e١}}{d_{r٢}} = IMA_c \quad \rightarrow \quad d_{r٢} = \frac{d_{e١}}{IMA_c} = \frac{١٢.٠cm}{٦.٠} = ٢.٠\,cm$$

الفصل الرابع

الطاقة وحفظها

- الأشكال المتعددة للطاقة
- حفظ الطاقة

الطاقة هي المقدرة على القيام بعمل ما. وهناك صور عديدة للطاقة، يتمثل أهمها في الحرارة والضوء. الصوت أيضا عبارة عن طاقة. و هناك "الطاقة الميكانيكية" التي تولدها الآلات، و"الطاقة الكيميائية" التي تتحرر عند حدوث تغيرات كيميائية . يمكن تحويل الطاقة من صورة إلى أخرى. فعلى سبيل المثال، يمكن تحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في بطارية الجيب إلى ضوء .

كمية الطاقة الموجودة في العالم ثابتة على الدوام، فالطاقة لا تفنى ولا تستحدث، وإنما تتحول من شكل إلى آخر. وعندما يبدو أن الطاقة قد استنفذت، فإنها في حقيقة الأمر تكون قد تحولت إلى صورة أخرى لهذا نجد أن الطاقة هي قدرة المادة للقيام بالشغل(الحركة) .فالطاقة التي يصاحبها حركة يطلق عليها طاقة حركية . *kinetic energy* والطاقة التي لها صلة بالوضع يطلق عليها طاقة كامنة (جهدية أو مخزنة) . *potential energy* .

والطاقة توجد في عدة أشكال كالطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الديناميكية الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الكهروبائية والطاقة الإشعاعية والطاقة الذرية . وكل أشكال هذه الطاقات قابلة للتحويل الداخلي بواسطة طرق مناسبة.

نموذج لنظرية الشغل – الطاقة:

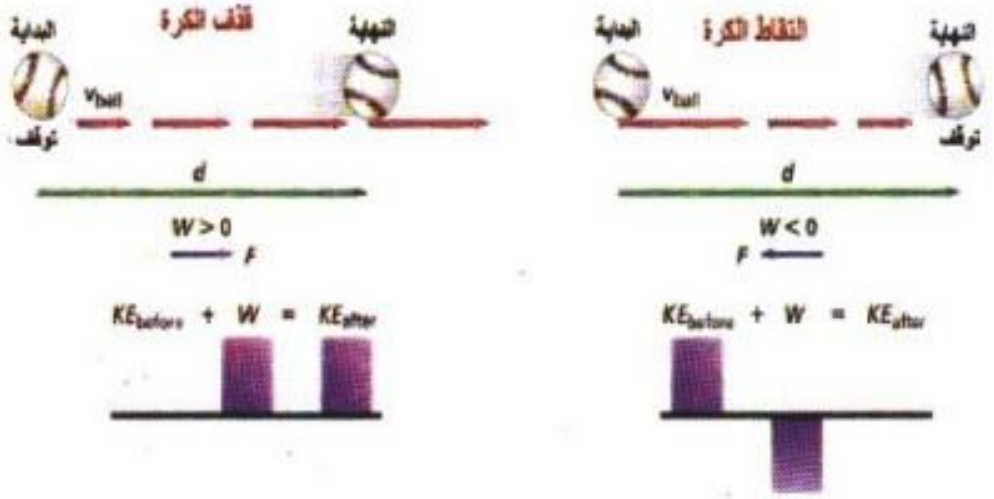
إذا بذل المحيط الخارجي شغلا على النظام فإن الشغل يكون *(+)* و تزداد طاقة النظام إذا بذل النظام شغلا على المحيط الخارجي فإن الشغل يكون *(-)* وتقل طاقة النظام يمكن أن نمثل للمحيط الخارجي (الإنسان) والنظام (الجسم مثل الكرة).

قذف الكرة :

عندما نؤثر بقوة F على الكرة لتتحرك إزاحة d يكون الشغل *(+)*
لأن اتجاه القوة في نفس اتجاه الحركة

كما أن طاقة الكرة ازدادت بمقدار W أي أن الكرة اكتسبت طاقة حركة نتيجة لتأثير القوة.

$$W = KE_{after} - KE_{befor} = KE_f - KE_i$$
$$W = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$
$$\because v_f > v_i \qquad \therefore W > 0$$



التقاط الكرة :

عندما تلتقط الكرة فإنك تؤثر فيها بقوة F في الاتجاه المعاكس لحركتها لذلك فإنك بذلت عليها شغلا (-) لأن اتجاه القوة في عكس اتجاه الحركة مما جعلها تتوقف فتصبح طاقتها الحركية = صفر.

$$W = KE_{after} - KE_{befor} = KE_f - KE_i$$
$$W = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$
$$\because v_f < v_i \qquad \therefore W < 0$$

الطاقة الحركية (KE):

هى الطاقة الناتجة عن حركة الجسم وتساوى حاصل ضرب نصف كتلة الجسم $\frac{1}{2} m$ في مربع مقدار سرعته (v^2).

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

تتناسب الطاقة الحركية طرديا مع كتلة الجسم، ومربع سرعته.

مسائل تدريبية

١- يتحرك متزلج كتلته $٥٢.٠ kg$ بسرعة $٢.٥ m/s$، ويتوقف خلال مسافة $٢٤.٠ m$ ما مقدار الشغل المبذول بفعل الاحتكاك مع الجليد لجعل المتزلج يتوقف؟ وما مقدار الشغل الذي يجب على المتزلج أن يبذله ليصل إلى سرعة $٢.٥ m/s$ مرة أخرى؟

$$W = KE_f - KE_i = \frac{١}{٢} mv_f^{٢} - \frac{١}{٢} mv_i^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢} (٥٢.٠ kg)(٠.٠٠ m/s)^{٢} - \frac{١}{٢} (٥٢.٠ kg)(٢.٥ m/s)^{٢} = - ١٦٠ J$$

$$W = KE_f - KE_i = \frac{١}{٢} mv_f^{٢} - \frac{١}{٢} mv_i^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢} (٥٢.٠ kg)(٢.٥ m/s)^{٢} - \frac{١}{٢} (٠.٠ kg)(٢.٥ m/s)^{٢} = + ١٦٠ J$$

٢- سيارة صغيرة كتلتها $٨٧٥ kg$ زادت سرعتها من $٢٢ m/s$ إلى $٤٤ m/s$ عندما تجاوزت سيارة أخرى، فما مقدار طاقتي حركتها الابتدائية والنهائية؟ وما مقدار الشغل المبذول على السيارة لزيادة سرعتها؟

طاقة الحركة الابتدائية للسيارة:

$$KE_i = \frac{١}{٢} mv^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢} (٨٧٥.٠ kg)(٢٢.٠ m/s)^{٢} = ٢.١٢ \times ١٠^{٥} J$$

طاقة الحركة النهائية للسيارة:

$$KE_f = \frac{١}{٢} mv^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢} (٨٧٥.٠ kg)(٤٤.٠ m/s)^{٢} = ٨.٤٧ \times ١٠^{٥} J$$

الشغل المبذول:

$$KE_f - KE_i = (٨.٤٧ \times ١٠^{٥} J) - (٢.١٢ \times ١٠^{٥} J)$$

$$= ٦.٣٥ \times ١٠^{٥} J$$

٣- ضرب مذنب كتلته $٧.٨٥ \times ١٠^{١١} kg$ الأرض بسرعة $٢٥ km$، جد الطاقة الحركية للمذنب بوحدة الجول، وقارن بين الشغل المبذول من الأرض لإيقاف المذنب والمقدار $٤.٢ \times ١٠^{٢٠} J$ والذي يمثل الطاقة الناتجة عن أكبر سلاح نووي على الأرض.

$$KE = \frac{١}{٢} mv^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢} (٧.٨٥ \times ١٠^{١١} kg)(٢.٥٠ \times ١٠^{٤} m/s)^{٢} = ٢.٤٥ \times ١٠^{٢٠} J$$

$$\frac{KE_{\text{المذنب}}}{KE_{\text{سلاح}}} = \frac{٢.٤٥ \times ١٠^{٢٠}}{٤.٢ \times ١٠^{١٥}} = ٥.٨ \times ١٠^{٤}$$

طاقة وضع الجاذبية (PE) :

طاقة وضع الجاذبية لجسم هى حاصل ضرب كتلته m فى تسارع الجاذبية الأرضية g في ارتفاعه عن مستوى الأرض h.

$$PE = mgh$$

تقاس طاقة الوضع بوحدة الجول.

مستوى الإسناد : هو المستوى الذي تكون طاقة الوضع عنده = صفرا.

عندما يرتفع الجسم رأسيا إلى أعلى مبتعدا عن مستوى الإسناد تكون طاقة وضع الجاذبية (-) .

عندما يهبط الجسم رأسيا إلى أسفل مقتربا من مستوى الإسناد تكون طاقة وضع الجاذبية ( ) .

الطاقة الحركية وطاقة الوضع للنظام:

لأي نظام معزول (محصلة القوى الخارجية على هذا النظام = صفرا)

مجموع الطاقة الحركية وطاقة وضع الجاذبية لأي جسم مقدار ثابت مهما اختلف مستوى الإسناد.

الطاقة الحركية دائما موجبة وما يفقده النظام من طاقة حركية يتحول إلى طاقة وضع الجاذبية والعكس.

تخزين الطاقة :

الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجة وضعه (مثل طاقة وضع الجاذبية) أو طبيعته (النابض)، هذا النوع من الطاقة يمكن تخزينه ثم يتحول بعد ذلك إلى طاقة حركية، وأيضا هناك طاقة يمكن تخزينها في الجسم نتيجة تركيبه الكيميائي (مثل البنزين) يمكن أن تتحول إلى طاقة حرارية وتتحول هذه الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية وكهربائية وصوتية.

تتحول الطاقة من شكل إلى آخر لتكون مفيدة، أو لتسبب حركة الأشياء.

مثال (١):

إذا رفعت كرة بولنج كتلتها $٧.٣٠kg$ من سلة الكرات إلى مستوى كتفك، وكان ارتفاع سلة الكرات عن سطح الأرض $٠.٦١٠m$، وارتفاع كتفك عن سطح الأرض $١.١٢m$، فما مقدار:

a. **طاقة وضع الجاذبية لكرة البولنج وهي على كتفك بالنسبة إلى سطح الأرض؟**

b. **طاقة وضع الجاذبية لكرة بولنج على كتفك بالنسبة إلى سلة الكرات؟**

c. **شغل الجاذبية عندما ترتفع الكرة من السلة إلى مستوى كتفك؟**

المعطيات:

$m = ٧.٣٠kg$, $h_r = ٠.٦١٠m$, $h_s = ١.١٢m$

المطلوب: $PE_{sf} = ?$, $PE_{sr} = ?$

نعتبر سطح الأرض هو مستوى الإسناد.

نرمز بالحرف s إلى الكتف،

والحرف r إلى السلة، والحرف f إلى الأرض.

a. اختر مستوى الإسناد عند سطح الأرض.

$$PE_{sf} = mgh = (٧.٣٠)(٩.٨)(١.١٢)$$
$$= ٨٠.١J$$

b. افترض أن مستوى الإسناد هو سلة الكرات.

$$h = h_s - h_r$$
$$PE_{sr} = mgh = mg(h_s - h_r)$$
$$= (٧.٣٠)(٩.٨)(١.١٢ - ٠.٦١٠) = ٣٦.٥J$$

c. **الشغل المبذول من الجاذبية هو وزن الكرة مضروبا في الارتفاع الذي وصلت إليه؟**

$$W = F\,d$$
$$= -(mg)\,h = (mg)(h_s - h_r)$$
$$= -(٧.٣٠)(٩.٨)(١.١٢ - ٠.٦١٠) = ٣٦.٥J$$

مسائل تدريبية

٤- ما مقدار طاقة الوضع لكرة البولنج في المثال(١)، عندما تكون على سطح الأرض، على اعتبار مستوى الإسناد عند سلة الكرات؟

$$PE = mgh = (٧.٣٠)(٩.٨)(-٠.٦١٠)$$
$$= -٤٣.٦\ J$$

٥- احسب الشغل الذي تبذله عندما تنزل بتمهل كيس رمل كتلته $٢٠\ kg$ مسافة $١.٢\ m$ من شاحنة إلى الرصيف؟

$$W = F\,d = (mg)\,h = (mg)\,(h_f - h_i)$$
$$= (٢٠.٠)(٩.٨)(٠.٠ - ١.٢) = -٢.٣٥ \times ١٠^{٢}\ J$$

٦- رفع طالب كتابا كتلته $٢.٢\ kg$ من فوق سطح طاولة ارتفاعها عن سطح الأرض $٠.٨٠\ m$، ثم وضعه على رف الكتب الذي يرتفع عن سطح الأرض مسافة $٢.١٠\ m$، ما مقدار طاقة الوضع للكتاب بالنسبة إلى سطح الطاولة؟

$$PE = (mg)\,(h_f - h_i)$$
$$= (٢.٢)(٩.٨)(٢.١٠ - ٠.٨٠) = ٢٨\ J$$

٧- إذا سقطت قطعة طوب كتلتها $١.٨\ kg$ من مدخنة ارتفاعها $٦.٧\ m$ إلى سطح الأرض، فما مقدار التغير في طاقة وضعها؟

$$\Delta PE = (mg)\,(h_f - h_i)$$
$$= (١.٨)(٩.٨)(٠.٠ - ٦.٧) = -١.٢ \times ١٠^{٢}\ J$$

٨- رفع عامل صندوقا كتلته $١٠\ kg$ من الأرض إلى سطح طاولة ارتفاعها $١.١\ m$، ثم دفع الصندوق على سطح الطاولة مسافة $٥\ m$، ثم أسقطه على الأرض، ما التغيرات في طاقة الصندوق؟ وما مقدار التغير في طاقته الكلية؟ (أهمل الاحتكاك).

$$W = F\,d = (mg)\,(h_f - h_i) = \Delta PE$$
$$= (١٠.٠)(٩.٨)(١.١ - ٠.٠) = ١.١ \times ١٠^{٢}\ J$$
$$W = F\,d = (mg)\,(h_f - h_i) = \Delta PE$$
$$= (١٠.٠)(٩.٨)(٠.٠ - ١.١) = -١.١ \times ١٠^{٢}\ J$$

مجموع الطاقات الثلاث:

$$١.١ \times ١٠^{٢}\ J + ٠.٠\ j + (-١.١ \times ١٠^{٢}\ J) = ٠.٠\ J$$

طاقة الوضع المرونية

طاقة الوضع المرونية هى طاقة مخزنة في جسم مرن نتيجة تغير شكله، مثل الطاقة المخزنة في جسم مطاطي أو زنبرك.

عند سحب الخيط المربوط بالقوس (القوس والسهم) فإننا نبذل شغلا عليه يتحول إلى طاقة وضع مرونية مخزنة في هذا الخيط المرن، وعند إفلات الخيط تتحول الطاقة المخزنة فيه إلى طاقة حركية.

عندما يركض لاعب الوثب العالي حاملا عصا مرنة (الزانة) ويغرس طرفها السفلى في تراب الملعب وعندما يثنى اللاعب العصا فإن:
جزءا من الطاقة الحركية للاعب تتحول إلى طاقة وضع مرونية، وعندما تعتدل العصا تتحول طاقة الوضع المرونية إلى: طاقة وضع جاذبية وطاقة حركية
(عصا اللاعب تصنع من ألياف زجاجية مرنة لتكون قادرة على اختزان طاقة مرونية عالية)

الكتلة:

عرف ألبرت أينشتين شكلا آخر من أشكال الطاقة (الطاقة السكونية) وهى طاقة وضع مخزنة في الكتلة نفسها حيث تتحول الكتلة إلى طاقة.

الطاقة السكونية E_0 :

الطاقة السكونية لجسم تساوى كتلة الجسم m مضروبة في مربع سرعة الضوء c^2 .

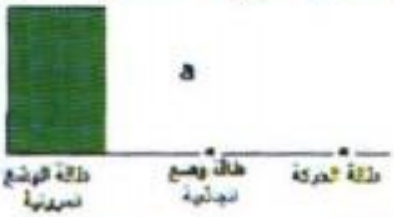
$$E_0 = mc^2$$

وبناء على هذه العلاقة التي وضعها أينشتين فإن الجسم المرن عند انثناءه يكتسب جزءا بسيطا جدا من الكتلة (بسيط لدرجة أنه لا يمكن ملاحظته) يتحول إلى طاقة وضع مرونية.

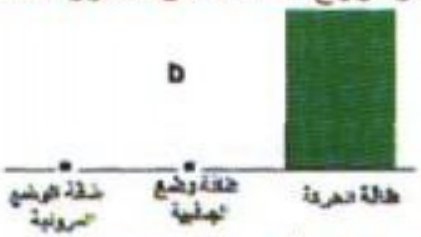
مراجعة

٩- لديك مسدس لعبة، تدفع بداخله الطلقات المطاطية، فتضغط نابضا، وعندما يتحرر النابض يطلق الرصاصات المطاطية، بفعل طاقة وضعه المرونية، إلى خارج المسدس، فإذا استخدمت هذا النظام لإطلاق الطلقات المطاطية إلى أعلى فارسم مخططا بيانيا بالأعمدة يصف أشكال الطاقة في الحالات الآتية:

a. عند دفع الطلقات المطاطية داخل ماسورة المسدس، مما يؤدي إلى انضغاط النابض.



b. عند تمدد النابض وخروج الطلقات من ماسورة المسدس بعد سحب الزناد.



c. عند وصول الخرزات إلى أقصى ارتفاع لها.

١٠- أطلقت قذيفة كتلتها $٢٥kg$ من مدفع على سطح الأرض، فإذا كان مستوى الإسناد هو سطح الأرض فما مقدار طاقة الوضع للنظام عندما تصبح القذيفة على ارتفاع $٤٢٥m$؟ وما التغير في طاقة الوضع عندما تصل القذيفة إلى ارتفاع $٢٢٥m$؟

١- $PE = mgh = (٢٥.٠)(٩.٨)(٤٢٥)$
$= ١.٠٤ \times ١٠^{٥} J$

٢- $PE = mgh = (٢٥.٠)(٩.٨)(٢٢٥)$
$= ٥.٥١ \times ١٠^{٤} J$

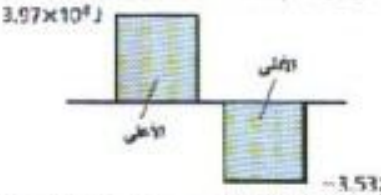
التغير في الطاقة:

$(١.٠٤ \times ١٠^{٥} J) - (٥.٥١ \times ١٠^{٤} J) = ٤.٨٩ \times ١٠^{٤} J$

١١- كيف تطبق نظرية الشغل – الطاقة عند رفع كرة البولينج من سلة الكرات إلى كتفك؟

الطاقة الحركية لكرة البولينج تساوي صفرا عندما تكون مستقرة في سلة الكرات، وكذلك عندما تصل إلى كتفك، لذا فإن الشغل الكلي الذي تبذله أنت والجاذبية على الكرة يجب أن يكون صفرا.

١٢- متسلق صخور كتلته $٩٠kg$ تسلق في البداية $٤٥m$ فوق سطح طبقة صخرية، ثم هبط إلى نقطة تبعد $٨٥m$ أسفل الطبقة الصخرية، فإذا كان الارتفاع الابتدائي هو مستوى الإسناد، فجد طاقة وضع الجاذبية للنظام (المتسلق والأرض) عند أعلى ارتفاع وصله المتسلق، وكذلك عند أدنى نقطة، وارسم مخططا بيانيا بالأعمدة كلا الوضعين.



$PE = mgh$

عند أعلى ارتفاع $PE = (٩٠.٠)\ (٩.٨)\ (٤٥) = ٣.٩٧ \times ١٠^{٤}\ J$

عند أدنى نقطة $PE = (٩٠.٠)\ (٩.٨)\ (٤٥-٨٥) = -٣.٥٣ \times ١٠^{٤}\ J$

١٣- استخدم زياد خرطوما هوائيا ليؤثر بقوة أفقية ثابتة في قرص مطاطي موجود فوق مضمار هوائي عديم الاحتكاك، فجعل الخرطوم مصوبا على القرص طوال تحركه لمسافة محددة ليضمن التأثير بقوة ثابتة في أثناء حركة القرص.

a. وضح ما حدث بدلالة الشغل والطاقة.

أثر زياد بقوة ثابتة خلال مسافة معينة، وبذل شغلا على القرص المطاطي، وهذا الشغل يغير الطاقة الحركية للقرص المطاطي.

b. افترض أن زياد استخدم قرصا مطاطيا آخر كتلته نصف كتلة القرص الأول، وبقيت الظروف كلها كما هي، فكيف تتغير طاقة الحركة والشغل في هذا الوضع عن الوضع الأول.

يأخذ القرص المطاطي المقدار نفسه من الشغل، والتغير نفسه في الطاقة الحركية وبالتالي فإن القرص يتحرك بشكل أسرع.

c. وضح ما حدث في a , b بدلالة الدفع والزخم.

القرص المطاطي الثاني له زخم أقل من القرص الأول، والثاني يكتسب دفع أقل.

حفظ الطاقة

قانون حفظ الطاقة :

المجموع الكلى للطاقة في أي نظام مغلق ومعزول يبقى ثابتا.
في النظام المغلق والمعزول لا تفنى الطاقة ولا تستحدث ولكنها تتحول من صورة إلى أخرى.

الطاقة الميكانيكية (E):

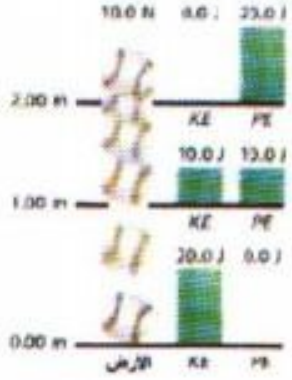
الطاقة الميكانيكية للنظام هى مجموع الطاقة الحركية KE وطاقة الوضع PE إذا لم يكن هناك نوع أخر من الطاقة.

$$E = KE + PE$$

قانون حفظ الطاقة الميكانيكية:

مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع في النظام قبل وقوع الحدث تساوى مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع في النظام بعد وقوع الحدث.

$$KE_{\text{قبل}} + PE_{\text{قبل}} = KE_{\text{بعد}} + PE_{\text{بعد}}$$

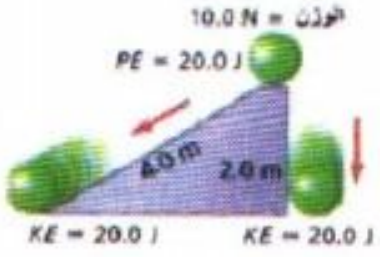


تخيل أن كرة وزنها ١٠N سقطت من ارتفاع ٢m :

١- عند ارتفاع ٢m $(KE = ٠ \ , \ PE = ٢٠J)$
ويكون $(KE + PE = ٢٠J)$

٢- عند ارتفاع ٢m $(KE = ١٠J \ , \ PE = ١٠J)$
ويكون $(KE + PE = ٢٠J)$

٣- عند ارتفاع ٢m $(KE = ٢٠J \ , \ PE = ٠)$
ويكون $(KE + PE = ٢٠J)$



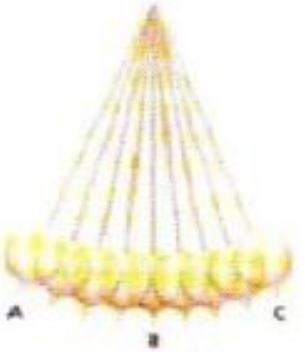
إذا تدحرجت الكرة على مستوى مائل مهمل الاحتكاك ولم تؤثر قوى خارجية في النظام وسقطت الكرة من مسافة رأسية ٢m فسوف تفقد طاقة وضع قدرها ٢٠J ولا يؤثر المسار الذي تسلكه الكرة لأن السطح أملس.

عند حركة البندول البسيط تتغير الطاقة مع الموقع كما بالشكل:

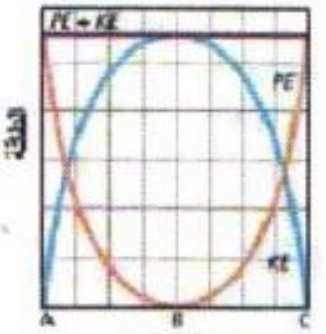
١- عند النقطة *(A)* تكون *(PE)* أكبر ما يمكن و *(KE=٠)*

٢- عند النقطة *(B)* تكون *(PE=٠)* و *(KE)* أكبر ما يمكن

٣- عند النقطة *(C)* تكون *(PE)* أكبر ما يمكن و *(KE=٠)*



حركة البندول البسيط

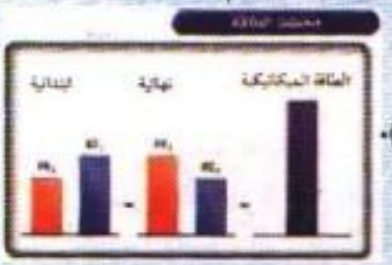


الموقع الأفقي

إستراتيجية حل المسائل:

استعن بالاستراتيجيات الآتية عند حل المسائل المتعلقة بحفظ الطاقة:

٦- حدد النظام بدقة، وتأكد أنه مغلق (تذكر أن النظام المغلق لا يدخل إليه أو يخرج منه أي جسم).



٧- عين أشكال الطاقة في النظام.

٨- حدد الوضع الابتدائي والنهائي للنظام.

٩- هل النظام معزول؟

a. **إذا لم تكن هناك قوة خارجية تؤثر في النظام يكون النظام مغلقا ويكون مجموع الطاقة الكية ثابتا.**

$$E_{\text{قبل}} = E_{\text{بعد}}$$

b. **إذا كان هناك قوة خارجية تؤثر في النظام فإن**

$$E_{\text{قبل}} + W = E_{\text{بعد}}$$

١٠- إذا كانت الطاقة الميكانيكية محفوظة فحدد مستوى إسناد لحساب طاقة الوضع، ومثل بيانيا بالأعمدة كلا من الطاقة الابتدائية والطاقة النهائية، كما في الشكل المرفق.

مثال (٢):

خلال إعصار، سقط غصن شجرة كبيرة كتلته $٢٢kg$ ومتوسط ارتفاعه عن سطح الأرض $١٣.٣m$ على سقف كوخ يرتفع $٦m$ عن سطح الأرض. احسب مقدار:

a. الطاقة الحركية للغصن عندما يصل إلى السقف، وذلك بإهمال مقاومة الهواء.

b. سرعة الغصن عندما يصل إلى السقف.

المعطيات:

$$m = ٢٢kg \quad , \quad v_i = ٠m/s$$
$$, \quad KE_i = ٠J$$
$$h_{غصن} = ١٣.٣m \quad , \quad h_{سقف} = ٦m$$

المطلوب:

$$KE_f = ? \quad , \quad PE_i = ?$$
$$, \quad PE_f = ? \quad , \quad v_f = ?$$

a. **افترض أن مستوى الإسناد هو ارتفاع السف، ثم أوجد الارتفاع الابتدائي للغصن بالنسبة للسقف.**

$$h = h_{غصن} - h_{سقف}$$
$$= ١٣.٣ - ٦ = ٧.٣\ m$$
$$PE_i = mgh = (٢٢)(٩.٨)(٧.٣) = ١.٦ \times ١٠^{٣}J$$

غصن الشجرة في البداية ساكن، والطاقة الحركية للغصن عندما يصل إلى السقف تساوي طاقة الوضع الابتدائية، لأن الطاقة محفوظة.

$$KE_i = PE_i = ١.٦ \times ١٠^{٣}J$$

b. **سرعة الغصن.**

$$KE_f = \frac{١}{٢} mv_f^{٢}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{٢\,KE_f}{m}} = \sqrt{\frac{٢ \times (١.٦ \times ١٠^{٣})}{٢٢}}$$
$$= ١٢m/s$$

مسائل تدريبية

١٤- يقترب سائق دراجة من تل بسرعة $٨.٥ m/s$، فإذا كانت كتلة السائق والدراجة $٨٥ kg$، فاختر النظام المناسب، ثم احسب طاقة الحركة الابتدائية للنظام، وإذا صعد السائق التل بالدراجة فاحسب الارتفاع الذي ستتوقف عنده الدراجة بإهمال المقاومات.

النظام هو السائق - الدراجة - الأرض.

لا توجد قوى خارجية، لذا الطاقة الكلية محفوظة.

$$KE = \frac{١}{٢}mv^{٢} = \frac{١}{٢}(٨٥.٠ kg)(٨.٥ m/s)^{٢} = ٣.١ \times ١٠^{٣} J$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$\frac{١}{٢}mv^{٢} + ٠ = ٠ + mgh$$

$$h = \frac{v^{٢}}{٢g} = \frac{(٨.٥)^{٢}}{٢(٩.٨)} = ٣.٧ m$$

١٥- افترض أن السائق في السؤال(١٤) استمر في الحركة عن طريق التدوير المستمر للبدالات (الدواسات) ولم يتوقف، ففي أي نظام تعتبر الطاقة محفوظة؟ وأي أشكال الطاقة اكتسبت منها الدراجة طاقتها؟

النظام كما هو لم يتغير، ولكن الطاقة ليست ميكانيكية فقط، المتسابق يمتلك طاقة مخزنة، بعضها تحول لطاقة ميكانيكية، الطاقة جاءت من الطاقة الكيميائية المخزنة في جسم المتسابق.

١٦- الحل:

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$٠ + mgh = \frac{١}{٢}mv^{٢} + ٠$$

$$v^{٢} = ٢gh \rightarrow v = \sqrt{٢gh} = \sqrt{٢(٩.٨)(٤٥)} = ٢٩.٧ m/s$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$٠ + mgh_i = \frac{١}{٢}mv^{٢} + mgh_f$$

$$v^{٢} = ٢g(h_i - h_f) \rightarrow v = \sqrt{٢g(h_i - h_f)}$$

$$= \sqrt{٢(٩.٨)(٤٥ - ٤٠)} = ٩.٩٠ m/s$$

لا ، الزوايا لا يكون لها أي تأثير.

١٧- الحل:

نستخدم المياه بوصفها مستوى الإسناد، الطاقة الحركية في الدخول تساوي طاقة الوضع للغواص في الجزء العلوي من رحلته.

الغواص الأول له:

$$PE = mgh = (١٣٦)(٩.٩)(٣) = ٤ \times ١٠^{٣}\ J$$

حتى يساوي ذلك، الغواص الثاني يجب أن يقفز من :

$$h = \frac{٤ \times ١٠^{٣}}{(١٠٢)(٩.٨)} = ٤\ m$$

وبذلك يجب أن يصل إلى ارتفاع ١m ليساوي رذاذ الغواص الأول.

تحليل التصادمات:

عادة ما تكون تفاصيل التصادم معقدة جدا في أثناء التصادم، لذلك تعتمد إستراتيجية التعامل مع التصادم على دراسة حركة الأجسام قبل التصادم مباشرة، وبعده مباشرة.

وهناك ثلاثة أنواع مختلفة من التصادمات:

١- التصادم المرن:

هو التصادم الذي يحافظ على الطاقة الحركية.

أي أن مجموع الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم = مجموع الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم.

٢- التصادم عديم المرونة:

هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم > من مجموع الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم.

لأن جزء من الطاقة الحركية للنظام يتحول إلى نوع آخر من الطاقة (حرارية – صوتية – ضوئية - .....)

٣- التصادم فوق المرن:

هو التصادم الذي يكون فيه مجموع الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم > مجموع الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم، أي أن الطاقة الحركية زادت بعد التصادم نتيجة (انفلات نابض مضغوط أثناء التصادم مثلا).

في التصادم المرن والتصادم عديم المرونة يكون الزخم محفوظ.
فالزخم غالبا ما يكون محفوظا في التصادم أيا كان نوعه، أما الطاقة فتكون محفوظة فقط في التصادمات المرنة، والزخم هو الذي يوقف الأجسام.

ملاحظة/ في تصادم السيارات يؤدي الزخم إلى إيقافها.
أما الطاقة فإنها تسبب الضرر (التحطم) الذي يلحق بها.

مثال (٣):

تتحرك سيارة صغيرة كتلتها $٥٧٥kg$ بسرعة $١٥m/s$، ثم اصطدمت بمؤخرة سيارة أخرى كتلتها $١٥٧٥kg$ تتحرك بسرعة $٥m/s$ في الاتجاه نفسه.

a. ما السرعة النهائية للسيارتين إذا التحمتا معا وكونتا جسما واحدا.

b. ما مقدار الطاقة الحركية المفقودة نتيجة التصادم؟

c. ما نسبة الطاقة الحركية المفقودة إلى مقدار الطاقة الأصلية؟

المعطيات:

$$m_A = ٥٧٥kg \quad , \quad v_{Ai} = ١٥m/s$$
$$, \quad v_{Bi} = ٥m/s$$
$$m_B = ١٥٧٥kg \quad , \quad v_{Af} = v_{Bf} = v_f$$

المطلوب:

$$v_f = ? \quad , \quad \Delta KE/KE_i = ?$$
$$, \quad \Delta KE = KE_f - KE_i = ?$$

a. استخدم معادلة حفظ الزخم لإيجاد السرعة النهائية.

$$P_{Ai} + P_{Bi} = P_{Af} + P_{Bf}$$
$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = (m_A + m_B)\, v_f$$
$$v_f = \frac{(m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi})}{(m_A + m_B)} = \frac{(٥٧٥)(١٥)+(١٥٧٥)(٥)}{(٥٧٥+١٥٧٥)}$$
$$= ٧.٦٧\ m/s$$

في اتجاه الحركة نفسه قبل التصادم

b. لتحديد التغير في الطاقة الحركية للنظام نحتاج إلى KE_f, KE_i.

$$KE_f = \frac{١}{٢} mv_f^٢ = \frac{١}{٢} (m_A + m_B)\, v_f^٢$$
$$= \frac{١}{٢} (٥٧٥ + ١٥٧٥)\, (٧.٦٧)^٢ = ٦.٣٢ \times ١٠^٤ J$$

$$KE_i = KE_{Ai} + KE_{Bi} = \frac{١}{٢} m_A v_{Ai}^٢ + \frac{١}{٢} m_B v_{Bi}^٢$$
$$= \frac{١}{٢} (٥٧٥)\, (١٥)^٢ + \frac{١}{٢} (١٥٧٥)\, (٥)^٢$$
$$= ٨.٤٤ \times ١٠^٤ J$$

جد التغير في الطاقة الحركية للنظام:

$$\Delta KE = KE_f + KE_i$$
$$= ٦.٣٢ \times ١٠^٤ - ٨.٤٤ \times ١٠^٤ = -٢.١٢ \times ١٠^٤ J$$

c. جد نسبة الطاقة الحركية المفقودة إلى الطاقة الحركية الأصلية.

$$\frac{\Delta KE}{KE_i} = \frac{-٢.١٢ \times ١٠^٤}{٨.٤٤ \times ١٠^٤} = -٠.٢٥١$$

نسبة الطاقة الحركية المفقودة إلى الطاقة الحركية الأصلية للنظام ٢٥.١%

مسائل تدريبية

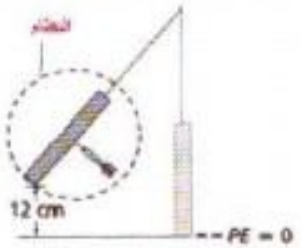
١٨- انطلقت رصاصة كتلتها $٨g$ أفقيا نحو قطعة خشبية كتلتها $٩kg$ موضوعة على سطح طاولة، واستقرت فيها، وتحركتا كجسم واحد بعد التصادم على سطح عديم الاحتكاك بسرعة $١٠m/s$، ما مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة؟

$$mv = (m+M)V$$

$$\rightarrow V = \frac{(m+M)V}{m} = \frac{(٠.٠٠٨٠٠kg+٩kg)(٠.١٠٠\ m/s)}{٠.٠٠٨٠٠kg} = ١.١٣ \times ١٠^{٢}\ m/s$$

١٩- هدف مغناطيسي كتلته $٠.٧٣kg$ معلق بخيط، أطلق سهم حديدي كتلته $٠.٠٢٥٠kg$ أفقيا في اتجاه الهدف، فاصطدم به، والتحما معا، وتحركا كبندول ارتفع $١٢cm$ فوق المستوى الابتدائي قبل أن يتوقف لحظيا عن الحركة.

a. مثل الحالة (الوضع)، ثم اختر النظام.



c. ما السرعة الابتدائية للسهم؟

$$v_f = \sqrt{٢gh_f}$$

$$V_i = \frac{(m+M)}{m}\sqrt{٢gh_f}$$

$$= \frac{(٠.٠٢٥kg+٠.٧٣kg)}{٠.٠٢٥kg}\sqrt{(٢)(٩.٨(٠.١٢٠)} = ٤٦\ m/s$$

٢٠- يتزلج لاعب كتلته $٩١kg$ على الجليد بسرعة $٥.٥m/s$، ويتحرك لاعب آخر له الكتلة نفسها بسرعة $٨.١m/s$ في الاتجاه نفسه ليضرب اللاعب الأول من الخلف، ثم ينزلقان معا.

a. احسب المجموع الكلي للطاقة، والمجموع الكلي للزخم في النظام قبل التصادم.

$$KE_i = \frac{١}{٢}m_١v_١^{٢} + \frac{١}{٢}m_٢v_٢^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢}(٩١)(٥.٥)^{٢} + \frac{١}{٢}(٩١)(٨.١)^{٢} = ٤.٤ \times ١٠^{٣}J$$

b. ما مقدار سرعة اللاعبين بعد التصادم؟

$$P_i = P_A$$

$$m_١v_١ + m_٢v_٢ = (m_١ + m_٢)v_f$$

$$v_f = \frac{(m_1 v_1 + m_2 v_2)}{(m_1 + m_2)} = \frac{(٩١)(٥.٥)+(٩١)(٨.١)}{(٩١+٩١)} = ٦.٨\ m/s$$

c. ما مقدار الطاقة المفقودة في التصادم؟

طاقة الحركة النهائية:

$$KE_f = \frac{١}{٢}(m_i + m_f)\, v_f^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢}(٩١ + ٩١)(٦.٨)^{٢} = ٤.٢ \times ١٠^{٣}\ J$$

مقدار الطاقة المفقودة في التصادم:

$$KE_i - KE_f = ٤.٤ \times ١٠^{٣} - ٤.٢ \times ١٠^{٣} = ٢ \times ١٠^{٢}\ J$$

مراجعة

٢١- هل الأرض نظام مغلق ومعزول؟ دعم إجابتك.

الأرض نظام مغلق، وليست نظاما معزولا، لأنها تتأثر بقوة الجاذبية والطاقة المشعة من الشمس والنجوم الأخرى.

٢٢- قفز طفل عن منصة القفز (منصة البهلوان) *trampoline*، ارسم تمثيلا بيانيا بالأعمدة يبين أشكال الطاقة الموجودة في الأوضاع التالية:

a. الطفل عند أعلى نقطة في مساره.

b. الطفل عند أدنى نقطة في مساره.

٢٣- افترض أن كرة من اللبان (العلكة) تصادمت مع كرة مطاطية صغيرة في الهواء، ثم ارتدتا أحدهما عن الأخرى، هل تتوقع أن تبقى الطاقة الحركية محفوظة؟ وإذا كان الجواب بالنفي فماذا حدث للطاقة؟

على الرغم من أن الكرة المطاطية ارتدت مع فقدان القليل من الطاقة، فالطاقة الحركية لن تكون محفوظة في هذه الحالة لأن كرة اللبان ربما تشوهت في الاصطدام.

٢٥- سقطت كرة مطاطية من ارتفاع $٨m$ فاصطدمت بها وارتدت عنها عدة مرات، وفي كل مرة كانت تخسر $\frac{١}{٥}$ مجموع طاقتها، كم مرة ستصطدم الكرة بالأرض حتى تصل إلى ارتفاع $٤m$ بعد الارتداد؟

$$E = mgh$$

بعد الاصطدام الأول $h = \left(\frac{٤}{٥}\right)(٨m) = ٦.٤m$

بعد الاصطدام الثاني $h = \left(\frac{٤}{٥}\right)(٦.٤m) = ٥.١٢m$

بعد الاصطدام الثالث $h = \left(\frac{٤}{٥}\right)(٥.١٢m) = ٤.١m$

٢٦- ينزلق طفل كتلته $٣٦kg$ على لعبة انزلاق ارتفاعها $٢.٥m$ كما في الشكل، ويتحرك عند أدنى نقطة في اللعبة بسرعة $٣m/s$، فما كمية الطاقة المفقودة خلال انزلاقه على اللعبة؟

$$Ei = mgh = (٣٦)(٩.٨)(٢.٥) = ٨٨٠$$

$$E_f = \frac{١}{٢} m v^٢$$

$$= \frac{١}{٢} (٣٦)(٣)^٢ = ١٦٠ J$$

مقدار الطاقة المفقودة:

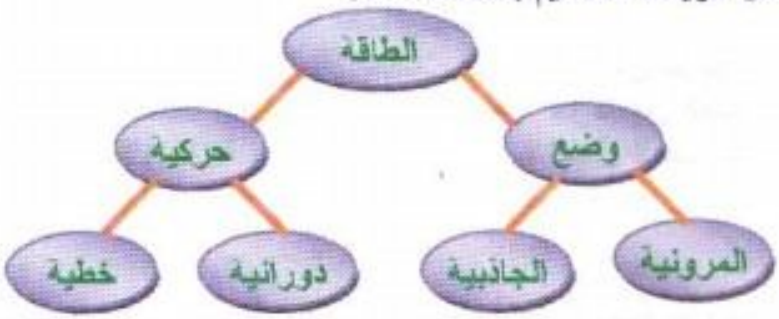
$$Ei - E_f = ٨٨٠ - ١٦٠ = ٧٢٠ J$$

٢٧- سقطت كرة من ارتفاع $٢٠m$ وعندما وصلت إلى نصف الارتفاع، أي $١٠m$، كان نصف طاقتها طاقة وضع والنصف الآخر طاقة حركة، عندما تستغرق الكرة في رحلتها نصف زمن سقوطها، فهل ستكون طاقة الوضع للكرة نصف طاقتها أم أقل أم أكثر؟

الكرة وصلت ببطء أكثر خلال الجزء الأول من السقوط. ولذلك ، في النصف الأول من زمن سقوطها، فهي لم تقطع نصف مسافة السقوط ولذلك ، فإن الكرة سوف تملك طاقة وضع أكثر من الطاقة الحركية.

تقويم الفصل الرابع

٢٨- أكمل خريطة المفاهيم بالمصطلحات:



في جميع المسائل اللاحقة، افترض، أن مقاومة الهواء مهملة، إلا إذا أعطيت قيمتها.

٢٩- وضح العلاقة بين الشغل المبذول والتغير في الطاقة.
عندما يبذل شغل على نظام معين تزداد طاقته، وإذا بذل النظام شغلا تقل طاقته.

٣٠- ما نوع الطاقة في ساعة تعمل بضغط النابض؟ وما نوع الطاقة في الساعة الميكانيكية؟ وماذا يحدث للطاقة عندما تتوقف الساعة عن العمل؟
الساعة التي تعمل بضغط النابض تكون طاقة وضع مرونية ، وفي الساعة الميكانيكية تكون طاقة وضع مرونية و طاقة حركية دورانية، وعندما تتوقف الساعة عن العمل كل الطاقة سوف تتحول لحرارة بواسطة الاحتكاك في التروس.

٣١- وضح كيفية ارتباط تغير الطاقة مع القوة؟
القوة تعمل على بذل شغل، الذي يعمل تغير في الطاقة.

٣٢- الحل:

a. طاقة وضع الكرة عند أي نقطة.
تختلف طاقات الوضع باختلاف مستويات الإسناد.

b. التغير في طاقة وضع الكرة نتيجة السقوط.
التغيرات في طاقات الوضع **الناتج عن السقوط** متساوية، لأن التغير في h هو نفسه بالنسبة لمستويي الإسناد.

c. الطاقة الحركية للكرة عند أي نقطة.
الطاقة الحركية للكرة عند أي نقطة متساوية، لأن السرعة المتجهة هي نفسها.

٣٣- هل هناك حالة يمكن أن تكون فيها الطاقة الحركية لكرة البيسبول سالبة؟
لا يمكن أن تكون الطاقة الحركية للكرة سالبة، لأن الطاقة الحركية تعتمد على مربع السرعة المتجهة وهي دائما موجبة.

٣٤- هل هناك حالة يمكن أن تكون فيها الطاقة الوضع لكرة البيسبول سالبة؟
طاقة الوضع للكرة قد تكون سالبة إذا كان ارتفاع الكرة تحت مستوى الإسناد.

٣٥- إذا زادت سرعة عداء إلى ثلاثة أضعاف سرعته الابتدائية، فما معامل تزايد طاقته الحركية؟
تزداد الطاقة الحركية للعداء ٩ أضعاف، لأن السرعة مربعة.

٣٦- ما تحولات الطاقة عندما يقفز لاعب الوثب بالزانة؟
عندما يركض لاعب الوثب العالي حاملا الزانة ويغرس طرفها السفلى في تراب الملعب وعندما يثنى اللاعب العصا فإن: جزءا من الطاقة الحركية للاعب تتحول إلى طاقة وضع مرونية، وعندما تعتدل العصا تتحول طاقة الوضع المرونية إلى: طاقة وضع جاذبية وطاقة حركية.

٣٧- الحل:
يمكن أن يختزن قضيب الليف الزجاجي المرن طاقة وضع مرونية لأنه ينثني بسهولة، ويمكن لهذه الطاقة أن تتحرر وتدفع اللاعب إلى الأعلى رأسيا، أما قضيب الخشب فلا يخزن طاقة وضع مرونية فيكون أقصى ارتفاع للاعب القفز العالي محدد بسبب التحول المباشر للطاقة الحركية إلى طاقة وضع الجاذبية.

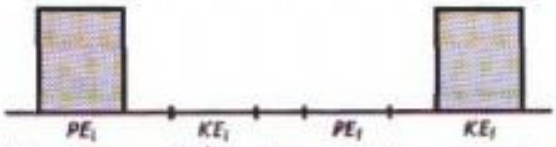
٣٨- الحل:

a. هل الزخم محفوظ في التصادم؟
الزخم الكلي للكرة وقرص الهوكي يكون محفوظ في التصادم، لعدم وجود قوة غير متوازنة في هذا النظام.

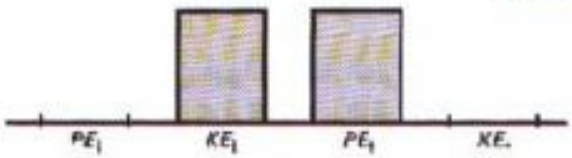
b. هل الطاقة الحركية محفوظة في التصادم؟
الطاقة الحركية غير محفوظة، جزء منها يفقد في قذف الكرة والتصاقها في قرص الهوكي.

٣٩- مثل بيانيا بوساطة الأعمدة كلا من العمليات التالية:

a. انزلاق مكعب من الجليد، بادئا حركته من السكون، على سطح مائل عديم الاحتكاك.



b. انزلاق مكعب من الجليد صاعدا أعلى سطح مائل عديم الاحتكاك ثم توقف لحظيا.



٤٠- الحل:
عند ركوب الأفعوانية جولة كاملة تكون طاقة الوضع في الأعلى والطاقة الحركية في الأسفل.

٤١- الحل:
في كل ارتداد البعض وليس الكل، من طاقة الكرة الحركية تخزن كطاقة وضع مرونية وما تبقى من الطاقة يتبدد كطاقة حرارية وصوت بعد الارتداد، يتم تحرير طاقة الوضع المرونية المخزنة كطاقة حركية ونتيجة الطاقة الضائعة في كل ارتداد كمية الطاقة الحركية تقل مما يؤدي إلى أن تصل الكرة إلى ارتفاع منخفض. وأخيرا، تتبدد كل الطاقة في الكرة، وتستقر الكرة.

٤٣- الحل:
الشاحنة الكبيرة لها طاقة حركية أكثر، لأن لها كتلة أكبر من السيارة الصغيرة وهكذا، وحسب نظرية الشغل والطاقة ، يجب أن يبذل محرك الشاحنة الكبيرة شغل أكبر.

٤٤- الحل:
عند سحب الحبل المشدود فإننا نبذل شغلا عليه يتحول إلى طاقة وضع مرونية مخزنة في هذا الحبل المشدود ، وعند إفلات الحبل تتحول الطاقة المخزنة فيه إلى طاقة حركية.

٤٥- الحل:
تذهب الطاقة في انحناء الصفائح المعدنية لهياكل السيارتين وقوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والشارع طاقة حركية وصوتية وغيرها.

٤٦- الحل:
الشغل المبذول على الجسم يساوي التغير في الطاقة الميكانيكية للجسم $\Delta(KE + PE)$ إذا كانت W موجبة و ΔPE سالبة أنه يجب أن تكون ΔKE موجبة وأكبر من W.

٤٧- الحل:
الشغل المبذول على الجسم يساوي التغير في الطاقة الميكانيكية للجسم $W = \Delta(KE + PE)$ ، إذا كانت W موجبة و ΔPE موجبة لا نستطيع أن نقول شيء عن ΔKE.

٤٨- الحل: ستقطع الزلاجة الأكبر مسافة أكبر قبل التوقف.

٤٩- الحل:
a. ما مقدار الشغل المبذول على الجسم من قوة الشد في الخيط في دورة واحدة؟
لا تبذل قوة الشد على الكتلة شغلا، لأن قوة الشد تسحب الخيط عموديا على اتجاه حركة الكتلة.

b. هل تتفق إجابتك في الفرع *a* مع نظرية الشغل – الطاقة؟
الطاقة الحركية للكتلة ثابتة، وتتحرك بسرعة ثابتة.

٥٠- أعط أمثلة محددة توضح العمليات الآتية:
a. بذل شغل على النظام، فازدادت الطاقة الحركية ولم تتغير طاقة الوضع
دفع جسم أفقيا على الجليد.
b. تحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية دون أن يبذل شغل على النظام.
إسقاط كرة.
c. بذل شغل على النظام، فازدادت طاقة الوضع ولم تتغير الطاقة الحركية.
ضغط النابض في مسدس لعبة.
d. بذل النظام شغلاً فقلت الطاقة الحركية ولم تتغير طاقة الوضع.
حركة السيارة على طريق مستو، فيؤدي الطريق إلى التقليل من سرعتها.

٥١- الحل:
يجب أن يكون ارتفاع المنحدر بمعامل قدره ٤ .

٥٢- الحل:
على الرغم من أن الكرتين تتحركان باتجاهين متعاكسين، إلا أنهما يمتلكان نفس الطاقة الحركية وطاقة الوضع عند قذفهما، وسيكون لهما نفس الطاقة الميكانيكية والسرعة عندما ترتطمان بالأرض.

٥٣- الحل:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$
$$= \frac{1}{2}(1600\ kg)(12.5\ m/s)^2 = 1.3 \times 10^5\ J$$

٥٤- الحل:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1525\ kg)\left(\frac{(108\ km/h)(1000\ m/km)}{3600\ s/h}\right)^2$$
$$= 6.86 \times 10^5\ J$$

٥٥- الحل:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t}\right)^2$$
$$= \frac{1}{2}(45\ kg)\left(\frac{(1.8\ km/h)(1000\ m/km)}{(10\ min)(60\ s/min)}\right)^2 = 203\ J$$

٥٦- كتلة خالد $45kg$ ويسير بسرعة $10m/s$.
a. جد طاقته الحركية.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$
$$= \frac{1}{2}(45\ kg)(10.0\ m/s)^2 = 2.3 \times 10^3\ J$$

b. إذا تغيرت سرعة خالد إلى $٥ m/s$، فاحسب طاقته الحركية الآن.

$$KE = \frac{١}{٢} mv^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢} (٤٥\ kg)(٥.٠\ m/s)^{٢} = ٥.٦ \times ١٠^{٢}\ J$$

c. أوجد نسبة الطاقة الحركية في الفرع a إلى الطاقة الحركية في b؟

$$\frac{\frac{١}{٢}(mv_{١}^{٢})}{\frac{١}{٢}(mv_{٢}^{٢})} = \frac{v_{١}^{٢}}{v_{٢}^{٢}} = \frac{(١٠)^{٢}}{(٥)^{٢}} = \frac{٤}{١}$$

٥٧- الحل:

a. ما مقدار الطاقة الحركية لهما معا؟

$$KE_c = \frac{١}{٢} mv^{٢} = \frac{١}{٢} (m_k + m_A)\, v^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢} (٤٥\ kg + ٤٥ kg)(١٠.٠\ m/s)^{٢} = ٤.٥ \times ١٠^{٣}\ J$$

b. ما نسبة كتلتهما معا إلى كتلة أسماء؟

$$\frac{m_k + m_A}{m_k} = \frac{٤٥kg + ٤٥kg}{٤٥kg} = \frac{٢}{١}$$

c. ما نسبة طاقتهما الحركية معا إلى الطاقة الحركية لأسماء؟

$$KE_k = \frac{١}{٢} m_k v^{٢} = \frac{١}{٢} (٤٥\ kg)(١٠.٠\ m/s)^{٢} = ٢.٣ \times ١٠^{٣}\ J$$

$$\frac{KE_c}{KE_k} = \frac{\frac{١}{٢}(m_k + m_A)v^{٢}}{\frac{١}{٢}(m_k v^{٢})} = \frac{m_k + m_A}{m_k} = \frac{٢}{١}$$

٥٨- الحل:

a. الشغل المبذول على القطار؟

$$W = F\,d = (٥ \times ١٠^{٥}\ N)\ (٥٠٩\ m) = ٢.٥٥ \times ١٠^{٨}\ J$$

b. التغير في الطاقة الحركية للقطار؟

$$\Delta KE = W = ٢.٥٥ \times ١٠^{٨}\ J$$

c. الطاقة الحركية النهائية للقطار إذا بدأ حركته من السكون؟

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$

$$KE_f = \Delta KE - KE_i = ٢.٥٥ \times ١٠^{٨}\ J - ٠.٠\ J = ٢.٥٥ \times ١٠^{٨}\ J$$

d. السرعة النهائية للقطار إذا أهملنا قوة الاحتكاك؟

$$KE_f = \frac{١}{٢} mv_f^{٢} \quad \rightarrow \quad v_f^{٢} = \frac{kE_f}{\frac{١}{٢}(m)} = \frac{٢.٥٥ \times ١٠^{٨} J}{\frac{١}{٢}(٢.٥ \times ١٠^{٤} kg)}$$

$$v_f = \sqrt{٢.٠٤ \times ١٠^{٤}} = ١٤٣\ m/s$$

٥٩- الحل:

$$m = \frac{F_g}{g} \quad , \quad d = \frac{\frac{١}{٢}mv^{٢}}{F} = \frac{\frac{١}{٢}\left(\frac{F_g}{g}\right)v^{٢}}{F} = \frac{\frac{١}{٢}\left(\frac{١٤٧٠٠N}{٩.٨}\right)(٣٥)^{٢}}{٧١٠٠N} = ٦٦m$$

٦٠- الحل:

a. التغير في الطاقة الحركية للعربة؟

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = \frac{١}{٢} m\,(v_f^{٢} - v_i^{٢})$$
$$= \frac{١}{٢}(١٥kg)((٣.٢٠)^{٢} - (٧.٥)^{٢}) = -٤٣٥\ J$$

b. الشغل المبذول على العربة؟

$$W = \Delta KE = -٣٤٥\ J$$

c. المسافة التي ستتحركها العربة خلال تأثير القوة؟

$$W = F\,d \quad \rightarrow \quad d = \frac{W}{F} = \frac{-٣٤٥\ J}{-١٠\ N} = ٣٤.٥\ m$$

٦١- الحل:

$$PE = mgh = (٦٠.٠\ kg)(٩.٨٠\ m/s^{٢})(٣.٥\ m) = ٢.١ \times ١٠^{٣}\ J$$

٦٢- الحل:

$$PE = mgh = (٦.٤\ kg)(٩.٨٠\ m/s^{٢})(٢.١\ m) = ١.٣ \times ١٠^{٢}\ J$$

٦٣- الحل:

$$PE = mg\Delta h = F_g \Delta h = (٥٠٥\ N)(-٥.٥٠\ m) = -٢.٧٨ \times ١٠^{٣}\ J$$

٦٤- الحل:

$$PE = mgh = (١٨٠\ kg)(٩.٨٠\ m/s^{٢})(١.٩٥\ m) = ٣.٤ \times ١٠^{٣}\ J$$

٦٥- الحل:

$$PE = mgh = KE \quad \rightarrow \quad h = \frac{KE}{mg} = \frac{١٩٦٠}{(١٠kg)(٩.٨)} = ٢٠\ m$$

٦٦- الحل:

$$PE = mg\Delta h = F_g \Delta h = F_g\,(h_f - h_i)$$
$$= (١٢\ N)(٢.١٥m - ٠.٧٥m) = ١٧\ J$$

٦٧- الحل:

$$W = PE = mgh \quad \rightarrow \quad m = \frac{W}{gh} = \frac{١٠٠J}{(١٠٠m)(٩.٨)} = ٠.١٠٢\ kg$$

٦٨- الحل:

$$Ft = m\Delta v = mv_f - mv_i \quad , \quad v_i = ٠$$

$$\rightarrow \quad v_f = \frac{Ft}{m} = \frac{(١٥٠N)(٣.٠ \times ١٠^{-٢}s)}{٦.٠ \times ١٠^{-٣}kg} = ٧٥\ m/s$$

$$KE = \frac{١}{٢}mv^{٢} = \frac{١}{٢}(٦.٠ \times ١٠^{-٣}\ kg)(٧٥\ m/s)^{٢} = ١.٧ \times ١٠^{٢}\ J$$

٦٩- الحل:

a. ما مقدار القوة؟

$$\Delta KE_f = \frac{١}{٢}m\,v_f^{٢}$$

$$= \frac{١}{٢}(٤٥\ kg)(٦٢.٠\ m/s)^{٢} = ٨.٦ \times ١٠^{٤}\ J$$

b. ما مقدار الطاقة الحركية النهائية لطارق؟

$$W = Fd = \Delta KE = KE_f - KE_i \ , \ KE_i = ٠\ J$$

$$\rightarrow \quad F = \frac{KE_f}{d} = \frac{(٨.٦ \times ١٠^{٤}J)}{٢٢m} = ٣.٩ \times ١٠^{٣}N$$

٧٠- الحل:

a. ما مقدار التغير في الطاقة الحركية للسيارة؟

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = \frac{١}{٢}m\,(v_f^{٢} - v_i^{٢})$$

$$= \frac{١}{٢}(٢.٠ \times ١٠^{٣}\ kg)((٠.٠)^{٢} - (١٢.٠)^{٢}) = -١.٤٤ \times ١٠^{٥}\ J$$

b. ما مقدار الشغل المبذول عندما ترتطم مقدمة السيارة بالشجرة؟

$$W = \Delta KE = -١.٤٤ \times ١٠^{٥}\ J$$

c. احسب مقدار القوة التي أثرت في مقدمة السيارة لمسافة $٥٠cm$.

$$W = F\,d \quad \rightarrow \quad F = \frac{W}{d} = \frac{(-١.٤٤ \times ١٠^{٥}J)}{٠.٥٠٠m} = -٢.٨٨ \times ١٠^{٥}\ J$$

٧١- الحل:

$$W = F\,d = (٤١٠\ N)\ (٢.٠\ m) = ٨.٢ \times ١٠^{٢}\ J$$

$$W = \Delta PE = mg\Delta h \quad \rightarrow \quad \Delta h = \frac{W}{mg} = \frac{٨.٢ \times ١٠^{٢}J}{٣٢N} = ٢٦\ m$$

٧٢- رفع كيس حبوب وزنه ٩٨N إلى غرفة تخزين ارتفاعها $٥٠m$ فوق سطح الأرض باستخدام رافعة الحبوب.

a. ما مقدار الشغل المبذول؟

$$W = \Delta PE = mg\Delta h = F_g\,\Delta h = (٩٨N)(٥٠m) = ٤.٩٠ \times ١٠^{٣}\ J$$

b. ما مقدار الزيادة في طاقة وضع كيس الحبوب عند هذا الارتفاع.

$$\Delta PE = W = ٤.٩٠ \times ١٠^{٣}\ J$$

c. الحل:

$$KE = \Delta PE = ٤.٩٠ \times ١٠^{٣}\ J$$

٧٣- تستقر صخرة كتلتها $٢٠kg$ على حافة منحدر ارتفاعه $١٠٠m$.

a. ما مقدار طاقة وضعها بالنسبة لقاعدة الجرف؟

$$PE = mgh = (٢٠kg)(٩.٨)(١٠٠m) = ٢ \times ١٠^{٤}\ J$$

b. إذا سقطت الصخرة فما مقدار الطاقة الحركية للصخرة لحظة ارتطامها بالأرض؟

$$KE = \Delta PE = ٢ \times ١٠^{٤}\ J$$

c. ما مقدار سرعة الصخرة لحظة ارتكامها بالأرض؟

$$KE = \frac{١}{٢}mv^{٢} \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{٢KE}{m}} = \sqrt{\frac{٢(٢ \times ١٠^{٤}J)}{٢٠kg}} = ٤٠\ m/s$$

٧٤- الحل:

a.

$$W = \Delta PE = Fd$$

$$KE = \frac{١}{٢}mv^{٢} = \Delta PE = Fd$$

$$v = \sqrt{\frac{٢Fd}{m}} = \sqrt{\frac{٢(٢٠١\ N)(١.٣m)}{٠.٣٠kg}} = ٤٢\ m/s$$

b.

$$\Delta PE = mg\Delta h = Fd \rightarrow \Delta h = \frac{Fd}{mg} = \frac{(٢٠١\ N)(١.٣m)}{(٠.٣٠kg)(٩.٨)} = ٨٩\ m$$

٧٥- الحل:

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$$

$$KE_i = ٠ \rightarrow KE_f = PE_i - PE_f = ٤٠٧\ J$$

$$KE_f = \frac{١}{٢}mv_f^{٢}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{٢KE_f}{m}} = \sqrt{\frac{٢ \times (٤٠٧\ J)}{٢\ kg}} = ٢ \times ١٠^{١}\ m/s$$

٧٦- الحل:

$$KE = PE$$

$$\frac{١}{٢}mv^{٢} = mgh \rightarrow v^{٢} = ٢gh$$

$$\rightarrow v = \sqrt{٢\ h} = \sqrt{٢(٩.٨)(٤.٥)} = ٩.٣٩\ m/s$$

٧٧- الحل:

a.

$$mv = (٥.٠ \times ١٠^{٥}\ kg)(٨.٠\ m/s) = ٤.٠ \times ١٠^{٦}\ kg.m/s$$

.b

بما أن الزخم محفوظ:

$= ٤.٠ \times ١٠^{٦}\ kg.m/s$

.c

قبل التصادم

$KE_i = \frac{١}{٢} m v^{٢} = \frac{١}{٢} (٥.٠ \times ١٠^{٥}\ kg)(٨.٠\ m/s)^{٢} = ١.٦ \times ١٠^{٧}\ J$

بعد التصادم

$KE_f = \frac{١}{٢} m v^{٢}$

$= \frac{١}{٢} (٥.٠ \times ١٠^{٥}\ kg + ٥.٠ \times ١٠^{٥}\ kg)(٤.٠\ m/s)^{٢} = ٨.٠ \times ١٠^{٦}$

J

٧٨- الحل:

$V = (١٠٠\ km/h)\left(\frac{١٠٠٠\ m}{١\ km}\right)\left(\frac{١\ h}{٣٦٠٠\ s}\right) = ٢٧.٨\ m/s$

$KE = PE \quad \rightarrow \quad \frac{١}{٢} mv^{٢} = mgh \quad \rightarrow \quad v^{٢} = ٢gh$

$h = \frac{v^{٢}}{٢g} = \frac{(٢٧.٨\ m/s)^{٢}}{٢\ (٩.٨)} = ٣٩.٤\ m$

٧٩- الحل:

.a

$\Delta PE = mg\Delta h = mg(h_f - h_i)$

$\Delta KE = \frac{١}{٢} mv_f^{٢}$, $\Delta PE + \Delta KE = ٠$

$mg(h_f - h_i) = \frac{١}{٢} mv_f^{٢} = ٠$

$v^{٢} = ٢g(h_i - h_f) \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{٢g(h_i - h_f)}$

$= \sqrt{٢(٩.٨)(١m - ٠.٤٠m)} = ٣.٤\ m/s$

.b

$W = \Delta PE + \Delta KE = mg(h_f - h_i) + \frac{١}{٢} mv_f^{٢}$

$= (٤٢٠N)(٠.٤٠m - ١.٠m) + \frac{١}{٢}\left(\frac{٤٢٠\ N}{٩.٨}\right)(٢.٠\ m/s)^{٢} = -١.٧ \times ١٠^{٢}$

J

٨٠- الحل:

$KE_f = KE_f + PE_i$

$\frac{١}{٢} mv_f^{٢} = \frac{١}{٢} mv_i^{٢} + mgh \quad \rightarrow \quad v_i^{٢} = v_f^{٢} - ٢gh$

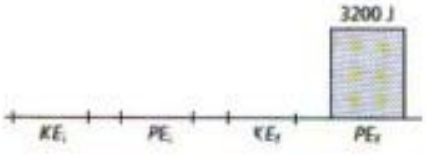
$\rightarrow \quad v_i = \sqrt{v_f^{٢} - ٢gh} = \sqrt{٧.٥^{٢} - ٢(٩.٨)(٢.٠)} = ٤.١\ m/s$

٨١- الحل:

$$W = \Delta PE + \Delta KE \quad = mg(h_f - h_i) - \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2)$$

$$= (٢٨kg)(٩.٨)(٠.٠ - ٤.٨) + \frac{1}{2}(٢٨\ kg)((٣.٢)^2 - (٠.٠)^2 = -١.٢ \times ١٠^3\ J$$

٨٢- الحل:



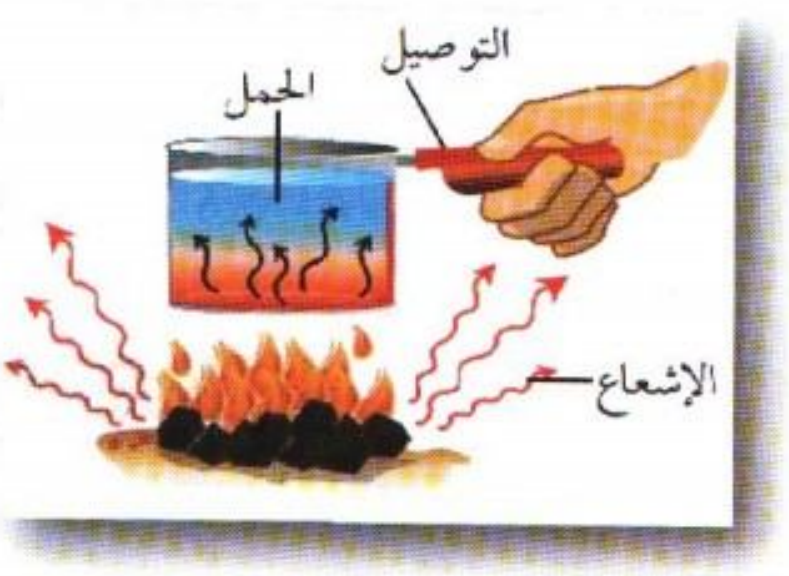
a. نعم ، الطاقة الميكانيكية تغيرت، بزيادة في طاقة الوضع بمقدار $(٦٣٥\ N)(٥.٠\ m) = ٣٢٠٠\ J$.

b. من الطاقة الداخلية للشخص.

الفصل الخامس

الطاقة الحرارية

- درجة الحرارة والطاقة الحرارية
- تغيرات حالة المادة
  وقوانين الديناميكا الحرارية



درجة الحرارة والطاقة الحرارية

تعتبر الحرارة احد مصادر الطاقة الرئيسية التي بدأ علماء الفيزياء في دراسة وفهم قوانينها لأهميتها ولتطبيقاتها الواسعة على حياتنا، فلو نظرنا من حولنا لوجدنا أن الحرارة هي أساس الطاقة في كل شيء فعلى سبيل المثال الثلاجة المنزلية ومكيفات الهواء ما هي إلا تطبيقات على الفيزياء الحرارية وكذلك المحركات البخارية والمحركات الحديثة تعتمد على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكيا حيث أن حرق الوقود يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الغاز الذي يضغط على مكبس المحرك الذي يؤدي حركة ميكانيكية أساسها ارتفاع في درجة الحرارة وهذه المحركات هي أساس فكرة عمل السيارات والطائرات بمختلف أنواعها كذلك مثالاً آخر وهو الكهرباء فهي تصلنا من محطات التوليد التي تقوم بحرق الفحم أو الوقود الذي يحرك التوربينات التي تولد الطاقة الكهربية وهناك الأمثلة الكثيرة الأخرى.

الطاقة الحرارية:

درجة الحرارة صفة للمادة تميزها عن غيرها من المواد، وترتبط هذه الصفة بحركة جزيئات المادة، حيث إن هذه الجزيئات في حركة مستمرة، ونتيجة لحركة هذه الجزيئات العشوائية تنتج طاقة تسمى الطاقة الحرارية، وكلما زادت سرعة الجزيئات كلما كانت طاقتها الحرارية أكبر ويسخن الجسم أكثر.
إذن الطاقة الحرارية هي مقياس للحركة الداخلية لجزيئات الجسم.

ملاحظة/ إذا وجدت مادة صلبة تحتوي العدد N من الذرات فإن الطاقة الحرارية الكلية في المادة الصلبة تساوي متوسط طاقتي الحركة والوضع لكل ذرة، مضروبا في العدد N.

الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة

للجسم الساخن طاقة حرارية أكثر من الجسم البارد المشابه له. وذلك لأن الطاقة الحرارية تجعل الذرات المكونة للجسم تتحرك أسرع.

درجة الحرارة :

هي الخاصية التي تصنف مدى سخونة الجسم أو برودته .

و هي الخاصية التي تعني فيما إذا كان النظام متوازن حرارياً مع نظام أو أكثر.

تعتمد درجة الحرارة على متوسط الطاقة الحركية للجزيئات في الجسم فقط ولا تعتمد على عدد الجزيئات في الجسم.

في حين أن الطاقة الحرارية في الجسم تتناسب مع عدد الجزيئات فيه.

الاتزان والقياس الحراري

عند الحديث عن درجة حرارة جسم ما فإننا نقصد بذلك كم هي درجة سخونة أو برودة ذلك الجسم عند لمسه باليد، حاسة اللمس هي إحدى النعم التي انعم الله بها علينا وبناء عليها يمكن أن نقدر درجة حرارة الجسم تقدير كيفي وليس كمي، وفي بعض الأحيان نشعر ببرودة جسم ما أكثر من جسم آخر بالرغم من أنهما عند نفس درجة الحرارة لأن هناك عامل مهم وهو سرعة توصيل لحرارة فالمعادن مثلاً أسرع في توصيل الحرارة منها إلى اليد من قطعة من البلاستيك، لذلك توجب أن يكون هناك مقياس دقيق لدرجة الحرارة نعتمد عليه في تحديد درجة حرارة الأجسام .

تنتقل الطاقة الحرارية من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، وعند حدوث الاتزان الحراري يكون انتقال الطاقة بين الجسمين متساويا.

الاتزان الحراري:

هي الحالة التي يصبح عندها معدل تدفق الطاقة بين جسمين متصلين حراريا متساويين، ويكون لكلا الجسمين درجة الحرارة نفسها.

مقياسا درجة الحرارة: السلسيوس والكلفن

المقياس المئوي السلسيوس:

يعتمد هذا التدريج لقياس درجة الحرارة على نقطة تحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية وهي درجة الانصهار وهي درجة الصفر، ونقطة التحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وهي درجة الغليان للماء وهي درجة ١٠٠. وسمي سلسيوس نسبة للعالم السويدي أندريه سلسيوس.

المقياس الفهرنهايتي

يعتمد هذا التدريج لقياس درجة الحرارة على نقطة تحول الماء أيضا ولكن تم اعتبار درجة الانصهار هي درجة ٣٢ دلاً من الصفر، ودرجة الغليان للماء وهي درجة ٢١٢ بلاً من ١٠٠.

المقياس المطلق (الكلفن)

مما سبق نجد أن كلا التدريجين اعتمدا على نوع مادة السائل وهو الماء حيث تم اعتبار نقطة الانصهار ونقطة الغليان كأساس للتدريج، وحيث أن هاتين النقطتين تعتمدان على الضغط وعدد من العوامل الأخرى، لذا فإننا بحاجة إلى تدريج مطلق لا يعتمد على طبيعة المادة وهذا ما قام به العالم كلفن *Kelvin* في تحديد تدريج مطلق لدرجة الحرارة.

قام العالم كلفن باستخدام الثيرمومتر المعتمد على التغير في الضغط ودرس العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة، وذلك لأكثر من غاز ووجد أن جميع الغازات يقل ضغطها بنقصان درجة الحرارة وأن الضغط يصبح صفر نظرياً عند درجة حرارة وقدرها -٢٧٣. وقد تم اعتبار هذه الدرجة هي الصفر المطلق وأنها لا تتغير بتغير نوع الغاز وعليه تم معايرة باقي التدريجات الأخرى بالنسبة للصفر المطلق.

وعليه فإن العلاقة بين التدريج المئوي والتدريج المطلق هي:

$$T_C = T_K - ٢٧٣$$

مسائل تدريبية

١- حول درجات الحرارة الآتية من مقياس كلفن إلى مقياس سيلسيوس:

c. $١١٥k$

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ١٧٢ - ٢٧٣ = -١٥٨^{\circ}C$$

d. $١٧٢k$

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ١١٥ - ٢٧٣ = -١٠١^{\circ}C$$

e. $١٢٥k$

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ١٢٥ - ٢٧٣ = -١٤٨^{\circ}C$$

f. $٤٠٢k$

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ٤٠٢ - ٢٧٣ = ١٢٩^{\circ}C$$

g. $٤٢٥k$

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ٤٢٥ - ٢٧٣ = ١٥٢^{\circ}C$$

h. $٢١٢k$

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ٢١٢ - ٢٧٣ = -٦١^{\circ}C$$

٢- جد درجات الحرارة بالكلفن والسليسوس لكل مما يأتي:

a. درجة حرارة الغرفة.

درجة حرارة الغرفة تكون حوالي $٢٢^{\circ}C$.

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = ٢٢ + ٢٧٣ = ٢٩٥\ k$$

b. ثلاجة نموذجية.

درجة حرارة ثلاجة نموذجية حوالي $٤^{\circ}C$.

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = ٤ + ٢٧٣ = ٢٧٧\ k$$

الحرارة وتدفق الطاقة الحرارية

عند تلامس جسمان يحدث انتقال للطاقة الحرارية من الجسم الأسخن إلى الجسم الأبرد، ويستخدم الرمز Q لتمثيل كمية الحرارة.

إذا كانت قيمة Q سالبة **فذلك يعني أن الحرارة** تنبعث من الجسم.

أما إذا كانت قيمة Q موجبة **فذلك يعني أن الجسم** امتص الحرارة.

طرق انتقال الحرارة:

التوصيل الحراري:

و انتقال الحرارة من جُزَيْء إلى آخر داخل المادة، أو انتقال الحرارة من مادة إلى أخرى عندما يكونا متماسان مباشرة.

الحمل الحراري:

وهو أساس انتقال الحرارة في الأجسام المائعة. ففي مجال الجاذبية ، كل فرق في درجة الحرارة في سائل أو غاز يغير من تركيزه، فتنتج عن ذلك حركة داخل الجسم المائع بفعل قوة الطفو لأرخميدس. تطفو الأجزاء الساخنة والأجزاء الباردة تحل محلها وينتج عن هذه العملية تبادل حراري يُسمى الحمل الحراري.

الإشعاع الحراري:

يختلف تنقل الحرارة بفعل الإشعاع عن سابقيه بأنه لا يحتاج أن يكون تماس بين الجسمين الذين يتبادلان الطاقة الحرارية، حتى ولو كان بينهم فراغ تام. فالطاقة الحرارية يمكنها إن تتنقل في شكل موجات كهرومغناطيسية وبسرعة الضوء حتى تصل إلى الجسم الذي يمتص لحرارة أو يعكسها كلّها أو جزء منها. وهذه الموجات لا تسخن المحيط الذي تمر به إلا إذا امتص هذا الأخير جزء منها. ولهذا عندما نكون أمام موقد من النار نحس بأشعة منبعثة منه تلفح الوجه.

الحرارة النوعية

الحرارة النوعية لمادة ما هي كمية الطاقة التي يجب أن تكتسبها المادة لترتفع درجة حرارة وحدة الكتل من هذه المادة درجة واحدة.

ويرمز للحرارة النوعية بالرمز C، **وتقاس بوحدة** $J/kg.k$.

الحرارة النوعية للمواد الشائعة			
المادة	**الحرارة النوعية** (J, kg, k)	**المادة**	**الحرارة النوعية** (J, kg, k)
الألومنيوم	٨٩٧	الرصاص	١٣٠
النحاس الأصفر	٣٧٦	الميثانول	٢٤٥٠
الكربون	٧١٠	الفضة	٢٣٥
النحاس	٣٨٥	بخار الماء	٢٠٢٠
الزجاج	٨٤٠	الماء	٤١٨٠
الجليد	٢٠٦٠	الخارصين	٣٨٨
الحديد	٤٥٠		

ومقدار الحرارة التي يكتسبها الجسم أو يفقدها يعتمد على:
كتلته – تغير درجة الحرارة – **الحرارة النوعية** لمادة الجسم.

الحرارة المنقولة:

هي كمية الحرارة Q **اللازم نقلها لتغيير درجة حرارة الجسم، وتساوي كتلة الجسم مضروبة في حرارته النوعية وفي الفرق بين درجتي حرارته النهائية والابتدائية.**

$$Q = mC\Delta T = mC\,(T_f - T_i)$$

تذكر/ التدريج الواحد في مقياس كلفن يعادل تدريجا واحدا بمقياس سلسيوس، ولذلك نستطيع حساب ΔT **بوحدة الكلفن أو السلسيوس.**

مثال (١):

إذا تم تسخين مقلاة من الحديد الصلب كتلتها $٥.١٠kg$ على موقد ذي درجة حرارة $٢٩٥k$ إلى $٥٠k$، فما مقدار الحرارة المنتقلة إلى الحديد؟

المعطيات: $C=٤٥٠J/kg.k$, $m=٥١٠kg$, $T_f=٤٥٠k$, $T_i=٢٩٥k$

المطلوب: $Q=?$

$$Q = m\,C\,(T_f - T_i)$$
$$= (٥.١٠)\,(٤٥٠)\,(٤٥٠ - ٢٩٥)$$
$$= ٣.٦ \times ١٠^{٥}\,J$$

مسائل تدريبية

٣- عندما تفتح صنبور الماء الساخن لغسل الأواني فإن أنابيب المياه تسخن، فما مقدار كمية الحرارة التي يمتصها أنبوب ماء نحاسي كتلته $٢.٣kg$ عندما ترتفع درجة حرارته من $٢٠℃$ إلى $٨٠℃$؟

$$Q = m\,C\,(T_f - T_i)$$
$$= (٢.٣)\,(٣٨٥)\,(٨٠ - ٢٠) = ٥.٣ \times ١٠^{٤}\,J$$

٤- يحتوي نظام التبريد لسيارة على $٢٠L$ من الماء، علما بأن كتلة لتر واحد من الماء تساوي $١kg$.

a. إذا اشتغل المحرك حتى حصل على $٨٣٦kJ$ من الحرارة، فما مقدار التغير في درجة حرارة الماء؟

$$Q = m\,C\,\Delta T$$
$$\Delta T = \frac{Q}{mC} = \frac{(٨.٣٦ \times ١٠^{٥}\,J)}{(٢٠)(٤١٨٠)} = ١٠.٠\,K$$

b. إذا كان الفصل شتاء، ونظام التبريد في السيارة مملوءا بالميثانول ذي الكثافة $٣٠.٨٠g/cm^{٣}$ فما مقدار الزيادة في درجة حرارة الميثانول إذا امتص $٨٣٦kJ$ من الحرارة؟

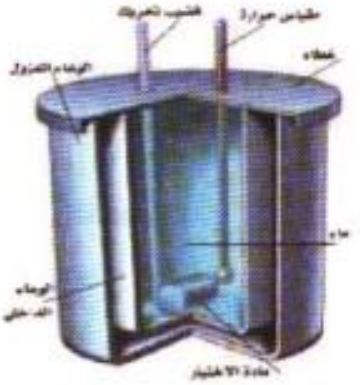
$$Q = m\,C\,\Delta T$$
$$\Delta T = \frac{Q}{mC} = \frac{(٨.٣٦ \times ١٠^{٥}\,J)}{(١٦)(٢٤٥٠)} = ٢١.٠\,K$$

c. أيهما يعد مبردا أفضل، الماء أم الميثانول؟ فسر إجابتك.

الماء يعد مبردا أفضل، لأنه يمكن أن يمتص الحرارة من دون تغيير درجة حرارته.

٥- تبيع شركة الكهرباء الطاقة الكهربائية بوحدة kWh، حيث إن $1kWh = 3.6\times10^{6}J$، افترض أن السعر ٠.١٥ ريال لكل kWh، فما مقدار تكلفة تسخين $75kg$ من الماء من درجة حرارة ١٥℃ إلى ٤٣℃؟

$$Q = m\,C\,(T_f - T_i)$$
$$= (75)\,(4180)\,(43 - 15) = 8.8\times10^{6}\,J$$
$$\frac{(8.8\times10^{6}\,J)}{3.6\times10^{6}\,J/kWh} = 2.4\,KWh$$
$$(2.4\,KWh)\,(0.15 \text{ ريال لكل } kWh) = 0.36 \text{ ريال}$$



المسعر - قياس الحرارة النوعية

المسعر هو جهاز يستخدم لقياس التغير في الطاقة الحرارية.

ويكون المسعر معزولا تماما، حيث يكون انتقال الطاقة إلى المحيط الخارجي أقل ما يمكن.

مبدأ عمل المسعر:

يعتمد عمل المسعر على مبدأ حفظ الطاقة في النظام المغلق والمعزول، بحيث لا تدخل الطاقة هذا النظام أو تغادره، ونتيجة لذلك إذا زادت طاقة جزء معين من النظام فإن طاقة جزء آخر يجب أن تنقص بالمقدار نفسه، فتكون الطاقة الكلية للنظام ثابتة.

حفظ الطاقة:

الطاقة الحرارية في النظام المغلق والمعزول للجسم A مضافا إليها الطاقة الحرارية للجسم B مقدارا ثابتا.

$$E_A + E_B = \text{ثابت}$$

يكون التغير في الطاقة الحرارية لأحد مكونات النظام المغلق والمعزول مساويا للحرارة المنقولة، وذلك ناجم عن عدم بذل أي شغل، لذا يعبر عن تغير الطاقة لكل قالب:

$$\Delta E = Q = mC\,\Delta T$$

ولأن الزيادة في الطاقة الحرارية للقالب A تساوي النقصان في الطاقة الحرارية للقالب B فإن:

$$m_A C_A \Delta T_A + m_B C_B \Delta T_B = ٠$$

, $\Delta T = T_f - T_i$

إذا زادت درجة حرارة القالب فإن $T_f > T_i$، وتكون ΔT موجبة.

أما إذا نقصت درجة حرارة القالب فإن $T_f < T_i$، وتكون ΔT سالبة.

وتكون معادلة انتقال الحرارة:

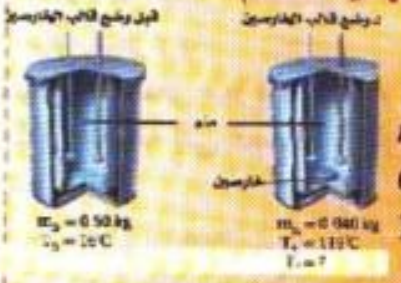
$$m_A C_A (T_f - T_A) = m_B C_B (T_f - T_B) = ٠$$

وبحل المعادلة بالنسبة لـ T_f:

$$Tf = \frac{m_A C_A T_A + m_B C_B T_B}{m_A C_A + m_B C_B}$$

مثال (٢):

يحتوي مسعر على ماء كتلته $٠.٥٠ kg$ عند درجة حرارة ١٥°C، فإذا وضع قالب من الخارصين كتلته $٠.٠٤٠ kg$ ودرجة حرارته ١١٥°C في الماء، فما درجة الحرارة النهائية للنظام؟



المعطيات:

$m_A = ٠.٠٤٠ kg$,

$C_A = ٣٨٨ J/kg.°C$

$T_A = ١١٥°C$, $m_B = ٠.٥٠ kg$

$C_B = ٤١٨٠ J/kg.°C$,

$T_B = ١٥°C$

المطلوب: $T_f = ?$

نسم عينة الخارصين A ، وعينة الماء B.

$$Tf = \frac{m_A C_A T_A + m_B C_B T_B}{m_A C_A + m_B C_B}$$

$$= \frac{(٠.٠٤٠)(٣٨٨)(١١٥) + (٠.٥٠)(٤١٨)(١٥)}{(٠.٠٤٠)(٣٨٨) + (٠.٥٠)(٤١٨٠)}$$

$$= ١٦°C$$

مسائل تدريبية

٦- خلطت عينة ماء كتلتها $٢.٠ \times ١٠^{٢} g$، ودرجة حرارتها ٨٠°C مع عينة كتلتها $٢.٠ \times ١٠^{٢} g$ ودرجة حرارتها ١٠°C، افترض عدم فقدان حرارة إلى المحيط الخارجي، ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

$$m_A C_A (T_f - T_{Ai}) = m_B C_B (T_f - T_{Bi}) = ٠$$
$$, \ m_A = m_B \ , \quad C_A = C_B$$
$$T_f = \frac{T_{Ai} + T_{Bi}}{٢} = \frac{٨٠.٠°C + ١٠.٠°C}{٢} = ٤٥.٠°C$$

٧- خلطت عينة ميثانول كتلتها $٤.٠ \times ١٠^{٢} g$، ودرجة حرارتها ١٦℃ مع عينة ماء كتلتها $٤.٠ \times ١٠^{٢} g$ ودرجة حرارتها ٨٥℃، مفترضا عدم فقدان حرارة إلى المحيط الخارجي، ما درجة الحرارة النهائية للخليط؟

$$m_A C_A (T_f - T_{Ai}) = m_w C_w (T_f - T_{wi}) = ٠$$
$$, \ m_A = m_w$$
$$T_f = \frac{C_A T_{Ai} + C_w T_{wi}}{C_A + C_w} = \frac{(٢٤٥٠)(٨٠.٠°C) + (٤١٨٠)(١٠.٠°C)}{٢٤٥٠ + ٤١٨٠} =$$
$٥٩.٥°C$

٨- وضعت ثلاثة أوزان فلزية لصيد السمك في ماء كتلته $١.٠ \times ١٠^{٢} g$ ودرجة حرارته ٣٥℃، فإذا كانت كتلة كل قطعة فلزية $١.٠ \times ١٠^{٢} g$ ودرجة حرارتها ١٠٠℃، وكانت درجة حرارة الخليط النهائية ٤٥℃، فما الحرارة النوعية للرصاص في الأوزان؟

$$Q = m C \Delta T = (٠.١)(٤١٨٠)(١٠°C) = ٤.١٨ KJ$$
الحرارة المفقودة = $-٤.١٨ kJ$
$$= m_{\text{للأوزان}} C_{\text{للأوزان}} \Delta T$$
$$C_{\text{للأوزان}} = \frac{(-٤.١٨٤ kJ)(١٠٠٠ J/KJ)}{(٠.١٠٠ kg)(-٥٥°C)} = ٢.٥٣ \times ١٠^{٢} \ J/kg.℃$$

٩- وضع قالب ألومنيوم في ماء كتلته $١.٠ \times ١٠^{٢} g$ ودرجة حرارته ١٠℃، فإذا كانت كتلة القالب $١.٠ \times ١٠^{٢} g$ ودرجة حرارته ١٠٠℃، وكانت درجة حرارة الخليط النهائية ٢٥℃، فما الحرارة النوعية للألومنيوم؟

$$Q = m C \Delta T = (٠.١)(٤١٨٠)(١٥°C) = ٦.٢٧ KJ$$
الحرارة المفقودة بواسطة قالب الألومنيوم = $-٦.٢٧ kJ$
$$= m_{\text{الومنيوم}} C_{\text{الومنيوم}} \Delta T$$
$$C_{\text{الومنيوم}} = \frac{(-٦.٢٧ kJ)}{(٠.١٠٠ kg)(-٧٥°C)} = ٨.٣٦ \times ١٠^{٢} \ J/kg.℃$$

مراجعة

١٠- حول درجات الحرارة الآتية لأنظمة القياس المشار إليها:

a. ٥℃ إلى كلفن.

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = ٥ + ٢٧٣ = ٢٧٨ \ k$$

b. ٢١٢℃ إلى كلفن.

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = ٢١٢ + ٢٧٣ = ٤٨٥\ k$$

c. ٣٤k إلى السلسيوس.

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ٣٤ - ٢٧٣ = -٢٣٩°C$$

d. ٣١٦k إلى السلسيوس.

$$T_C = T_k - ٢٧٣ = ٣١٦ - ٢٧٣ = ٤٣°C$$

١١- حول درجات الحرارة الآتية من سيلسيوس إلى كلفن:

a. ٢٨℃

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = ٢٨ + ٢٧٣ = ٣٠١\ k$$

b. ١٥٤℃

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = ١٥٤ + ٢٧٣ = ٤٢٧\ k$$

c. ٥٦٨℃

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = ٥٦٨ + ٢٧٣ = ٨٤١\ k$$

d. -٥٥℃

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = -٥٥ + ٢٧٣ = ٢١٨\ k$$

e. -١٨٤℃

$$T_k = T_C + ٢٧٣ = -١٨٤ + ٢٧٣ = ٨٩\ k$$

١٢- هل يمكن أن تكون الطاقة الحرارية في وعاء من الماء الساخن مساوية للطاقة الحرارية في وعاء من الماء البارد؟ فسر إجابتك.

الطاقة الحرارية هي مقياس الطاقة الكلية للجزيئات في الجسم، بدرجة الحرارة (ساخنة أو باردة) تقيس كمية الطاقة لكل جزيء، إذا كانت الأوعية متطابقة وتحتوي على نفس الكمية من المياه، ولهم نفس العدد من الجزيئات، لكن وعاء الماء الساخن طاقته الحرارية أكثر ومع ذلك، إذا كانت كتلة الماء البارد أكثر قليلا من الماء الساخن، يمكن الطاقتان تكون متساوية.

١٣- لماذا تبقى البطاطا المشوية ساخنة مدة أطول من أي طعام آخر في الطبق نفسه؟

الحرارة النوعية للبطاطا عالية، وهي رديئة التوصيل للحرارة، لذلك تفقد الحرارة ببطء.

١٤- يكون بلاط أرضية الحمام في الشتاء باردا عند لمسه بالقدم رغم أن باقي غرفة الحمام دافئة، فهل تكون الأرضية أبرد من سائر غرفة الحمام؟

البلاط عادة له نفس درجة حرارة الغرفة، ولكن البلاط يوصل الحرارة أكثر من أي مادة، لذلك يوصل الحرارة للقدم، مما يجعلها تبرد.

١٥- إذا تناولت ملعقة بلاستيكية من فنجان شاي حار ووضعتها في فمك، فلن تحرق لسانك، على الرغم من أنك قد تحرق لسانك بسهولة لو وضعت الشاي الحار في فمك مباشرة. فلماذا؟

الحرارة النوعية لملعقة البلاستيك أقل منها للشاي، لذلك لا تنقل حرارة كثيرا للسانك لأنها تبرد.

١٦- يستعمل كبار الطباخين في أغلب الأحيان مقالي طبخ مصنوعة من الألومنيوم السميك، فلماذا يعد الألومنيوم السميك أفضل من الرقيق للطبخ؟

الألومنيوم السميك يوصل الحرارة بشكل أفضل.

١٧- لماذا يتطلب شي حبة البطاطس كاملة مدة أطول من قليها على شكل شرائح صغيرة؟

البطاطا رديئة التوصيل للحرارة، زيادة مساحة السطح عن طريق قطع البطاطا إلى أجزاء صغيرة يزيد تدفق الحرارة في البطاطس، وتدفق الحرارة من الزيت الساخن للبطاطس أكثر كفاءة من الهواء الساخن.

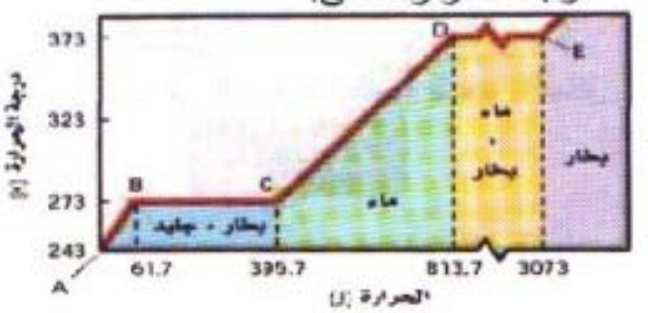
١٨- قد ينتج بعض الضباب فوق سطح الماء عندما يسخن، قبل بدء الغليان مباشرة، فما الذي يحدث؟ وأين يكون الجزء الأبرد من الماء في القدر؟

تتدفق الحرارة من الموقد (الجزء الأكثر حرارة) إلى السطح العلوي للماء (الأبرد). أولا حرارة المياه تنتقل من أسفل إلى أعلى عن طريق التوصيل، ومن ثم يبدأ الحمل الحراري بنقل الماء الساخن في تيارات إلى الأعلى.

تغيرات حالة المادة وقوانين الديناميكا الحرارية

تغير حالة المادة

إن الحالات الثلاث المعروفة للمادة هي: الصلبة والسائلة والغازية.
حيث تتغير حالة المادة الصلبة إلى سائل عند رفع درجة حرارتها.
وتصبح غازا عند درجات حرارة أعلى.



تمثيل بياني للعلاقة بين درجة الحرارة والحرارة المكتسبة عندما يتحول $1g$ من الجليد إلى بخار.

درجة الانصهار:
هي درجة الحرارة التي تتغير عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.

درجة الغليان:
هي درجة الحرارة التي تتغير عندها المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.

الحرارة الكامنة للانصهار H_f:
هي كمية الطاقة اللازمة لانصهار $1kg$ من المادة.
حيث تسبب الطاقة المضافة تغيرا في الحالة وليس تغيرا في درجة الحرارة.

الحرارة الكامنة للتبخر Hv:
كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير $1kg$ من السائل.

ولكل مادة حرارة كامنة خاصة بها والجدول التالي يبينها لبعض المواد.

الحرارة الكامنة للانصهار والتبخر لبعض المواد الشائعة		
المادة	الحرارة الكامنة للانصهار $H_f\ (J, kg)$	الحرارة الكامنة للتبخر $H_v\ (J, kg)$
النحاس	2.05×10^5	5.07×10^6
الزنبق	1.15×10^4	2.72×10^6
الذهب	6.30×10^4	1.64×10^6
الميثانول	1.09×10^5	8.78×10^6
الحديد	2.66×10^5	6.29×10^6
الفضة	1.04×10^5	2.36×10^6
الرصاص	2.04×10^4	8.64×10^6
الماء (الجليد)	3.34×10^5	2.26×10^6

الحرارة اللازمة لصهر الكتلة الصلبة:
تساوي مقدار الكتلة الصلبة من الماء مضروبة في الحرارة الكامنة للانصهار للمادة الصلبة.

$$Q = m H_f$$

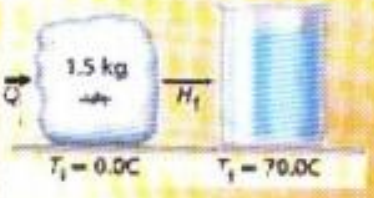
الحرارة اللازمة لتبخير السائل:
تساوي كتلة السائل مضروبة في الحرارة الكامنة لتبخير السائل.

$$Q = m H_v$$

عندما يتجمد السائل فإنه يفقد كمية من حرارته تساوي $Q=-mH_f$ لتحويله إلى مادة صلبة، وتشير الإشارة السالبة إلى أن الحرارة تنتقل من العينة إلى المحيط الخارجي. وبالطريقة نفسها، عندما يتكاثف بخار إلى سائل فإنه يفقد كمية من الحرارة مقدارها $Q=-mH_v$.

مثال (٣):

افترض أنك تخيم في الجبال، وأنك تحتاج إلى صهر $1.5kg$ من الثلج عند درجة الحرارة $0.0℃$ وتسخينه إلى درجة حرارة $70℃$ لصنع شراب ساخن، فما مقدار الحرارة التي يتطلبها ذلك؟



المعطيات:

$m=1.5kg$, $H_f=3.34\times10^5 J/kg$

$C=4180\ J/kg.℃$

$T_f=70.0℃$, $T_i=0.0℃$

المطلوب:

$Q_{الكلية}=?$, $Q_{تسخين\ الماء}=?$, $Q_{صهر\ الجليد}=?$

- **الحرارة اللازمة لصهر الجليد:**

$$Q_{صهر\ الجليد}=mH_f=(1.5)(3.34\times10^5)$$
$$=5.01\times10^5 J=5.01\times10^2 kJ$$

- **تغير درجة الحرارة:**

$$\Delta T=T_f-T_i=70-0=70℃$$

- **الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء:**

$$Q_{تسخين\ الماء}=mC\Delta T=(1.5)(4180)(70)=$$
$$=4.39\times10^5 J=4.39\times10^2 kJ$$

- **كمية الحرارة الكلية اللازمة:**

$$Q_{الكلية}=Q_{صهر\ الجليد}+Q_{تسخين\ الماء}$$
$$=5.01\times10^2 kJ+4.39\times10^2 kJ$$
$$=9.40\times10^2 kJ$$

مسائل تدريبية

١٩- ما مقدار الحرارة اللازمة لتحويل كتلة من الجليد مقدارها $1\times10^{2}\ g$ ودرجة حرارتها ٢٠.٠°C- إلى ماء درجة حرارته ٠.٠°C.

$$Q = mC\Delta T + mH_f$$
$$= (0.100)(2060)(20°C) + (0.100)(3.34\times10^{5}) = 3.75 \times 10^{4}\ J$$

٢٠- إذا سخنت عينة ماء كتلتها $2\times10^{2}\ g$ ودرجة حرارتها ٦٠°C فأصبحت بخارا درجة حرارته ١٤٠.٠°C ، فما مقدار الحرارة الممتصة؟

$$Q = mC_{\text{ماء}}\Delta T + mH_v + mC_{\text{بخار}}\Delta T$$
$$= (0.200)(4180)(100.0°C - 60.0°C) + (0.200)(2.26\times10^{6}) + (0.200)(2020)(140.0°C - 100.0°C)$$
$$= 502\ kJ$$

٢١- ما مقدار الحرارة اللازمة لتحويل $3\times10^{2}\ g$ من جليد درجة حرارته -٣٠°C إلى بخار ماء درجة حرارته ١٣٠.٠°C.

$$Q = mC_{\text{جليد}}\Delta T + mH_f + mC_{\text{ماء}}\Delta T + mH_v + mC_{\text{بخار}}\Delta T$$
$$= (0.300)(2060)(30.0°C) + (0.300)(3.34\times10^{5}) + (0.300)(4180)(100.0°C) + (0.300)(2.26\times10^{6}) + (0.300)(2020)(30.0°C)$$
$$= 9.40 \times10^{2}\ kJ$$

القانون الأول للديناميكا الحرارية

تتضمن الديناميكا الحرارية دراسة التغيرات في الخصائص الحرارية للمادة، ويعد القانون الأول للديناميكا الحرارة صياغة أخرى لقانون حفظ الطاقة، والذي ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، وإنما تتغير من شكل إلى آخر.

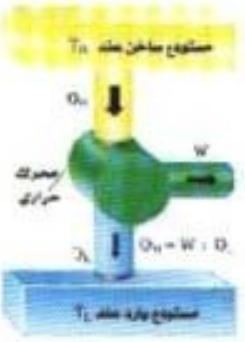
القانون الأول للديناميكا الحرارية:

التغير في الطاقة الحرارية لجسم ما يساوي مقدار الحرارة المضافة إلى الجسم مطروحا منه الشغل الذي يبذله الجسم.

$$\Delta U = Q - W$$

المحركات الحرارية:

هو أداة ذات قدرة على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية بصورة مستمرة.



محرك حراري يحول الحرارة عند درجة الحرارة المرتفعة إلى طاقة ميكانيكية وإلى حرارة ضائعة عند درجة حرارة منخفضة.

الكفاءة:

هي كمية الحرارة الداخلة Q_H التي تتحول إلى شغل نافع W، ويعبر عن الكفاءة الفعلية للمحرك بالنسبة W/Q_H. ومن الممكن أن تساوي الكفاءة مئة في المئة إذا تحولت الحرارة الداخلة كلها إلى شغل بفعل المحرك، ولكن بسبب وجود حرارة مفقودة دائما لا تصل كفاءة أغلب المحركات حتى إن كانت ذات كفاءة عالية إلى مئة في المئة.

المبردات (الثلاجات):

تعد المبردة مثالا على الآلة التي تعمل على انتزاع الطاقة الحرارية من الجسم الأبرد وإضافتها إلى الجسم الأسخن ببذل شغل ميكانيكي.

المضخات الحرارية:

إن المضخة الحرارية عبارة عن مبرد يعمل في اتجاهين، فتنزع المضخة في الصيف الحرارة من المنزل، ولذا يبرد المنزل، أما في الشتاء فتنزع الحرارة من الهواء البارد في الخارج وتنقلها إلى داخل المنزل لتدفئته، وكلتا الحالتين، يتطلب ذلك طاقة ميكانيكية لنقل الحرارة من الجسم الأبرد إلى الجسم الأدفأ.

مسائل تدريبية

٢٢- يمتص بالون غاز ٧٥J من الحرارة، فإذا تمدد هذا البالون وبقي عند درجة الحرارة نفسها، فما مقدار الشغل الذي بذله البالون في أثناء تمدده؟

$$\Delta U = Q - W$$

وبما أن درجة حرارة البالون لا تتغير إذن $\Delta U = 0$

وبذلك $W = Q$

وهكذا يكون مقدار الشغل المبذول ٧٥J

٢٣- يثقب مثقب كهربائي فجوة صغيرة في قالب من الألومنيوم كتلته $٠.٤٠kg$ فيسخن الألومنيوم بمقدار $٥.٠℃$، ما مقدار الشغل الذي يبذله المثقب؟

$$\Delta U = Q - W_{\text{القالب}} \quad \text{حيث} \quad W_{\text{المثقب}} - W_{\text{القالب}}$$
$$= ٠ + W_{\text{المثقب}} = mC\Delta T$$
$$= (٠.٤٠\ kg)(٨٩٧\ J/kg.℃)(٥.٠℃) = ١.٨\times١٠^{٣}\ J$$

٢٤- كم مرة يتعين عليك إسقاط كيس من الرصاص كتلته $٠.٥٠kg$ من ارتفاع $١.٥m$، لتسخين الرصاص بمقدار $١.٠℃$؟

$$\Delta U = mC\Delta T$$
$$= (٠.٥٠\ kg)(١٣٠\ J/kg.℃)(١.٠℃) = ٦٥\ J$$
$$PE = mgh$$
$$= (٠.٥٠\ kg)(٩.٨٠\ m/s^{٢})(١.٥\ m) = ٧.٤\ J$$
$$\text{عدد المرات} = \frac{٦٥J}{٧.٤J} = ٩ \text{ مرات}$$

٢٥- عندما تحرك كوبا من الشاي، تبذل شغلا مقداره $٠.٠٥J$ في كل مرة تحرك فيها الملعقة بصورة دائرية، كم مرة يجب أن تحرك الملعقة لترفع درجة حرارة كوب الشاي الذي كتلته $٠.١٥kg$ بمقدار $٢.٠℃$؟ (بإهمال زجاج الكوب)

$$\Delta U = mC\Delta T$$
$$= (٠.١٥\ kg)(٤١٨٠\ J/kg.℃)(٢.٠℃)$$
$$= ١.٣\times١٠^{٣}\ J$$
$$\frac{١.٣\times١٠^{٣}J}{٠.٠٠٠٥٠J} = ٢.٦\times١٠^{٤} \text{ مرة}$$

القانون الثاني للديناميكا الحرارية

لقد درس العالم الفرنسي سادي كارنوت قدرة المحركات على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية في القرن التاسع عشر، حيث قدم إثباتا منطقي على أن المحركات كلها – حتى المثالية منها- ستولد بعض الحرارة الضائعة المفقودة. وتوصف نتيجة كارنوت على محو أفضل بدلالة كمية تسمى الانتروبي.

الانتروبي:
هو قياس لعشوائية النظام وعدم ترتيبه.

عند إضافة حرارة للجسم فإن الانتروبي يزداد، وإذا انتزعت حرارة من الجسم فإن الإنتروبي ينقص. أما إذا بذل الجسم شغلا دون أن تتغير درجة الحرارة فإن الانتروبي لا يتغير ما دام الاحتكاك مهملا.

التغير في الانتروبي:

التغير في الانتروبي لجسم ما يساوي مقدار الحرارة المضافة إلى الجسم مقسومة على درجة حرارة الجسم بالكلفن.

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

وحدة الانتروبي هي J/k .

ينص القانون الثاني للديناميكا الحرارية على أن العمليات الطبيعية تجري في اتجاه المحافظة على الانتروبي الكلي للكون أو زيادته، أي أن الأشياء كلها ستصبح أكثر عشوائية وأقل انتظاما ما لم يتخذ إجراء معين يحافظ على انتظامها وترتيبها، ويمكن التفكير في زيادة الانتروبي وفي القانون الثاني للديناميكا الحرارية على أنهما عبارات تصف احتمال وقوع الأحداث.

مراجعة

٢٧- يرسل النظام القديم للتدفئة بخارا داخل الأنابيب في كل غرفة من المنزل، ويتكاثف هذا البخار في داخل المشعاع ليصبح ماء، حلل هذه العملية ، واشرح كيف تعمل على تدفئة الغرفة؟

تكاثف بخار الماء يصدر حرارة التبخر في داخل الغرفة، ثم يعود إلى داخل المشعاع للحصول على حرارة التبخر مرة أخرى.

٢٨- ما مقدار الحرارة اللازمة لتحويل ٥٠g من الماء عند درجة حرارة ٨٠℃ إلى بخار عند درجة حرارة ١١٠℃؟

$$Q = mC_{\text{ماء}}\,\Delta T + mH_v + mC_{\text{بخار}}\,\Delta T$$

$$= (0.500\ kg)(4180\ J/kg.^\circ C)(100.0^\circ C - 80.0^\circ C) + (0.500\ kg)(2.26\times10^6\ J/kg) + (0.500\ kg)(2020\ J/kg.^\circ C)(110.0^\circ C - 100.0^\circ C)$$

$$= 1.18\times10^6\ J$$

٢٩- الحل:

$$Q = mC_{\text{ماء}}\,\Delta T + mH_v$$
$$= (١.٠\ kg)(١٤٠\ J/kg.°C)(٣٥٧.٠°C - ١٠.٠°C) + (١.٠\ kg)(٣.٠٦\times١٠^{٥}\ J/kg)$$
$$= ٣.٥\times١٠^{٥}\ J$$

٣٠- قاس جيمس جول الفرق في درجة حرارة الماء عند قمة شلال ماء وعند قاعه بحذر، فلماذا توقع وجود فرق؟

الماء في الأعلى له طاقة وضع الجاذبية التي تتحول لطاقة حرارية عندما يصل الماء إلى القاع ولذلك ينبغي أن يكون الماء أكثر سخونة في القاع ولكن ليس كثيرا.

٣١- يستخدم رجل مطرقة تزن $٣٢٠\ kg$ تتحرك بسرعة $٥\ m/s$ لتحطيم قالب رصاص كتلته $٣\ kg$ موضوع على صخرة كتلتها $٤٥٠\ kg$، وعندما قاس درجة الحرارة وجد أنها زادت $٥.٠°C$، فسر ذلك.

$$\Delta U = mC\Delta T$$
$$= (٣.٠\ kg)(١٣٠\ J/kg.K)(٥.٠°C) = ٢.٠\ kJ$$

٣٢- تتدفق مياه شلا يرتفع $١٢٥m$ كما في الشكل، احسب الفرق في درجة حرارة الماء بين قمة الشلال وقاعه إذا تحولت كل طاقة وضع الماء إلى طاقة حرارية.

$$PE_{gravity} = Q \quad \rightarrow \quad mgh = mC\Delta T$$
$$\Delta T = \frac{gh}{C} = \frac{(٩.٨)(١٢٥)}{٤١٨٠} = ٠.٢٩٣°C$$

٣٣- لماذا ينتج عن تدفئة المنزل بوساطة الغاز الطبيعي زيادة في كمية الفوضى أو العشوائية؟

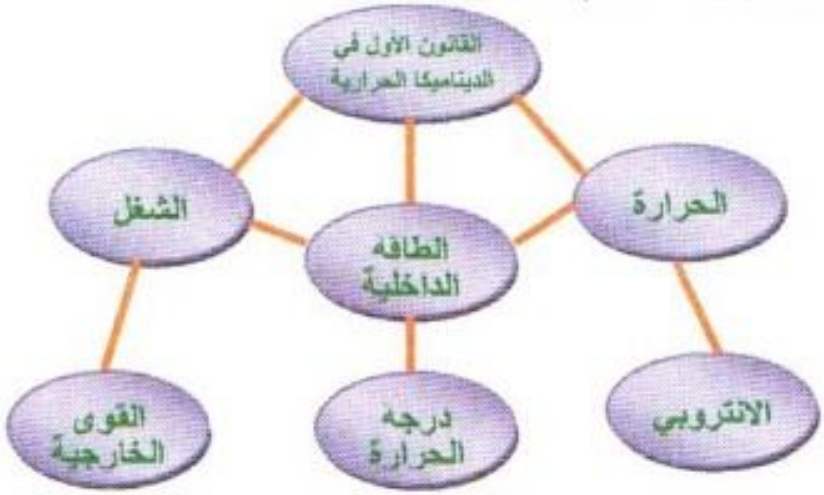
عند استخدام الغاز الطبيعي في التدفئة لا يستهلك الطاقة التي في الغاز، وإنما تحول الطاقة الكيميائية الكامنة في جزيئات الغاز إلى طاقة حرارية في اللهب، ثم تنتقل إلى الهواء داخل المنزل، والطاقة لا تفنى حتى لو تسرب الهواء الدافئ إلى الخارج، فالطاقة لم تستهلك، أما الانتروبي فقد زاد.

٣٤- الحل:

من غير المحتمل عودة البطاقات إلى النظام الأصلي وهذا مثال على القانون الثاني للديناميكا الحرارية، حيث زيادة الفوضى.

تقويم الفصل الخامس

٣٥- أكمل خريطة المفاهيم بالمصطلحات:



٣٦- وضح الاختلافات بين الطاقة الميكانيكية لكرة ما، وطاقتها الحرارية، ودرجة حرارتها.

الطاقة الميكانيكية هي مجموع طاقة الوضع والحركة للكرة باعتبارها كتلة واحدة، الطاقة الحرارية هي مجموع طاقة الوضع والحركة للجزيئات الفردية التي تشكل كتلة الكرة، درجة الحرارة هي مقياس للطاقة الداخلية للكرة.

٣٧- هل يمكن وجود درجة حرارة للفراغ؟ وضح ذلك.

لا، لعدم وجود جزيئات لها طاقة في الفراغ.

٣٨- هل جميع الجزيئات أو الذرات في السائل لها السرعة نفسها؟

لا، هناك تفاوت في تسارع الجزيئات أو الذرات.

٣٩- هل يعد الجسم مقياسا جيدا لدرجة الحرارة؟ تشعر في يوم شتاء بارد، أن مقبض الباب المعدني أبرد من المقبض الخشبي. فسر ذلك.

الجلد يقيس تدفق الحرارة إلى أو من الجسم .مقابض الأبواب المعدنية تمتص الحرارة من الجلد أسرع من المقبض الخشبي، لذلك تشعر به أكثر برودة.

٤٠- عند تدفق الحرارة من جسم ساخن ملامس لجسم بارد، هل يحدث للجسمين التغير نفسه في درجات الحرارة؟

ليس بالضرورة أن تكون نفس التغير للجسمين لأن التغير في درجات الحرارة يعتمد على الكتلة والحرارة النوعية للجسم.

٤١- هل تستطيع إضافة طاقة حرارية إلى جسم دون زيادة درجة حرارته؟

عند إذابة مادة صلبة أو غليان السائل، نضيف طاقة حرارية دون زيادة درجة الحرارة.

٤٢- عندما يتجمد الشمع، هل يمتص طاقة أم يبعث طاقة؟
عندما يتجمد الشمع فإنه يبعث طاقة.

٤٣- فسر لماذا يبقى الماء في القربة المحاطة بقماش رطب باردا أكثر من حالة عدم وجود القماش؟
عندما يتبخر الماء الذي في القماش في الهواء الجاف، يمتص طاقة حرارية من الماء في القربة، وبذلك يبرد الماء، يعمل هذا فقط إذا كان الهواء جافا، وإذا كان الهواء رطبا الماء لن يتبخر.

٤٤- أي العمليات تحدث في ملفات مكيف الهواء الموجودة داخل المنزل: التبخر أم التكاثف؟ وضح ذلك.
في داخل المنزل مكيف الهواء يعمل على تبخير سائل التبريد حتى يمتص الطاقة الحرارية من الغرفة.

٤٥- تطهو امرأة اللحم في قدر ماء يغلي. فهل ينضج اللحم أسرع عند غلي الماء بشدة أو غليه بهدوء (على نار هادئة)؟
لا يوجد فرق في كلتا الحالتين، لأن درجة غليان الماء واحدة.

٤٦- أي السائلين يبرده مكعب من الثلج أسرع: الماء أم الميثانول؟ وضح ذلك.
الميثانول، لأن حرارته النوعية أقل.

٤٧- سخنت كتل متساوية من قطع الألومنيوم والرصاص بحيث أصبحتا عند درجة الحرارة نفسها، ثم وضعت القطعتان على لوحين متماثلين من الجليد، أيهما يصهر جليدا أكثر؟ وضح ذلك.
الحرارة النوعية للألومنيوم أكبر من الرصاص بكثير، لذلك فهو يصهر جليد أكثر.

٤٨- لماذا يشعر الشخص ببرودة السوائل السريعة التبخر على الجلد، ومنها الأسيتون والميثانول؟
لأنها تتبخر بسرعة، وتمتص حرارة التبخر من الجلد.

٤٩- أسقط قالبان من الرصاص لهما درجة الحرارة نفسها في كأسين متماثلين من الماء متساويتين في درجة الحرارة، فإذا كانت كتلة القالب A ضعف كتلة القالب B، فهل يكون لكأسي الماء درجات الحرارة نفسها بعد الوصول إلى حالة الاتزان الحراري؟ وضح ذلك.
كأس القالب A يكون أكثر سخونة، لأن القالب A يحتوي طاقة حرارية أكثر.

٥٠- الحل:

$$Q = mC\Delta T$$
$$= (٠.٠٥٠٠\ kg)(٤١٨٠\ J/kg.°C)\ (٨٣.٠°C - ٤.٥°C) = ١.٦٤ \times ١٠^{٤}\ J$$

٥١- الحل:

$$Q = mC\Delta T$$

$$C = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{٥٠١٦J}{(٥.٠ \times ١٠^{-١}kg)(٣٠°C - ٢٠°C)} = ١.٠ \times ١٠^{٣}\ J/kg.k$$

٥٢- الحل:

$$\Delta QT + \Delta QW = ٠ \rightarrow m_T C_T \Delta T_T = -m_W C_W \Delta T_W$$

$$C_T = \frac{-m_W C_W \Delta T_W}{m_T \Delta T_T} = \frac{-(٠.٢٠٠kg)(٤١٨٠J/kg.K)(٢١.٦°C - ٢٠°C)}{(٠.١٠٠kg) + (٢١.٦°C - ١٠٠°C)}$$

$$= ١٧١\ J/kg.K$$

٥٣- الحل:

$$T_f = \frac{m_A C_A \Delta T_A + m_B C_B \Delta T_B}{m_A C_A + m_B C_B} \quad , \quad C_A = C_B$$

$$T_f = \frac{m_A T_A + m_B T_B}{m_A + m_B} = \frac{(٦.٠ \times ١٠^{٢}g)(٩٠°C) + (٤.٠ \times ١٠^{٢}g)(٢٢°C)}{(٦.٠ \times ١٠^{٢}g) + (٤.٠ \times ١٠^{٢}g)} = ٦٣°C$$

٥٤- الحل:

$$T_f = \frac{m_A C_A \Delta T_A + m_B C_B \Delta T_B}{m_A C_A + m_B C_B}$$

$$T_f = \frac{(١٠kg)(٣٨٨J/kg.K)(٧١°C) + (٢٠kg)(٤١٨٠Jkg.K)(١٠°C)}{(١٠kg)(٣٨٨J/kg.K) + (٢٠kg)(٤١٨٠J/kg.K)} = ١٢.٧°C$$

٥٥- الحل:

$$Q = mC\Delta T = \rho VC\Delta T$$

$$V = \frac{Q}{\rho C\ \Delta T} = \frac{٢.٩ \times ١٠^{٥}J}{(١.٠kg)(٤١٨٠J/kg.K)(١٠٠°C - ٢٠°C)} = ٠.٨٧\ L$$

٥٦- الحل:

$$Q = m_G C_G \Delta T_G + m_W C_W \Delta T_W \quad , \quad \Delta T_G = \Delta T_W$$

$$\rightarrow Q = (m_G C_G + m_W C_W)\Delta T$$

$$= ((٠.٣٠٠\ kg)(٨٤٠\ J/kg.°C) + (٠.٢٥٠\ kg)(٤١٨٠\ J/kg.°C))$$

$$(١٠٠.٠°C - ١٥°C)$$

$$= ١.١ \times ١٠^{٥}\ J$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{Q}{t} \rightarrow t = \frac{Q}{P} = \frac{١.١ \times ١٠^{٥}J}{٣.٠ \times ١٠^{٢}J/s} = ٣٧٠\ s - ٦.١\ min$$

٥٧- الحل:

$$Q = m_W C_W \Delta T + m_i C_i \Delta T$$

$$m_W = \frac{Q - m_i C_i \Delta T}{C_W \Delta T}$$

$$= \frac{(٤.٤ \times ١٠^{٦}J) - (٢.٥ \times ١٠^{٢}kg)(٤٥٠J/kg.K)(٣٥°C - ١٠°C)}{(٤١٨٠\ J/kg.°C) + (٣٥°C - ١٠.٠°C)} = ١٥\ kg$$

٥٨- الحل:

$$Q = mH_f = (٢٠.٠\ kg)(٣.٣٤\times١٠^{٥}\ J/kg) = ٦.٦٨\times١٠^{٦}\ J$$

٥٩- الحل:

$$Q = mH_v \quad \rightarrow \quad H_v = \frac{Q}{m} = \frac{٩٨٧٠\ J}{٠.٠٤٠٠\ kg} = ٢.٤٧\times١٠^{٥}\ J/kg$$

٦٠- الحل:

$$\Delta KE_C + Q_B = ٠.٠ \quad , \Delta KE_C + m_B C_B \Delta T = ٠.٠$$

$$\Delta T = \frac{-\Delta KE_C}{m_B C_B} = \frac{-\frac{١}{٢}m_C(v_f^{٢}-v_i^{٢})}{m_B C_B} = \frac{\frac{١}{٢}(٧٥٠kg)((٠.٠)^{٢}-(٢٣)^{٢})}{(١٥kg)(٤٥٠J/kg.^{\circ}C)} = ٢٩\ ^{\circ}C$$

٦١- الحل:

كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجليد: $٠.٠^{\circ}C$:

$$Q = mC\Delta T$$
$$= (٠.٠١٠٠\ kg)(٢٠٦٠\ J/kg.^{\circ}C)(٠.٠^{\circ}C - (-٢٠.٠^{\circ}C)) = ٤١٢\ J$$

كمية الحرارة التي تذيب الجليد:

$$Q = mH_f$$
$$= (٠.٠١٠٠\ kg)(٣.٣٤\times١٠^{٥}\ J/kg) = ٣.٣٤\times١٠^{٣}\ J$$

كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء: $١٠٠.٠^{\circ}C$

$$Q = mC\Delta T$$
$$= (٠.٠١٠٠\ kg)(٤١٨٠\ J/kg.^{\circ}C)(١٠٠.٠^{\circ}C - ٠.٠^{\circ}C) = ٤.١٨\times١٠^{٣}\ J$$

كمية الحرارة لغلي الماء:

$$Q = mH_v$$
$$= (٠.٠١٠٠\ kg)(٢.٢٦\times١٠^{٦}\ J/kg) = ٢.٢٦\times١٠^{٤}\ J$$

كمية الحرارة لتسخين البخار: $١٢٠.٠^{\circ}C$

$$Q = mC\Delta T$$
$$= (٠.٠١٠٠\ kg)(٢٠٦٠\ J/kg.^{\circ}C)(١٢٠.٠^{\circ}C - ١٠٠.٠^{\circ}C) = ٤٠٤\ J$$

الحرارة الكلية:

$$٤١٢\ J + ٣.٣٤\times١٠^{٣}\ J + ٤.١٨\times١٠^{٣}\ J + ٢.٢٦\times١٠^{٤}\ J + ٤٠٤\ J$$
$$= ٣.٠٩\times١٠^{٤}\ J$$

٦٢- الحل:

$$\Delta KE + Q = ٠ \quad \rightarrow \quad , \Delta KE = -m_B C_B \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{-\Delta KE}{m_B C_B} = \frac{-\frac{١}{٢}m_B(v_f^{٢}-v_i^{٢})}{m_B C_B} = \frac{-\frac{١}{٢}(v_f^{٢}-v_i^{٢})}{C_B}$$
$$= \frac{-\frac{١}{٢}((٠.٠)^{٢}-(٢٧٥)^{٢})}{(١٣٠\ J/kg.^{\circ}C)} = ٢٩٠\ ^{\circ}C$$

٦٣- الحل:

$$(٣.٧٥)(١.٧\ kJ) = ٦.٤ \times ١٠^{٣}\ J$$

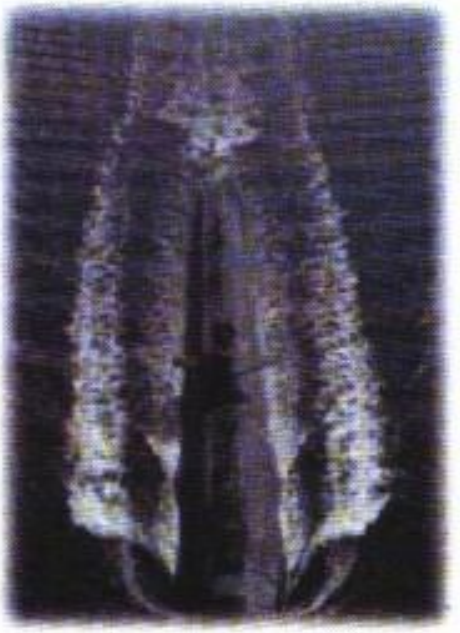
$$E + \Delta PE = ٠ \text{ or } ٦.٤ \times ١٠^{٣}\ J = -mg\Delta h \text{ so,}$$

$$\Delta h = \frac{٦.٤ \times ١٠^{٣}\ J}{-mg} = \frac{٦.٤ \times ١٠^{٣}\ J}{-(٦٥kg)(-٩.٨)} = ١.٠ \times ١٠^{١}\ m$$

الفصل السادس

حالات المادة

- خصائص الموائع
- القوى داخل السائل
- الموائع الساكنة والمتحركة
- المواد الصلبة



تصنف الأجسام في الطبيعة إلى ثلاثة أنواع: صلبة وسائلة وغازية بحسب القوى التي تربط بين ذراتها وجزيئاتها.

١- **الحالة الصلبة: حجمها ثابت وشكلها ثابت (قوى التماسك بين جزيئاتها كبيرة).**
٢- **الحالة السائلة: حجمها ثابت وشكلها متغير (قوى التماسك بين جزيئاتها ضعيفة).**
٣- **الحالة الغازية: حجمها متغير وشكلها متغير (قوى التماسك بين جزيئاتها ضعيفة جداً).**

بسبب ضعف قوى التماسك بين جزيئات السوائل والغازات فإن هذه المواد سهلة الاستجابة لتأثير القوى الخارجية التي تحاول تغيير شكلها، مما يجعلها تتصف بخاصية الجريان كما في السوائل أو الانتشار كما في الغازات، لذلك سميت السوائل والغازات بالموائع.

المائع:
هو كل مادة تتصف بخاصية الجريان أو الانتشار.

الضغط
هو معدل القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحة.

$$P = \frac{F}{A}$$

ووحدة قياس الضغط هي $1\,N/m^2$ وهي تعادل باسكال(Pa).

من العلاقة السابقة تبين أن الضغط يتناسب طرديا مع القوة، وعكسيا مع المساحة التي يقع عليها الضغط.

الضغط الجوي

في كل سنتمتر من سطح الأرض يؤثر غاز الغلاف الجوي بقوة مقدارها $١٠N$ تقريبا عند سطح البحر، وتعادل هذه القوى وزن جسم كتلته $١kg$.
إن الضغط الجوي يساوي $١٠N$ لكل $cm^٢$ $(١٠^{-٤}m^٢)$، والذي يساوي $١.٠\times١٠^٥N/m^٢$ أو $١٠٠kPa$ تقريبا.

ملاحظة/ يتباين الضغط الجوي الناتج عن الأغلفة الغازية لكواكب المجموعة الشمسية، فمثلا الضغط الجوي على سطح كوكب الزهرة أكبر من الضغط الجوي على سطح الأرض ٩٢ مرة، بينما على سطح المريخ أقل مما على سطح الأرض بـ ١%.

مثال (١):
يجلس طفل وزنه $٣٦٤N$ على كرسي ثلاثي الأرجل يزن $٤١N$، بحيث تلامس قواعد الأرجل سطح الأرض على مساحة مقدارها $١٩.٣cm^٢$؟

a. **ما معدل الضغط الذي يؤثر به الطفل والكرسي في سطح الأرض؟**

b. **كيف يتغير الضغط عندما يميل الطفل وتلامس رجلان فقط من أرجل الكرسي الأرض.**

المعطيات:

$F_{g\text{الطفل}}=٣٦٤N$, $F_{g\text{الكرسي}}=٤١N$

, $A_A=١٩.٣cm^٢$

$A_B=\frac{٢}{٣}\times١٩.٣cm^٢=١٢.٩\ cm^٢$

المطلوب: $P_A=?$, $P_B=?$

$F_{g\text{الكلي}}=F_{g\text{الطفل}}+F_{g\text{الكرسي}}=٣٦٤+٤١=٤٠٥N$

$$P_A=\left(\frac{٤٠٥}{١٩.٣}\right)\frac{(١٠٠)^٢}{(١)^٢}=٢.١\times١٠^٢\ kPa$$

$$P_B=\left(\frac{٤٠٥}{١٢.٩}\right)\frac{(١٠٠)^٢}{(١)^٢}=٣.١٤\times١٠^٢\ kPa$$

مسائل تدريبية

١- إذا كان الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر يساوي $١.٠ \times ١٠^{٥}\ Pa$ تقريبا، فما مقدار القوة التي يؤثر بها الهواء عند مستوى سطح البحر في سطح مكتب طوله $١٥٢cm$ وعرضه $٧٦cm$.

$$F = P\,A = Pl\,W$$
$$= (١.٠ \times ١٠^{٥})(١.٥٢)(٠.٧٦) = ١.٢ \times ١٠^{٥}\ N$$

٢- يلامس إطار سيارة سطح الأرض بمساحة مستطيلة عرضها $١٢cm$ وطولها $١٨cm$، فإذا كانت كتلة السيارة $٩٢٥kg$، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به السيارة في سطح الأرض إذا استقرت ساكنة على إطاراتها الأربعة.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F_{g,\text{السيارة}}}{A} = \frac{m_{\text{السيارة}}\,g}{٤lw}$$
$$= \frac{(٩٢٥)(٩.٨)}{(٤)(٠.١٢)(٠.١٨)} = ١.٠ \times ١٠^{٢}\ kPa$$

٣- كتلة من الرصاص أبعادها $٢٠cm \times ١٠cm \times ٥cm$ تستقر على الأرض على أصغر وجه، فإذا علمت أن كثافة الرصاص $١١.٨g/cm^{٣}$، فما مقدار الضغط الذي تؤثر به كتلة الرصاص في سطح الأرض.

$$m_{\text{الرصاص}} = \rho\,V = \rho\,l\,w\,h$$
$$= (١١.٨)(٥)(١٠)(٢٠) = ١١.٨\ kg$$
$$P = \frac{F}{A} = \frac{F_{g,\text{الكتلة}}}{A} = \frac{m_{\text{الكتلة}}\,g}{lw} = \frac{\rho V g}{lw} = \frac{\rho l w h g}{lw} = \rho h g$$
$$= (١١.٨)(٢٠)(٩.٨)\left(\frac{١kg}{١٠٠٠g}\right)\left(\frac{(١٠٠cm)^{٢}}{(١m)^{٢}}\right)$$
$$= ٢٣\ kPa$$

٤- يمكن أن يصبح الضغط في أثناء الإعصار أقل ١٥% من الضغط الجوي المعياري، افترض أن الإعصار حدث خارج باب طوله $١٩٥cm$ وعرضه $٩١cm$، فما مقدار القوة المحصلة التي تؤثر في الباب نتيجة هبوط مقداره ١٥% من الضغط الجوي المعياري؟ وفي أي اتجاه تؤثر القوة؟

$$P_{\text{المتغير}} = (١٥\%)(P_{\text{جوي}})$$
$$= (٠.١٥)(١ \times ١٠^{٥}) = ١.٥ \times ١٠^{٤}Pa$$
$$F = P_{\text{المتغير}}\,A = P_{\text{المتغير}}\,hw$$
$$= (١.٥ \times ١٠^{٤}Pa)(١.٩٥)(٠.٩١) = ٢.٧ \times ١٠^{٤}\ N$$

اتجاهه من داخل المنزل إلى الخارج.

٥- يلجأ المهندسون في المباني الصناعية إلى وضع المعدات والآلات الثقيلة على ألواح فولاذية عريضة، بحيث يتوزع وزن هذه الآلات على مساحات أكبر، فإذا خطط مهندس لتركيب جهاز كتلته $٤٥٤kg$ على أرضية صممت لتتحمل ضغطا إضافيا مقداره $٥ \times ١٠^{٤}\ Pa$، فما مساحة صفيحة الفولاذ الداعمة؟

$$P = \frac{F_g}{A} = \frac{m\,g}{A}$$

$$A = \frac{m\,g}{P} = \frac{(٤٥٤)(٩.٨)}{٥\times١٠^{٤}} = ٨.٩ \times ١٠^{-٢}\ m^{٢}$$

قوانين الغازات

هناك عدة علاقات تربط ما بين الغازات والضغط تسمى بقوانين الغازات.

قانون بويل:

ينص قانون بويل على أن حجم عينة محددة من الغاز يتناسب عكسيا مع الضغط المؤثر عليه عند ثبوت درجة الحرارة.

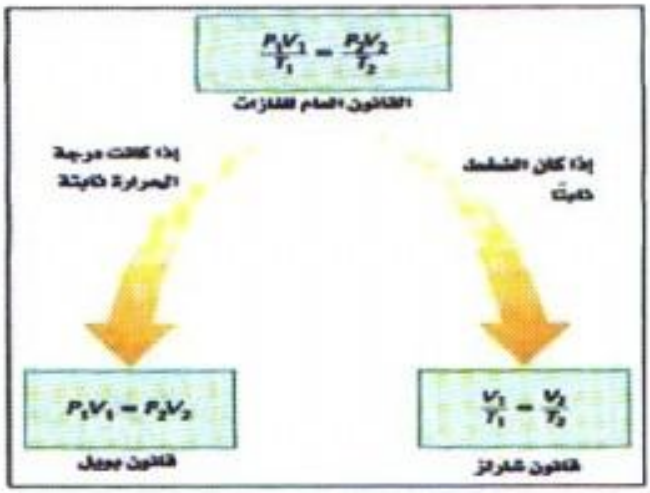
$$PV = \text{ثابت} \quad \text{أو} \quad P_١V_١ = P_٢V_٢$$

قانون شارلز:

عند ثبوت الضغط فإن حجم عينة الغاز تتغير طرديا مع درجة حرارتها.

$$\frac{V}{T} = \text{ثابت} \quad \text{أو} \quad \frac{V_١}{T_١} = \frac{V_٢}{T_٢}$$

وبدمج كل من قانون بويل وقانون شارلز بين الضغط، والحرارة، والحجم لمكية معينة من الغاز المثالي والتي تقود إلى معادلة تسمى القانون العام للغازات.



القانون العام للغازات:
لكمية معينة من الغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه مقسوما على درجة حرارته بوحدة الكلفن يساوي قيمة ثابتة.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \text{ثابت}$$

الغاز المثالي:
الغاز المثالي هو غاز افتراضي لتسهيل التعامل مع الكثير من المتغيرات في المواضيع التي تتناولها الديناميكا الحرارية. **والفرضيات أو الشروط الثلاثة هي التي تجعل الغاز الحقيقي إذا وجد في هذه الظروف يتصرف كغاز مثالي.**

للغاز المثالي شروط وهي على النحو التالي :
١- حجم جزيئات الغاز مهملة بالنسبة للوعاء الذي يحتويه أي تحت ضغط منخفض .
٢- التصادمات بين جزيئات الغاز تصادمات مرنة .
٣- حركة جزيئات الغاز حركة عشوائية دون مؤثرات خارجية .

طبعا هذه الفرضيات تتحقق في ظروف محددة وذلك للاقتراب قدر الإمكان لوضع قانون يحكم متغيرات الغاز (الضغط والحجم ودرجة الحرارة).

قانون الغاز المثالي:

للغاز المثالي، يكون حاصل ضرب ضغط الغاز في حجمه يساوي عدد المولات مضروبا في الثابت R ودرجة حرارته بوحدة الكلفن.

$$PV = nRT$$

حيث R هو ثابت بولتزمان وقيمته تساوي $8.31 Pa.m^3/mol.K$
، n المول الواحد من الجزيئات يسمى عدد أفوجادرو نسبة للعالم الإيطالي أميدو أفوجادرو وهو يساوي 6.022×10^{23}.

يتوقع قانون الغاز المثالي عمليا سلوك الغازات بصورة جيدة، ما عدا الحالات التي تكون تحت ظروف الضغط العالي أو درجات الحرارة المنخفضة.

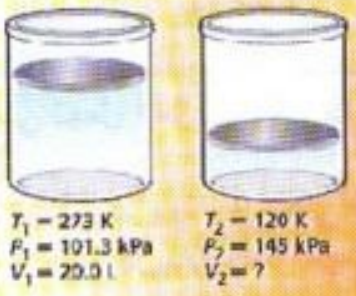
مثال (٢):

عينة من غاز الأرجون حجمها $٢٠L$ ودرجة حرارتها $٢٧٣K$ عند ضغط جوي مقداره $١٠١.٣KPa$، فإذا انخفضت درجة الحرارة حتى $١٢٠K$، وازداد الضغط حتى $١٤٥kPa$.

a. فما الحجم الجديد لعينة الأرجون؟

b. جد عدد مولات ذرات الأرجون في العينة؟

c. جد كتلة عينة الأرجون، إذا علمت أن الكتلة المولية M لغاز الأرجون $٣٩.٩mol/g$.



المعطيات:

$V_١ = ٢٠L$, $P_١ = ١٠١.٣kPa$

, $T_١ = ٢٧٣K$, $T_٢ = ١٢٠K$

$P_٢ = ١٤٥kPa$, $R = ٨.٣١ Pa.m^٣/mol.k$

, $M_{\text{الأرجون}} = ٣٩.٩g/mol$

المطلوب:

a. استخدم القانون العام للغازات وحل المعادلة بالنسبة للحجم $V_٢$.

$$\frac{P_١V_١}{T_١} = \frac{P_٢V_٢}{T_٢}$$

$$V_٢ = \frac{P_١V_١T_٢}{P_٢T_١} = \frac{(١٠١.٣)(٢٠)(١٢٠)}{(١٤٥)(٢٧٣)}$$

b. استخدم قانون الغاز المثالي وحل المعادلة لحساب n.

$$PV = nRT \quad \Rightarrow \quad n = \frac{PV}{RT}$$

$$n = \frac{(١٠١.٣ \times ١٠^٣)(٠.٠٢٠٠)}{(٨.٣١)(٢٧٣)}$$

$$= ٠.٨٩٣ \, mol$$

c. استخدم الكتلة المولية للتحويل من المولات لغاز الأرجون في العينة لكتلة العينة.

$$m = Mn$$

$$m_{\text{عينة الأرجون}} = (٣٩.٩)(٠.٨٩٣)$$

$$= ٣٥.٦g$$

مسائل تدريبية

٦- يستخدم خزان من غاز الهيليوم ضغطه $١٥.٥ \times ١٠^{٦} Pa$، ودرجة حرارته $٢٩٣K$، لنفخ بالون على صورة دمية، فإذا كان حجم الخزان $٠.٠٢٠ m^{٣}$، فما حجم البالون إذا امتلأ عند ١.٠ ضغط جوي، ودرجة حرارة $٣٢٣K$؟

$$\frac{P_١V_١}{T_١} = \frac{P_٢V_٢}{T_٢} \quad , \quad V_٢ = \frac{P_١V_١T_٢}{P_٢T_١}$$

$$١.٠\ atm = ١.٠١٣ \times ١٠^{٥}\ Pa$$

$$V_٢ = \frac{(٣٢٣)(١٥.٥ \times ١٠^{٦})(٠.٠٢٠)}{(١.٠١٣ \times ١٠^{٥})(٢٩٣)} = ٣.٤ m^{٣}$$

٧- ما مقدار كتلة غاز الهيليوم في المسألة السابقة إذا علمت أن الكتلة المولية لغاز الهيليوم $٤ g/mol$؟

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(١٥.٥ \times ١٠^{٦})(٠.٠٢٠)}{(٨.٣١)(٢٩٣)}$$

$$= ١٢٧.٣\ mol$$

$$m = (١٢٧.٣)(٤) = ٥.١ \times ١٠^{٢} g$$

٨- يحتوي خزان على $٢٠٠L$ من غاز الهيدروجين درجة حرارته $٠℃$ ومحفوظ عند ضغط مقداره $١٥٦ KPa$، فإذا ارتفعت درجة الحرارة إلى $٩٥℃$، وانخفض الحجم ليصبح $١٧٥L$، فما ضغط الغاز الجديد؟

$$\frac{P_١V_١}{T_١} = \frac{P_٢V_٢}{T_٢} \rightarrow P_٢ = \frac{P_١V_١T_٢}{V_٢T_١}$$

$$T_١ = ٢٧٣K \quad , \quad T_٢ = ٩٥℃ + ٢٧٣℃ = ٣٦٨K$$

$$P_٢ = \frac{(٣٦٨)(١٥٦)(٢٠٠)}{(١٧٥)(٢٧٣)} = ٢.٤ \times ١٠^{٢}\ kPa$$

٩- إن معدل الكتلة المولية لمكونات الهواء (ذرات الأكسجين الثنائية وذرات غاز النيتروجين الثنائية بشكل رئيس) $٢٩ g/mol$ تقريبا، فما حجم $١.٠ kg$ من الهواء عند ضغط يساوي الضغط الجوي و $٢٠℃$؟

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{١.٠ \times ١٠^{٣}}{٢٩}$$

$$T = ٢٠℃ + ٢٧٣℃ = ٢٩٣K$$

$$V = \frac{\left(\frac{١٠ \times ١٠^{٣}}{٢٩}\right)(٨,٣١)(٢٩٣)}{١,٠١٣ \times ١٠^{٥}} = ٠,٨٣\ m^{٣}$$

التمدد الحراري

تمدد الغازات كلما ارتفعت درجة حرارتها، فعندما تُسخن المادة في حالاتها الصلبة والسائلة والغازية تصبح أقل كثافة، وتتمدد لتملأ حيزا أكبر.

تيارات الحمل أداة للتدفئة، إذ يرتفع الهواء الدافئ الأقل كثافة إلى أعلى ثم يبرد، وينخفض الهواء البارد الأعلى كثافة إلى أسفل.

لماذا يطفو الثلج؟

يزداد حجم السائل بارتفاع درجة حرارته حيث تتباعد جزيئاته بعضها عن بعض إلا أن كتلته لا تتغير بهذا الارتفاع، وحيث أن كثافة الجسم تساوي كتلة الجسم مقسومة على حجمه، فإن كثافة السائل تقل مع ارتفاع درجة حرارته، كما أن انخفاض درجة حرارة السائل يقلل من حجمه وبالتالي يزيد من كثافته.
ويشذ عن هذه القاعد الماء، فعند تبريد الماء يقل حجمه، وتزداد كثافته، وتصل إلى أعلى قيمة لها عند ٤ °س، وبزيادة التبريد يتمدد الماء وتقل كثافته.

البلازما

البلازما هي الحالة الرابعه للمادة وهي تختلف في طبيعتها عن حالات المادة الثلاث(الغازية والسائلة والصلبة) في أن الالكترونات تكون منفصلة تماما عن انويتها، وبذلك يتضح لنا انها مزيج من الشحنات الموجبة والشحنات السالبة ,
وعلى الرغم من نسبتها القليلة على الارض الا ان معظم الكون(٩٩%منه)هو في حالة البلازما، وعلى الارض لها استخدمات كثيرة في مجال الصناعات الالكترونية وفي مصابيح النيون الموجودة في المنازل.
والفرق السبدئي بين الغاز والبلازما أن البلازما لها قدرة على التوصل الكهربائي في حين أن الغازات ليس لها هذه القدرة.

١٠- افترض أن لديك صندوقين، أبعاد الأول ٢٠cm × ٢٠cm ×٢٠cm، وأبعاد الثاني ٤٠cm × ٢٠cm ×٢٠cm.

a. قارن بين ضغطي الهواء في المحيط الخارجي لكل من الصندوقين؟
ضغط الهواء هو نفسه على الصندوقين.

b. قارن بين مقداري القوة الكلية للهواء المؤثرة في كل من الصندوقين؟
بما أن $F=PA$ ، الضغط هو نفسه ولكن مساحة الصندوق الثاني ضعف مساحة الصندوق الأول، لذلك تكون القوة الكلية المؤثر في الصندوق الثاني ضعف القوة الكلية للهواء المؤثرة في الصندوق الأول.

١١- الحل:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \rightarrow \quad V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{(١.٠١٣\times١٠^{٥})(٢٥)}{(٠.٨٢\times١٠^{٥})} = ٣.١ \times١٠^{-١}\ m^3$$

١٢- الحل:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \rightarrow \quad T_2 = \frac{P_2 V_2 T_1}{V_1 P_1}$$

$$T_2 = \frac{(٣٠٣)(٢٠.١\times١٠^{٥})(٠.٠٠٠٣)}{(١.٠١٣\times١٠^{٥})(٠.٠٠٢١)} = ٩\times١٠^{٢}\ K$$

١٣- إذا كانت درجة الحرارة الابتدائية للماء ٠°C، فكيف تتغير كثافة الماء إذا سخن إلى ٤°C، وإلى ٨°C.
عند درجة حرارة ٠C سوف تزداد الكثافة حتى تصل كحد أقصى في ٤°C وعند التسخين إلى درجة ٨°C سوف تنخفض كثافة الماء.

١٤- ما حجم ١.٠٠ mol من الغاز عند ضغط يعادل الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي ٢٧٣k؟

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(١.٠٠)(٨.٣١)(٢٧٣)}{(١.٠١٣\times١٠^{٥})} = ٠.٠٢٢٤\ m^3$$

١٥- ما عدد مولات الهواء الموجودة في ثلاجة سعتها ٠.٦٣٥m٣ عند ٢°C؟ وما مقدار كتلة الهواء في ثلاجة إذا كان معدل الكتلة المولية للهواء ٢٩g/mol.

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(١.٠١٣\times١٠^{٥})(٠.٦٣٥)}{(٨.٣١)(٢٧٣)} = ٢٨.١\ mol$$

$$m = nM = (٢٨.١)(٢٩) = ٠.٨١\ kg$$

١٦- الجزيئات المكونة لغاز الهيليوم صغيرة جدا مقارنة بالجزيئات المكونة لغاز ثاني أكسيد الكربون. ماذا يمكن أن تستنتج حول عدد الجزيئات في

عينة من غاز ثاني أكسيد الكربون حجمها ٢.٠ L مقارنة بعدد الجزيئات في عينة من غاز الهيليون حجمها ٢.٠ L إذا تساوت العينتان في درجة الحرارة والضغط؟

عدد الجزيئات متساوي في العينتين، في الغاز المثالي حجم الجزيئات ليس له صلة بحجم الغاز أو الضغط المبذول الغاز.

القوى داخل السائل

قوى التماسك

هي قوى تجاذب كهرومغناطيسية تؤثر بها الجزيئات المتماثلة بعضها في بعض، وتؤثر هذه القوى في سلوك المائع.

وينتج كل من التوتر السطحي واللزوجة عن قوى التماسك.

التوتر السطحي:

هي الخاصية المتمثلة في ميل سطح السائل إلى التقلص لأقل مساحة ممكنة، وهي ناجمة عن قوى التماسك بين جزيئات المائع، وأمثلة عليها قطرات الندى أو قطرات الزيت تتكور القطرات وتتخذ أشكالا كروية.

لماذا يُكون التوتر السطحي قطرات كروية؟

تدفع القوة الجزيئات السطحية بحيث يصبح السطح صغيرا قدر الإمكان، كما أن الشكل الكروي هو الشكل الذي له أقل مساحة سطح لحجم معين.

تذكر/ يكون التوتر السطحي للماء كبيرا بحيث يحمل مشبك ورق فولاذيا على الرغم من أن كثافة الفولاذ أكبر تسع مرات من كثافة الماء.

اللزوجة:

اللزوجة هي مقياس يوصف به قابلية سائل ما للجريان، و مقدار مقاومته لضغط يجبره على التحرك و السيلان. كلما زادت لزوجة سائل ما، قلّت قابليته للجريان. و كلما قلت اللزوجة ، زاد مقدار ميوعة هذا السائل .

تكون جزئيات سائل عالي اللزوجة مرتبطة ببعضها بشكل قوي، و بذلك تكون أقل قدرة على التحرك. ويكبر احتكاكها بالجسم الصلب الملامس لها، ويمكن وصف اللزوجة بأنها احتكاك داخلي بين جزيئات السائل .

قوى التلاصق

هي قوى تجاذب كهرومغناطيسية تؤثر بها جزيئات المواد المختلفة بعضها في بعض وتنتج الخاصية الشعرية عن قوى التلاصق.

الخاصية الشعرية:

إذا وضع أنبوب زجاجي نصف قطره الداخلي صغير في الماء فسيرتفع الماء داخل الأنبوب، لأن قوى التلاصق بين سطح الزجاج وجزيئات الماء أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء، وتعرف هذه الخاصية بالخاصية الشعرية.
وأمثلة عليها ارتفاع الوقود في فتيلة القنديل، ارتفاع الماء من التربة إلى جذور النبات.

التبخر والتكاثف

يتبخر ماء البحر ويرتفع في الهواء بعيداً عدة كيلومترات عن سطح الأرض فيتكاثف ويشكل قطرات مائية تسقط حين تتاح لها الفرصة على البحر واليابسة معاً . هذه ظواهر تحدث منذ القدم طوال الوقت ودون توقف، الماء السائل يتبخر وبخار الماء يتكاثف إلى ماء سائل وهما عمليتان طبيعيتان متعاكستان .

التبخر: هو تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند جميع درجات الحرارة.

- يحدث التبخر عند سطح السائل فقط وعند جميع درجات الحرارة ولا يصحبه تكون فقاقيع.
- كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت سرعة التبخر.
- كلما زادت حركة الهواء زادت سرعة التبخر وكلما زادت مساحة سطح السائل زادت سرعة التبخر.

كيف يحدث التبخر ؟
تتحرك دقائق السائل حركة دائمة وعشوائية وفي كافة الاتجاهات ، وتسمى هذه الحركة بالحركة البراونية (نسبة إلى مكتشفها روبرت براون).
يحدث تصادم بين دقائق السائل بفعل الحركة البراونية مما يؤدي إلى فقدان بعض الدقائق لطاقتها الحركية واكتساب بعضها الآخر لتلك الطاقة، فإذا صادف أن اكتسبت إحدى الدقائق الموجودة على السطح طاقة كافية، فإنها تنفلت من سطح السائل وتتحول إلى بخار.

التكاثف: هو تحول المادة من الحالة الغازية إلي الحالة السائلة بالتبريد.
إذا انخفضت طاقتها الحركية أو درجة حرارتها.

العامل الأساسي في التكاثف هو انخفاض الحرارة لأي سبب من الأسباب الآتية:

١- ارتفاع الهواء إلى طبقات الجو العالية الباردة.
٢- انتقال الهواء الرطب من جهات دافئة إلى جهات باردة.
٣- وجود ذرات من الغبار في الجو يتكاثف بخار الماء حولها.
٤- إشعاع سطح الأرض حرارته ليلاً حتى يبرد وهذه البرودة تؤثر في الهواء الملاصقة له فيتكاثف.

الضباب:
هو ظاهرة تكاثف تشاهد فوق اليابس والماء على السواء ففي فصل الشتاء نرى هذا الضباب وكأنه الدخان الكثيف المتجمع فوق سطح الأرض

بصورة تحجب الرؤية أحيانا، وتسبب الحوادث، والضباب في حقيقته ذرات صغيرة جدًا من بخار الماء. ومن أسباب الضباب:

- انتقال هواء دافئ رطب إلى هواء بارد ومن أمثلة ذلك انتقال هواء البحر الدافئ الرطب آخر الليل إلى حيث الهواء البارد على اليابس ولذا يكثر الضباب على شواطئ البحار والمحيطات والبحيرات في الصباح الباكر.
- تقابل تيارين هوائيين أحدهما دافئ رطب والآخر بارد.

١٧- عندما يصاب طفل بالحمى في الماضي كان الطبيب يقترح أن يُمسح الطفل بقطعة إسفنج مبللة بالكحول، كيف يمكن أن يساعد هذا الإجراء؟

لأن الكحول يتبخر بسهولة، فيكون هناك تأثير ملحوظ جدا بالتبريد التبخيري.

١٨- لمشبك الورق كثافة أكبر من كثافة الماء، ومع ذلك يمكن أن يطفو على سطح الماء، فما الخطوات التي يجب أن تتبعها لتحقيق ذلك؟ وضح إجابتك.

يجب وضع مشبك الورق بعناية وبشكل مسطح على سطح الماء، هذا سوف يقلل من الوزن في وحدة المساحة لسطح الماء الذي يوضع فيه،

١٩- نستخدم في لغتنا العربية مصطلحات، منها "الشريط اللاصق" و "العمل كمجموعة متماسكة"، فهل استخدام المفردتين (التلاصق والتماسك) في سياق كلامنا مطابق لمعانيهما في الفيزياء؟

نعم.

٢٠- وضح لماذا يلتصق الكحول بسطح الأنبوب الزجاجي في حين لا يلتصق الزئبق.

قوى التلاصق تكون بين المواد المختلفة، والكحول له قوى تلاصق أكبر من الزئبق، ولأن قوى التماسك بين جزيئات الزئبق أكبر من قوى التلاصق بين الزئبق وسطح الزجاج.

٢١- كيف تستطيع القول إن مشبك الورق في المسألة ١٨ لا يطفو؟

إذا كان مشبك الورق اخترق سطح الماء وغرق .

٢٢- الحل:

يمكن أن تزن الزجاج قبل وضعه في الثلاجة لفترة من الوقت لتبريده. ثم تحضره من الثلاجة والسماح لجمع الرطوبة على السطح الخارجي .

وأخيرا ، ثم تزن الكأس للمرة الثانية إذا تسرب المياه ببساطة من الداخل إلى الخارج، فإن كتلة الزجاج والماء لا تغيير. ومع ذلك، مع تكاثف الرطوبة سوف تكون هناك زيادة في وزن الكتلة الثانية.

الموائع الساكنة والمتحركة

ينخفض الضغط الجوي كلما زاد الارتفاع كما في تسلق الجبال، بينما يزداد الضغط كلما غطست إلى أعماق كبيرة.

الموائع الساكنة

مبدأ باسكال:

إذا تعرض سائل محصور إلى ضغط ما، فإن ضغط هذا السائل يزداد بمقدار يساوي الضغط الإضافي الذي وقع عليه، فيزيد بذلك ضغط السائل على جدران الوعاء الذي يحويه، وعند أي نقطة داخله بنفس المقدار، أي أن الضغط الناتج عن القوة المؤثرة على السائل ينتقل إلى جميع أنحائه.

النظام الهيدروليكي:

كما في الشكل المقابل ينتقل الضغط الناشئ عن تأثير القوة في المكبس الصغير خلال المائع، بحيث ينتج كقوة مضاعفة في المكبس الكبير.

وبناء على مبدأ باسكال فإن الضغط ينتقل دون تغير في الموائع

لذا فإن $P_1 = P_2$.

وبذلك يكون : $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

القوة الناتجة عن الرافعة الهيدروليكية:

القوة المؤثرة في المكبس الثاني تساوي القوة التي يؤثر بها المكبس الأول مضروبة في نسبة مساحة المكبس الثاني إلى مساحة المكبس الأول.

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1}$$

مسائل تدريبية

٢٣- إن كراسي أطباء الأسنان أمثلة على أنظمة الرفع الهيدروليكية، فإذا كان الكرسي يزن $١٦٠٠N$ ويرتكز على مكبس مساحة مقطعه العرضي $١٤٤٠cm^2$، فما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير الذي مساحة مقطعه العرضي $٧٢cm^2$ لرفع الكرسي؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1} = \frac{(١٦٠٠)(٧٢)}{(١٤٤٠)} = ٨.٠ \times ١٠^{١} N$$

٢٤- تؤثر آلة بقوة مقدارها $٥٥N$ في مكبس هيدروليكي مساحة مقطعه العرضي $٠.٠١٥cm^2$، فترتفع سيارة صغيرة، فإذا كانت مساحة المقطع العرضي للمكبس الذي ترتكز عليه السيارة $٢.٤m^2$، فما وزن السيارة؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1} = \frac{(٥٥)(٢.٤)}{(٠.٠١٥)} = ٨.٨ \times ١٠^{٣} N$$

٢٥- يحقق النظام الهيدروليكي الهدف نفسه تقريبا الذي تحققه الرافعة ولعبة الميزان، وهو مضاعفة القوة، فإذا وقف طفل وزنه $٤٠٠N$ على أحد المكبسين بحيث يتزن مع طفل آخر وزنه $١١٠N$ يقف على المكبس الثاني، فما النسبة بين مساحتي مقطعي المكبسين العرضيين؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_1}{A_2} \rightarrow \frac{A_2}{A_1} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{٤٠٠N}{١١٠٠N} = ٠.٤$$

٢٦- تستخدم في محل صيانة للآلات رافعة هيدروليكية لرفع آلات ثقيلة لصيانتها، ويحتوي نظام الرافعة مكبسا صغيرا مساحة مقطعه العرضي $٧ \times ١٠^{-٢} m^2$، ومكبسا كبيرا مساحة مقطعه العرضي $٢.١ \times ١٠^{-١} m^2$، وقد وضع على المكبس الكبير محرك يزن $٢.٧ \times ١٠^{٣} N$.

a. ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في المكبس الصغير لرفع المحرك؟

$$F_2 = \frac{F_1 A_2}{A_1} = \frac{(٢.٧ \times ١٠^{٣})(٧.٠ \times ١٠^{-٢})}{(٢.١ \times ١٠^{-١})} = ٩.٠ \times ١٠^{٢} N$$

b. إذا ارتفع المحرك $٠.٢٠m$، فما المسافة التي تحركها المكبس الصغير؟

$$V_1 = V_2 \quad , \quad A_1 h_1 = A_2 h_2$$

$$\rightarrow h_2 = \frac{A_1 h_1}{h_2} = \frac{(٢.١ \times ١٠^{-١})(٠.٢٠)}{(٧.٠ \times ١٠^{-٢})} = ٠.٦٠ m$$

السباحة تحت الضغط

كلما غطست إلى مسافة أعمق تشعر أن ضغط الماء يتزايد وينشأ هذا الضغط عن قوة الجاذبية الأرضية. ضغط الماء يساوي وزن عمود الماء مقسوما على مساحة المقطع العرضي لعمود الماء.

ضغط الماء على الجسم:

الضغط الذي يؤثر به عمود الماء في الجسم يساوي حاصل ضرب كثافة الماء في ارتفاع عمود الماء في تسارع الجاذبية الأرضية.

$$P = \rho hg$$

تطبق هذه المعادلة على الموائع جميعها، ويعتمد ضغط المائع الذي يؤثر في الجسم على: كثافة المائع – عمقه – g.

قوة الطفو:

هي القوة الرأسية الناتجة عن زيادة الضغط الناجم عن زيادة العمق.

قوة الطفو المؤثرة في الجسم تساوي وزن المائع المزاح بوساطة الجسم، والتي تساوي كثافة المائع المغمور فيه الجسم مضروبا في حجم الجسم وفي تسارع الجاذبية.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{المائع}} Vg$$

مبدأ أرخميدس:

الجسم المغمور في مائع تؤثر فيه قوة رأسية إلى أعلى تساوي وزن المائع المزاح بوساطة الجسم، ولا تعتمد القوة على وزن الجسم، ولكن تعتمد فقط على وزن المائع المزاح.

هل يغطس الجسم أم يطفو؟

نستطيع أن نتوقع ما إذا كان الجسم سيغطس أم يطفو بالمقارنة بين قوة الطفو المؤثرة في جسم ووزنه.

- إذا طفا الجسم أو بقي معلقا في السائل فإن قوة دفع السائل عليه تساوي وزنه في الهواء.

طفو السفينة:

تحتوي السفينة تجويفا كبيرا، ولهذا السبب يكون حجمها كبير، ومتوسط كثافتها أقل بكثير من كثافة الماء، لذا فإنها تطفو على سطح الماء، ويمكن ملاحظة أن السفينة المحملة بالبضائع تبحر بحيث تنخفض في الماء أكثر من السفينة الفارغة.

آلية عمل الغواصة:

تحتوي الغواصة على خزانات كبيرة تنتشر في مواقع مختلفة فيها، يومكن ملؤها بالماء وتفريغها للتحكم في صعودها وهبوطها، عندما تملأ الخزانات بالماء، يزداد متوسط كثافة الغواصة ليصبح أكبر من كثافة الغواصة، فتهبط إلى الأعماق، وعند تفريغ الخزانات من الماء يقل متوسط كثافة الغواصة فترتفع إلى أعلى، وعندما يتساوى متوسط كثافة الغواصة وكثافة الماء، فإنها تعلق في الماء فلا تهبد أو ترتفع.

مثال (٣):

ينغمر قالب بناء من الجرانيت حجمه dm^3 ($1.00\times10^{-3}m^3$)، في الماء، فإذا كانت كثافة الجرانيت $2.7\times10^3 kg/m^3$، فما مقدار:

a. قوة الطفو المؤثرة في قالب الجرانيت؟

b. الوزن الظاهري لقالب الجرانيت؟

المعطيات:

$V=1\times10^{-3}m^3$, $\rho_{\text{الجرانيت}}=2.7\times10^3 kg/m^3$, $\rho_{\text{ماء}}=1\times10^3 kg/m^3$

المطلوب:

$F_{\text{الطفو}}=?$, $F_{\text{الظاهري}}=?$

a. قوة الطفو على قالب الجرانيت.

$$F_{\text{الطفو}}=\rho Vg$$
$$=(1\times10^3)(1\times10^{-3})(9.8)=9.80\ N$$

b. الوزن الظاهري لقالب الجرانيت.

$$F_g=\rho_{\text{الجرانيت}}Vg$$
$$=(2.7\times10^3)(1\times10^{-3})(9.8)=26.5\ N$$

$$F_{\text{الظاهري}}=F_g-F_{\text{الطفو}}$$
$$=26.5-9.80=16.7\ N$$

مسائل تدريبية

٢٧- إن كثافة القرميد الشائع الاستخدام أكبر ١.٨ مرة من كثافة الماء، ما الوزن الظاهري لقالب من القرميد حجمه $٠.٢٠ m^٣$ تحت الماء؟

$$F_{\text{الظاهري}} = F_g - F_{\text{الطفو}}$$
$$= \rho_{\text{القرميد}} Vg - \rho_{\text{الماء}} Vg = (\rho_{\text{القرميد}} - \rho_{\text{الماء}}) Vg$$
$$= (١.٨\times١٠^٣)(١\times١٠^٣)(٠.٢٠)(٩.٨) =$$
$$١.٦\times١٠^٣ N$$

٢٨- يطفو سباح في بركة ماء، بحيث يعلو رأسه قليلا فوق سطح الماء، فإذا كان وزنه $٦١٠ N$ فما حجم الجزء المغمور من جسمه؟

$$F_g = F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الماء}} Vg$$
$$V = \frac{F_g}{\rho_{\text{الماء}} g} = \frac{٦١٠}{(١.٠\times١٠^٣)(٩.٨)} = ٦.٢\times١٠^{-٢}\ m^٣$$

٢٩- ما مقدار قوة الشد في حبل يحمل كاميرا وزنها $١٢٥٠ N$ مغمورة في الماء، إذا علمت أن حجم الكاميرا $١.٦٥\times١٠^{-٣} m^٣$؟

$$T = F_{\text{الشد}} = F_g - F_{\text{الطفو}} = F_g - \rho_{\text{الماء}} Vg$$
$$= ١٢٥٠ - (١\times١٠^٣)(١٦.٥\times١٠^{-٣})(٩.٨)$$
$$= ١.٠٩\times١٠^٣ N$$

٣٠- صنع لوح من الفلين الصناعي كثافته تساوي ٠.١٠ مرة من كثافة الماء تقريبا، ما أكبر وزن من قوالب القرميد تستطيع وضعها على لوح الفلين الصناعي الذي أبعاده $١m\times١m\times٠.١٠m$، بحيث يطفو اللوح على سطح الماء تماما، وتبقى قوالب القرميد جافة؟

$$V = (١.٠\ m)(١.٠\ m)(٠.١٠\ m) = ٠.١٠\ m^٣$$

$$F_{g,\ \text{فلين}} = \rho_{\text{فلين}} V g$$
$$= (١.٠\times١٠٢\ kg/m^٣)(٠.١٠\ m^٣)(٩.٨٠\ m/s^٢) = ٩٨\ N$$

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{ماء}} V_g$$
$$= (١.٠٠\times١٠^٣\ kg/m^٣)(٠.١٠\ m^٣)(٩.٨٠\ m/s^٢) = ٩٨٠\ N$$

$$F_{g,\ \text{قرميد}} = F_{\text{الطفو}} - F_{g\ \text{فلين}}$$
$$= ٩٨٠\ N - ٩٨\ N = ٨.٨\times١٠^٢\ N$$

٣١- يوجد عادة في الزوارق الصغيرة قوالب من الفلين الصناعي تحت المقاعد، لتساعدها على الطفو في حال امتلأ الزورق بالماء، ما أقل حجم تقريبي من قوالب الفلين اللازمة ليطفو قارب وزنه ٤٨٠ N؟

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{ماء}} V g$$

$$V = \frac{F_{\text{الطفو}}}{\rho_{\text{ماء}} g} = \frac{٤٨٠\ N}{(١.٠ \times ١٠^{٣}\ kg/m^{٣})(٩.٨)} = ٤.٩ \times ١٠^{-٢}\ m^{٣}$$

الموائع المتحركة: مبدأ برنولي

مبدأ برنولي:

ينص على أنه عندما تزداد سرعة المائع يقل ضغطه.

ويعتبر هذا المبدأ تمثيل لمبدأ حفظ الشغل والطاقة عند تطبيقه على الموائع.

يعتبر تدفق المائع عبر مقطع ضيق حالة من الحالات التي تزداد فيها سرعة المائع.

كلما ازدادت سرعة المائع ازدادت طاقته الحركية.

تطبيقات على مبدأ برونولي:

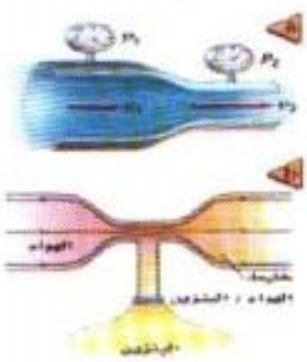
تأثير فنتوري:

إذا مر المائع المتحرك خلال أنبوب، ثم ضاقت مساحة مقطع جريانه، فإنه يستجيب لذلك بزيادة السرعة، وهذا ما يؤدي إلى هبوط ضغطه، وإذا اتسع مقطع جريان المائع بعد ذلك، قلت سرعته وارتفع ضغطه.

مرذاذ العطر:

يعد المرذاذ تطبيقا مباشرا على تأثير فنتوري، حيث يرش المائع الذي فيه على شكل قطرات صغيرة (رذاذ) موزعة على مساحة كبيرة، ويعتمد مبدأ عمله على اندفاع الهواء من أنبوب واسع إلى أنبوب ضيق، وينتج عن ذلك زيادة سرعة الهواء، ومن ثم انخفاض الضغط فوق سطح السائل داخل الأنبوب، فيرتفع السائل نحو الأعلى، ويندفع رذاذا محمولا على دقائق الهواء المندفع من الفتحة الصغيرة.

المازج:



يعد المازج في محرك البنزين، حيث يختلط الهواء بالبنزين، تطبيقا شائعا على مبدأ برنولي، إن أحد أجزاء المازج عبارة عن أنبوب فيه ضيق في منطقة معينة، ويكون الضغط على البنزين في خزان الوقود مماثلا للضغط في الجزء الأكثر اتساعا في الأنبوب، لكن تدفق الهواء عبر المقطع الضيق من الأنبوب والموصول بخزان الوقود يكون ذا ضغط منخفض، لذا يندفع الوقود في منطقة تدفق الهواء، وتتغير كمية الوقود الممزوجة بالهواء في الأنبوب تبعا لتنظيم هذا التدفق.

مراجعة

٣٢- هل تطفو علبة شراب الصودا في الماء أم تغطس فيه؟ جرب ذللك. وهل يتأثر ذلك بكون الشراب خاليا من السكر أم لا؟ تحتوي جميع علب شراب الصودا على الحجم نفسه من السائل $٣٥٤ ml$، وتزيح الحجم نفسه من الماء، فما الفرق بين العلبة التي تغطس والأخرى التي تطفو؟

الفرق يعتمد على السكر، عند إذابة السكر في الشراب يصبح أكثر كثافة، فالفرق يكون في كمية السكر المذاب في الشراب.

٣٣- تزود صنارة الصيد بقطعة فلين تطفو بحيث يكون عشر حجمها تحت سطح الماء، ما كثافة الفلين؟

$$F_g = \rho_{\text{الماء}} V_{\text{الماء}}\, g = \rho_{\text{فلين}} V_{\text{فلين}}\, g \quad \rightarrow \quad \frac{\rho_{\text{فلين}}}{\rho_{\text{الماء}}} = \frac{V_{\text{الماء}}}{V_{\text{فلين}}} = \frac{١}{١٠}$$

٣٤- يرتفع منطاد الهيليوم لأن قوة طفو الهواء تحمله، فإذا كانت كثافة غاز الهيليوم $٠.١٨ kg/m^٣$ وكثافة الهواء $١.٣ kg/m^٣$، فما حجم منطاد الهيليوم اللازم لرفع قالب من الرصاص وزنه $١٠ N$؟

$$F_{\text{الظاهري}} = F_g - F_{\text{الطفو}}$$
$$= \rho_{\text{هيليوم}} V_{\text{المنطاد}} g - \rho_{\text{الهواء}} V_{\text{المنطاد}} g$$
$$= (\rho_{\text{هيليوم}} - \rho_{\text{الهواء}}) V_{\text{المنطاد}} g$$
$$V_{\text{المنطاد}} = \frac{F_{\text{الظاهري}}}{(\rho_{\text{هيليوم}} - \rho_{\text{الهواء}})\, g} = \frac{-١٠ N}{(٠.١٨ kg/m^٣ - ١.٣ kg/m^٣)(٩.٨)} = ٠.٩ m^٣$$

٣٥- صممت لعبة قاذفة للصواريخ بحيث يدوس الطفل على اسطوانة من المطاط، مما يزيد من ضغط الهواء في أنبوب القاذف فيدفع صاروخا خفيفا من الرغاوي الصناعية في السماء، فإذا داس الطفل بقوة $١٥٠ N$ على مكبس مساحته $٢.٥ \times ١٠^{-٣} m^٢$، فما القوة المنتقلة إلى أنبوب القذف الذي مساحة مقطعه $٤ \times ١٠^{-٤} m^٢$؟

$$F_٢ = \frac{F_١ A_٢}{A_١} = \frac{(١٥٠ N)(٤.٠ \times ١٠^{-٤} m^٢)}{(٢.٥ \times ١٠^{-٣} m^٢)} = ٢٤ N$$

٣٦- رفعت سيارة تزن $٢.٣ \times ١٠^٤ N$ بوساطة أسطوانة هيدروليكية مساحتها $٠.١٥ m^٢$.

a. ما مقدار الضغط في الاسطوانة الهيدروليكية؟

$$P = \frac{F}{A} = \frac{٢.٣ \times ١٠^٤ N}{٠.١٥ m^٢} = ١.٥ \times ١٠^٥ Pa$$

b. ينتج الضغط في أسطوانة الرفع بوساطة التأثير بقوة في اسطوانة مساحتها $٠.٠٠٨٢ m^٢$، ما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر في هذه الاسطوانة الصغيرة لرفع السيارة؟

$$F_٢ = \frac{F_١ A_٢}{A_١} = \frac{(٢.٣ \times ١٠^٤ N)(٠.٠٠٨٢ m^٢)}{(٠.١٥ m^٢)} = ١.٣ \times ١٠^٣ N$$

٣٧- أي مما يلي يزيح ماء أكثر عندما يوضع في حوض مائي:

a. قالب ألومنيوم كتلته $١ kg$، أم قالب رصاص كتلته $١ kg$؟

الألومنيوم سوف يزيح ماء أكثر من الرصاص، لأن كثافته أقل.

b. قالب ألومنيوم حجمه $١٠ cm^٣$، أم قالب رصاص حجمه $١٠ cm^٣$؟

القالبان سوف يغرقان في الماء ويزيحان نفس الحجم من الماء.

٣٨- اكتشفت في المسألة التدريبية رقم (٤)، أنه عندما يمر إعصار فوق منزل فإن المنزل ينهار أحيانا من الداخل إلى الخارج، فكيف يفسر مبدأ برنولي هذه الظاهرة؟ وماذا يمكن أن نفعل لتقليل خطر اندفاع الباب أو الشباك إلى الخارج وتحطمه؟

الهواء الذي يتحرك بسرعة فائقة للإعصار لديه ضغط أقل من الهواء الذي داخل المنزل .ولذلك، فإن الهواء داخل المنزل هو في ضغط عالي وينتج قوة هائلة على النوافذ والأبواب، وجدران المنزل .ويخفض هذه الفرق في الضغط عن طريق فتح الأبواب والنوافذ للسماح بحرية تدفق الهواء إلى الخارج.

المواد الصلبة

تتميز المواد الصلبة بأنها تحتفظ بشكلها، وهي مواد قاسية يمكن أن تقطع عدة قطع، كما يمكن دفع المادة الصلبة على عكس المواد السائلة والغازية.

الأجسام الصلبة

بعض المواد الصلبة تتكون من جزيئات مصطفة بأنماط مرتبة ومنظمة، وبعض المواد الصلبة الأخرى مكونة من جزيئات ليس لها ترتيب منتظم، وهي بذلك مشابهة للسوائل.

عندما تنخفض درجة حرارة السائل ينخفض معدل الطاقة الحركية للجزيئات، وعندما تبدأ الجزيئات في التباطؤ تؤثر قوة التماسك بصورة أكبر، وتصبح جزيئات بعض المواد الصلبة متجمدة على نمط ثابت يسمى الشبكة البلورية.

على الرغم من أن قوة التماسك تحجز الجزيئات في مكانها إلا أن الجزيئات في المواد الصلبة البلورية لا تتوقف عن الحركة تماما، بل تتذبذب حول أماكن ثابتة، وهناك مواد أخرى مثل الزبد والزجاج لا تشكل جزيئاتها نمطا بلوريا ثابتا ومحددا وهذه المواد التي ليس لها تركيب بلوري منتظم ولكن لها حجم وشكل محددان تسمى المواد الصلبة غير البلورية، كما تصنف أيضا على أنها سوائل لزجة أو بطيئة التدفق.

مرونة المواد الصلبة:

هي قدرة الأجسام الصلبة على العودة إلى شكلها الأصلي عندما يزول تأثير القوى الخارجية المؤثرة في هذه الأجسام وأدت إلى انحناء هذه الأجسام.
أما عند حدوث تشوه كبير في الجسم لا يعود إلى شكله الأصلي، لأنه قد تجاوز حد مرونته، وتعتمد المرونة على القوى الكهرومغناطيسية التي تحافظ على بقاء جزيئات المادة معا.

التمدد الحراري للمواد الصلبة

عندما تسخن مادة تحت تأثير ضغط ثابت فإنها تتمدد نتيجة ازدياد المسافات بين ذراتها، ومن ثم تزداد أبعادها الطولية بشكل متناسب مع ارتفاع درجة حرارتها، ويتناسب تمدد الأجسام طرديا مع تغير درجة الحرارة.

معامل التمدد الطولي:

إن معامل التمدد الطولي يساوي التغير في الطول مقسوما على الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة.
ووحدة معامل التمدد الطولي هي (C^{-1}).

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T}$$

وبما أن المواد الصلبة تتمدد في ثلاثة اتجاهات فإن معامل التمدد الحجمي يعادل ثلاثة أضعاف معامل التمدد الطولي.

معامل التمدد الحجمي:

معامل التمدد الحجمي يساوي التغير في الحجم مقسوما على الحجم الأصلي والتغير في درجة الحرارة.
وحدة معامل التمدد الحجمي هي (C^{-1})

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta T}$$

معامل التمدد الحراري عند ٢٠°C		
المادة	معامل التمدد الطولي $(°C^{-1})\alpha$	معامل التمدد الحجمي $(°C^{-1})\beta$
المواد الصلبة		
الألومنيوم	٢٥×١٠^{-٦}	٧٥×١٠^{-٦}
الزجاج (الناعم)	٩×١٠^{-٦}	٢٧×١٠^{-٦}
الزجاج (واقي الفرن)	٣×١٠^{-٦}	٩×١٠^{-٦}
الاسمنت	١٢×١٠^{-٦}	٣٦×١٠^{-٦}
النحاس	١٦×١٠^{-٦}	٤٨×١٠^{-٦}
السوائل		
الميثانول		١٢٠٠×١٠^{-٦}
البنزين		٩٥٠×١٠^{-٦}
الماء		٢١٠×١٠^{-٦}

مثال (٤):

قضيب معدني طوله $١.٦٠m$ عند $٢١°C$، فإذا وضع هذا القضيب في فرن وسخن عند درجة حرارة $٨٤°C$، وقيس طوله فوجد أنه ازداد بمقدار $١.٧mm$، فما معامل التمدد الطولي للمادة المصنوع منها القضيب.

المعطيات: $T_١=٢١°C$, $T_٢=٨٤°C$, $L_١=١.٦٠m$, $\Delta L=١.٧\times١٠^{-٣}m$

المطلوب: $\alpha = ?$

احسب معامل التمدد الطولي مستخدما الطول المعلوم، والتغير في كل من الطول ودرجة الحرارة.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_١ \Delta T}$$

$$\alpha = \frac{١.٧ \times ١٠^{-٣}}{(١.٦٠)(٨٤-٢١)} = ١.٧ \times ١٠^{-٥}\ °C^{-١}$$

مسائل تدريبية

٣٩- قطعة من الألومنيوم طولها $٣.٦٦m$ عند درجة حرارة $٢٨°C$، كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها $٣٩°C$؟

$$L_٢ = L_١ + \alpha L_١(T_٢ - T_١)$$

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$
$$= (٢٥ \times ١٠^{-٦} \, ℃^{-١})(٣.٣٦٦ \, m)(٣٩ \, ℃ - (-٢٨ \, ℃))$$
$$= ٦.١ \times ١٠^{-٣} \, m = ٦.١ \, mm$$

٤٠- قطعة من الفولاذ طولها $١١.٥ \, m$ عند ٢٢℃، فإذا سخنت حتى أصبحت درجة حرارتها ١٢٢١℃، وهي قريبة من درجة حرارة انصهارها، فكم يبلغ طولها بعد التسخين؟

$$L_2 = L_1 + \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$
$$= (٠.١١٥ m)(١٢ \times ١٠^{-٦} \, ℃^{-١})(٠.١١٥ \, m)(١٢٢١ \, ℃ - ٢٢ \, ℃))$$
$$= ١.٢ \times ١٠^{-١} \, m = ١٢ \, cm$$

٤١- مليء وعاء زجاجي سعته $٤٠٠ \, ml$ عند درجة حرارة الغرفة بماء بارد درجة حرارته ٤.٤℃، ما مقدار الماء المسكوب من الوعاء عندما يسخن الماء إلى ٣٠℃؟

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$
$$= (٢١٠ \times ١٠^{-٦} \, ℃^{-١})(٤٠٠ \times ١٠^{-٦} \, m^{٣})(٣٠ \, ℃ - ٤.٤ \, ℃)$$
$$= ٢ \times ١٠^{-٦} \, m^{٣} = ٢ \, ml$$

٤٢- ملئ خزان شاحنة لنقل البنزين سعته $٤٥.٧٢٥ \, L$ بالبنزين لينقله من مدينة الدمام نهارا حيث كانت درجة الحرارة ٣٨℃، إلى مدينة تبوك ليلا حيث درجة الحرارة ٢-℃.

a. كم لترا من البنزين سيكون في خزان الشاحنة في تبوك؟

$$V_2 = V_1 + V_1 \beta \Delta T$$
$$= (٤٥.٧٢٥ m^{٣}) + (٤٥.٧٢٥ m^{٣})(٩٥٠ \times ١٠^{-٦} \, ℃^{-١})(-٢℃ - ٣٨℃)$$
$$= ٤.٤ \times ١٠^{٤} \, L$$

b. ماذا حدث للبنزين؟

حجم البنزين ينخفض بسبب انخفاض درجة الحرارة، وكتلته تبقى كما هي.

٤٣- حفر ثقب قطره $٠.٨٥ \, m$ في صفيحة من الفولاذ عند ٣٠℃ فكان الثقب يتسع بالضبط لقضيب من الألومنيوم له نصف القطر نفسه، ما مقدار الفراغ بين الصفيحة والقضيب عندما يبردان لدرجة حرارة ٠.٠℃؟

الألومنيوم ينكمش أكثر من الفولاذ.

$$\Delta L_{\text{الألومنيوم}} = \alpha L \Delta T$$
$$= (٢٥ \times ١٠^{-٦} \, ℃^{-١})(٠.٨٥ \, cm)(٠.٠°C - ٣٠.٠°C)$$
$$= -٦.٣٨ \times ١٠^{-٤} \, cm$$

$$L_{\text{فولاذ}} = \alpha L \Delta T$$
$$= (١٢\times١٠^{-٦}\,°C^{-١})(٠.٨٥\ cm)(٠.٠°C - ٣٠.٠°C)$$
$$= -٣.٠٦\times١٠^{-٤}\ cm$$

الفراغ بين القضيب والصفيحة يكون:

$$\left(\frac{١}{٢}\right)(٦.٤\times١٠^{-٤}\ cm - ٣.١\times١٠^{-٤}\ cm)$$
$$= ١.٦\times١٠^{-٤}\ cm$$

٤٤- درجت مسطرة من الفولاذ بوحدة الملمترات، بحيث تكون دقيقة بصورة مطلقة عند ٣٠°C، فما النسبة المئوي التي تمثل عدم دقة المسطرة عند -٣٠°C؟

لأن الفولاذ ينكمش بالبرودة ، المسافات بين الوحدات تقل:

$$\%\ \text{الدقة} = (١٠٠)\left(\frac{\Delta L}{L}\right)$$
$$= (١٠٠)\alpha(T_f - T_i)$$
$$= (١٠٠)(١٢\times١٠^{-٦}\,°C^{-١})(-٣٠.٠°C - ٣٠.٠°C)$$
$$= -٠.٠٧٢\%$$

٤٥- إذا ركبت بابا من الألومنيوم في يوم حار على إطار باب من الاسمنت، وأردت أن يكون الباب محكم الإغلاق تماما في أيام الشتاء الباردة، فهل ينبغي أن تجعل الباب محكما في الإطار أم تترك فراغا إضافيا؟

نجعل الباب محكما، لأن الألومنيوم ينكمش عندما يبرد الاسمنت.

٤٦- لماذا يعد الشمع مادة صلبة؟ ولماذا يعد أيضا سائلا لزجا؟

يعد الشمع مادة صلبة لأن له حجم محدد، ويعد مادة لزجة لأنه لا تشكل جزيئاته نمطا بلوريا ثابتا.

٤٧- هل يمكن تسخين قطعة من النحاس بحيث يتضاعف طولها؟

معامل التمدد الحراري لنحاس: $١٦\times١٠^{-٦}/°C$.

لتضاعف الطول $\Delta L = L = \alpha L \Delta T$,

$$\alpha \Delta T = ١$$
$$\Delta T = \frac{١}{\alpha} = \frac{١}{١٦\times١٠^{-٦}\,°C^{-١}} = ٦٣,٠٠٠°C$$

وعند هذه الدرجة سوف يتبخر النحاس.

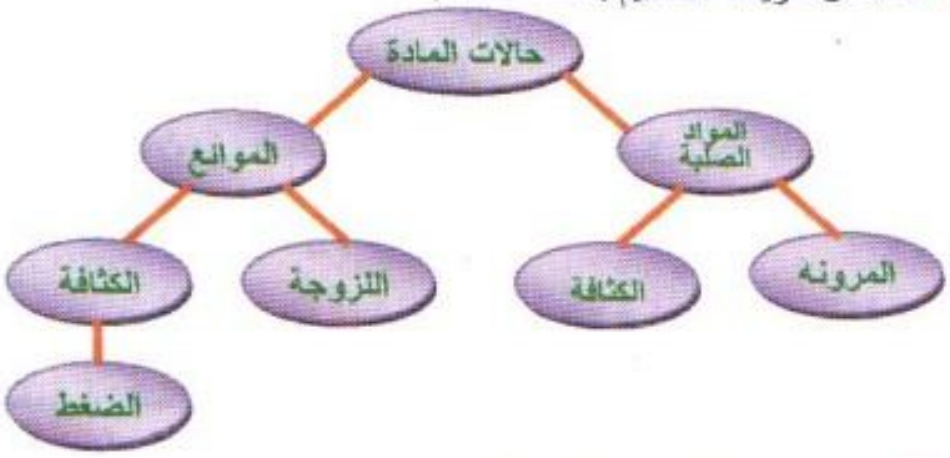
٤٨- هل يزودنا الجدول (٢-٦) بطريقة للتمييز بين المواد الصلبة والسوائل؟
معامل التمدد الحجمي للسوائل أكبر بكثير من المواد الصلبة.

٤٩- يمكن تعريف المادة الصلبة على أنها تلك المادة التي يمكن ثنيها على الرغم من أنها تقاوم الانحناء، فسر كيف ترتبط هذه الخصائص مع ترابط الذرات في المواد الصلبة لكنها لا تنطبق على السوائل؟
الجزيئات في الحالة الصلبة تكون قريبة جدا، وبالتالي روابطها قوية، وهي تتذبذب لوضع ثابت، ولذلك المادة الصلبة يمكن ثنيها ولكنها أيضا تقاوم الانحناء، أما جزيئات السائل فهي أبعد وروابطها أقل قوة، لأن جزيئاتها حرة فلا يمكن للسائل أن ينحني.

٥٠- قطع من الحلقة الحديدية الصلبة في الشكل المقابل، قطعة صغيرة، فإذا سخنت الحلقة التي في الشكل، فهل تصبح الفجوة أكبر أم أصغر؟ وضح إجابتك.
سوف تصبح الفجوة أكثر اتساعا. لأن جميع قياسات الحلقة تزيد عند تسخينها.

تقويم الفصل السادس

٥١- أكمل خريطة المفاهيم بالمصطلحات:



٥٢- كيف تختلف القوة عن الضغط؟
القوة تعتمد على دفع أو سحب الجسم، أما الضغط فيعتمد على القوة، وعلى المساحة التي تؤثر فيها هذه القوة.

٥٣- دُصر غاز في وعاء مغلق بإحكام، ووضع سائل في وعاء له الحجم نفسه وكان لكل من الغاز والسائل حجم محدد، فكيف يختلف أحدهما عن الآخر؟
سوف يبقى حجم السائل دون تغير، أما الغاز سوف يملأ الوعاء.

٥٤- ما أوجه التشابه والاختلاف بين الغازات والبلازما؟
كل من الغازات والبلازما ليس لها حجم محدد ولا شكل، الغاز يتكون من ذرات، أما البلازما تتكون من أيونات موجبة الشحنة والكترونات سالبة الشحنة، جزيئات البلازما أكثر نشاطا من جزيئات الغاز، والبلازما توصل الكهرباء بينما الغاز لا.

٥٥- تتكون الشمس من البلازما، فكيف تختلف بلازما الشمس عن تلك التي على الأرض؟
بلازما الشمس لها حرارة عالية جدا، وكثافتها أكبر من معظم المواد الصلبة على الأرض.

٥٦- تنصهر البحيرات المتجمدة خلال فصل الربيع، فما تأثير ذلك في درجة حرارة الهواء فوق البحيرة؟
عند ذوبان الجليد فإنه يمتص طاقة حرارية من الهواء المحيط، وبذلك سوف يلطف الجو فوق البحيرة.

٥٧- تغطي المطرات التي يستخدمها الكشافة أحيانا بكيس من قماش الكتان، إذا رطبت الكيس الذي يغطي المطرة فإن الماء في المطرة سيبرد. فسر ذلك.
الماء يتبخر في الهواء، ويعمل على حفظ طاقة المطرة والماء بداخلها.

٥٨- ماذا يحدث للضغط عند قمة الإناء إذا ازداد الضغط عند قاعه اعتمادا على مبدأ باسكال؟
الضغط عند القمة سوف يزداد، لأن الضغط سوف ينتقل لجميع أجزاء السائل.

٥٩- ينتقل تيار مائي خلال خرطوم ويخرج من فوهته، فماذا يحدث لضغط الماء عندما تزداد سرعته؟
ينخفض ضغط الماء، بسبب مبدأ برنولي.

٦٠- بم تخبرك الأواني المستطرقة الموضحة في الشكل عن الضغط المؤثر بوساطة السائل؟
ضغط السائل لا يعتمد على شكل الإناء.

٦١- قارن بين ضغط الماء على عمق $1m$ تحت سطح بركة صغيرة وضغط الماء عند العمق نفسه تحت سطح بحيرة؟
الحجم أو الشكل لا يؤثر على الضغط، فقط العمق هو الذي يؤثر ولذلك فالضغط في البركتين هو نفسه.

٦٢- كيف يختلف ترتيب الذرات في المادة البلورية عن ترتيبها في المادة غير البلورية؟
يتم ترتيب الذرات في المادة البلورية في نمط معين، أما في المادة غير البلورية يتم ترتيب الذرات بشكل عشوائي.

٦٣- هل يعتمد معامل التمدد الطولي على وحدة الطول المستخدمة؟ فسر ذلك.
لا،

٦٤- يستقر صندوق على شكل متوازي مستطيلات على وجهه الأكبر على طاولة. فإذا أدير الصندوق بحيث أصبح يستقر على وجهه الأصغر، فهل يزداد الضغط على الطاولة، أم ينقص أم يبقى دون تغيير؟
الضغط يزداد، الوزن بقي كما هو، ولكن الوزن أثر على مساحة أكبر.

٦٥- بين أن وحدة الباسكال تكافئ وحدة $kg/m.s^2$.

$$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{\frac{kg.m}{s^2}}{m^2} = \frac{kg}{m.s^2}$$

٦٦- أيهما تغطس لمسافة أعمق في الماء:: باخرة مملوءة بكرات تنس الطاولة أم باخرة فارغة مماثلة لها؟ فسر إجابتك.
الباخرة المملوءة بكرات التنس لأن لها وزن أكبر.

٦٧- ما عمق وعاء من الماء الضغط عند قاعه يساوي قيمة الضغط في قاع وعاء مملوء بالزئبق، وعمقه ١٠ cm، علما بأن كثافة الزئبق تزيد ١٣.٥٥ مرة على كثافة الماء؟

$$P_{ماء} = P_{زئبق} \quad \rightarrow \quad \rho_{ماء} h_{ماء} g = \rho_{زئبق} h_{زئبق} g$$

$$h_{ماء} = \frac{\rho_{زئبق}}{\rho_{ماء}} h_{زئبق} = (١٣.٥٥)(١٠) = ١٣٦\ cm$$

٦٨- وضعت قطرات من الزئبق، والماء، والإيثانول والأسيتون على سطح مستو أملس، كما في الشكل. ماذا تستنتج عن قوى التماسك في هذه السوائل من خلال هذا الشكل؟
قوى التماسك قوية للزئبق وضعيفة في الأستون، قوى التماسك القوية سوف تجعل القطرات أكثر كروية.

٦٩- يتبخر الكحول بمعدل أسرع من تبخر الماء عند درجة الحرارة نفسها، ماذا تستنتج من هذه الملاحظة عن خصائص الجزيئات في كلا السائلين؟
قوى التماسك للماء أكبر من تلك التي للكحول.

٧٠- افترض أنك استخدمت مثقبا لإحداث ثقب دائري في صفيحة من الألومنيوم، إذا سخنت الصفيحة، فهل يزداد حجم الثقب أم يقل؟ فسر ذلك.
الثقب سوف يصبح أكبر، لأن التسخين يعطي جزيئات الألومنيوم طاقة، مما تسبب زيادة في حجم الألومنيوم.

٧١- وضعت خمسة أجسام في خزان من الماء كثافتها على النحو الآتي:

a. ٠.٨٥ g/cm^3	b. ٠.٩٥ g/cm^3
c. ١.٠٥ g/cm^3	d. ١.١٥ g/cm^3
e. ١.٢٥ g/cm^3	

وكثافة الماء ١.٠٠ g/cm^3. ويوضح الشكل ستة مواقع محتملة لهذه الأجسام، اختر المواقع من ١ إلى ٦ لكل من الأجسام الخمسة.
a – ١ , b – ٢ , c – ٦ , d – ٦ , e – ٦

٧٢- تم تسخين حجمين متساويين من الماء في أنبوبين ضيقين ومتماثلين، إلا أن الأنبوب A مصنوع من الزجاج العادي، والأنبوب B مصنوع من الزجاج القابل للتسخين في الأفران، وعندما ارتفعت درجة الحرارة، ارتفع مستوى الماء في الأنبوب B أكثر من الأنبوب A. فسر ذلك.

الزجاج القابل للتسخين يتوسع أقل من الزجاج العادي عند التسخين، ولذلك عند التسخين الأنبوب A سوف يتوسع أكثر، فيكون مستوى الماء فيه أقل.

٧٣- كتاب فيزياء كتلته $0.85\,kg$، وأبعاد سطحه $20\,cm \times 24\,cm$ يستقر على سطح طاولة.

a. ما القوة التي يؤثر بها الكتاب في الطاولة؟

$$W = mg = (0.85\ kg)(9.80\ m/s^2) = 8.3\ N$$

b. ما الضغط الذي يؤثر به الكتاب؟

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{lw} = \frac{(0.85kg)(9.8)}{(2.40\times10^{-1}m)(2.00\times10^{-1}m)} = 1.7\times10^{2}\ Pa$$

٧٤- الحل:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{\pi r^2} = \frac{(75kg)(9.8)}{\pi(0.07)^2} = 4.8\times10^{4}\ Pa$$

٧٥- الحل:

$$F = PA = (1.01\times10^{5}\ Pa)(0.025\ m^2) = 2.5\times10^{3}\ N$$

٧٦- الحل:

a.

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1.01\times10^{5}Pa)(0.0080)}{(8.31)(300K)} = 0.32\ moles$$

b.

$$M = 12 + 2(16) = 44\ g/mol$$
$$m = nM = (0.32\ mol)(44\ g/mol) = 14\ g$$

٧٧- الحل:

بما أن الضغط ثابت:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2.$$
$$\frac{h_1}{T_1} = \frac{h_2}{T_2} \rightarrow h_2 = \frac{h_1 T_2}{T_1} = \frac{(20cm)(373\ k)}{(273\ k)} = 3\times10^{1}\ cm$$

٧٨- الحل:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \rightarrow V_2 = \frac{P_1 v_1}{P_2} = \frac{P_1 v_1}{P_2 + \frac{mg}{A}}$$

$$V_2 = \frac{(1.5\times10^5 Pa)(0.23 m^3)}{(1.5\times10^5 Pa)+\frac{(150)(9.8)}{(0.015)}} = 0.14\ m^3$$

٧٩- الحل:

a. ما مقدار الضغط الجديد في الإطار؟

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1V_2}$$

$$P_2 = \frac{(3.08\times10^5 Pa)(0.055 m^3)(310 k)}{(280 k)(0.058 m^3)} = 3.2\times10^5 Pa$$

b. ما الضغط المعاير الجديد؟

$$P_{\text{المعاير}} = \frac{(30\ psi)(0.055 m^3)(310 k)}{(280 k)(0.058 m^3)} = 31\ psi$$

٨٠- الحل:

a. عند قاعدة السد.

$$P = \rho hg = (1\times10^3 kg/m^3)(17 m)(9.8) = 1.7\times10^5 Pa$$

b. على عمق $4 m$ من سطح الماء.

$$P = \rho hg = (1\times10^3 kg/m^3)(4 m)(9.8) = 3.9\times10^4 Pa$$

٨١- الحل:

$$P = P_{\text{زيت}} + P_{\text{ماء}}$$
$$= \rho_{\text{الزيت}} h_{\text{زيت}} g + \rho_{\text{ماء}} h_{\text{ماء}} g$$
$$= (810\ kg/m^3)(0.025 m)(9.8) + (1\times10^3 kg/m^3)(0.065 m)(9.8)$$
$$= 8.4\times10^2 Pa$$

٨٢- الحل:

a.

$$F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{ماء}} Vg = F_g - F_{\text{ظاهري}}$$
$$V = \frac{F_g - F_{\text{ظاهري}}}{\rho_{\text{ماء}} g} = \frac{(11.81\ N - 11.19 N)}{(1.0\times10^3 kg/m^3)(9.8)} = 6.33\times10^{-5} m^3$$

b.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{F_g}{V_g} = \frac{(11.81\ N)}{(6.33\times10^{-5} m^3)(9.8)} = 19.7\times10^3 kg/m^3$$

٨٣- الحل:

a.

$$Fg = 195\ N + 8\ N = 203\ N$$

b.

$$Fg = 195\ N + 2\ N = 197\ N$$

قوة الطفو مساوية لوزن السائل المزاح.

٨٤- الحل:

$$F_{\text{الطفو}} = F_g = ٢٦.٠\ N$$

٨٥- الحل:

$$F_{\text{الظاهري}} = F_g - F_{\text{الطفو}} = \rho_{\text{الهيليوم}} V_g - \rho_{\text{الهواء}} V_g$$
$$= (\rho_{\text{الهيليوم}} - \rho_{\text{الهواء}}) V_g$$
$$= (٠.١٧٧\ kg/m^٣ - ١.٢٠\ kg/m^٣)\ (١.٠٠\ m^٣)(٩.٨٠\ m/s^٢)$$
$$= -١٠.٠\ N$$

٨٦- الحل:

$$F F_{\text{ماء ظاهري}} = F_g - \rho_{\text{ماء}} V_g$$
$$,\ F F_{\text{سائل ظاهري}} = F_g - ٢\rho_{\text{ماء}} V_g\ ,\ V = \frac{F_g - F_{F\text{ماء ظاهري}}}{٢\rho_{\text{ماء}} g}$$
$$F F_{\text{ماء ظاهري}} = F_g - \rho_{\text{ماء}} g \left(\frac{F_g - F_{F\text{ماء ظاهري}}}{٢\rho_{\text{ماء}} g}\right)$$
$$= F_g - \left(\frac{١}{٢}\right)(F_g - F_{\text{للسائل ظاهري}}) = \left(\frac{١}{٢}\right)(F_g - F_{\text{للسائل ظاهري}})$$
$$= \left(\frac{١}{٢}\right)(٥٤N + ٤٦\ N) = ٥.٠ \times ١٠^١\ N$$

٨٧- الحل:

$$I = \left(١ - \frac{v_{\text{ماء}}}{v_{buoy}}\right) I_{\text{الخزان}} = \left(١ - \frac{\left(\frac{m}{\rho_{\text{ماء}}}\right)}{\pi r^٢ h}\right) I_{\text{الخزان}}$$
$$= \left(١ - \frac{m}{\pi r^٢ h \rho_{\text{ماء}}}\right) I_{\text{الخزان}}$$
$$= \left(١ - \frac{١٢٠kg}{\pi\left(\frac{١}{٢}(.٣٣)\right)^٢ (٢.١m)(١.٠\times١٠^٣ kg/m^٣)}\right)(٢.١m) = ٠.٧٠\ m$$

٨٨- الحل:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_١ \Delta T} = \frac{L_٢ - L_١}{L_١ (T_٢ - T_١)}$$
$$\alpha = \frac{٠.٩٧٢\ m - ٠.٩٧٥m}{(٠.٩٧٥\ m)(٢٣^\circ C - ٤٥^\circ C)} = ١.٤ \times ١٠^{-٤}\ ^\circ C^{-١}$$

٨٩- الحل:

$$\Delta T = ١.٠\ K = ١.٠^\circ C$$
$$\Delta L = \alpha L_١ \Delta T$$

$$= (٢٥ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(٠.٥٠٠\ m)(١.٠°C) = ١.٣ \times ١٠^{-٥}\ m$$

٩٠- الحل:

$$L = \alpha L_١ \Delta T = \alpha L_١(T_٢ - T_١)$$
$$= (١٢ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(٣٠٠\ m)(٥٠°C - ١٠°C) = ٠.١\ m$$

٩١- الحل:

$$L = \alpha L_١ \Delta T = \alpha L_١(T_٢ - T_١)$$
$$= (١٦ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(٢.٠٠\ m)(٩٧٨°C - ٢٣°C) = ٣.١ \times ١٠^{-٢}\ m$$

٩٢- الحل:

$$\Delta V = \beta V_١ \Delta T = (٣٦ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(١.٠\ m^٣)(٤٥°C) = ١.٦ \times ١٠^{-٣}\ m^٣$$

٩٣- الحل:

$$L_٢ = L_١ + \alpha L_١(T_٢ - T_١)$$
$$T_٢ = T_١ + \frac{L_٢ - L_١}{\alpha L_١}$$
$$= ٢٠°C + \frac{١.٢٢٣٠\ cm - ١.٢٢٥٠\ cm}{(١٢ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(١.٢٢٥٠\ cm)} = -١.٢ \times ١٠^{٢}\ °C$$

٩٤- الحل:

$$\Delta V = \beta V_١ \Delta T = (\beta_{\text{مينقول}} - \beta_{\text{فولاذ}})(\pi r^٢ h)(T_٢ - T_١)$$
$$= (١٢٠٠ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١} - ٣٥ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(\pi)(١.٠\ m)^٢$$
$$(٥.٠ m)(٤٠°C - ١٠°C)$$
$$= ١.٦ \times ١٠^{-٣}\ m^٣$$

٩٥- الحل:

$$\Delta V = \beta V_١ \Delta T$$
$$= (٧٥ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(١.٧٨\ cm^٣)(٥٨٠°C - ١١°C) = ٧.٦ \times ١٠^{-٢}\ cm^٣$$

٩٦- الحل:

$$V_٢ = V_١ + V_١ \beta \Delta T = V_١(١ + \beta \Delta T)$$
$$V_١ = \frac{V_٢}{١ + \beta \Delta T}$$
$$= \frac{٢.٥٦\ cm^٣}{(١ + (٤٨ \times ١٠^{-٦}\,°C^{-١})(٩٨٤°C - ١٢°C))} = ٢.٤\ cm^٣$$

٩٧- الحل:

a. ما مقدار تغير طول جوانب المربع؟

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$
$$= (١٢ \times ١٠^{-٦} \, ^\circ C^{-١})(٠.٣٣٠٠ \, m)(٩٥ \, ^\circ C - ٠ \, ^\circ C) = ٣.٨ \times ١٠^{-٤} \, m$$

b. ما نسبة التغير في مساحة المربع؟

$$\text{نسبة التغير} = \frac{\Delta A}{A_1} = \frac{A_2 - A_1}{A_1} = \frac{L_2^{٢} - L_1^{٢}}{L_1^{٢}} = \frac{(L_1 + \Delta L)^{٢} - L_1^{٢}}{L_1^{٢}}$$
$$= \frac{((٠.٣٣٠٠) + ٣.٨ \times ١٠^{-٤} m)^{٢} - (٠.٣٣٠٠)^{٢}}{(٠.٣٣٠٠)^{٢}} = ٢.٣ \times ١٠^{-٣}$$

٩٨- الحل:

a. حجمه عند درجة ٢٧٠ K؟

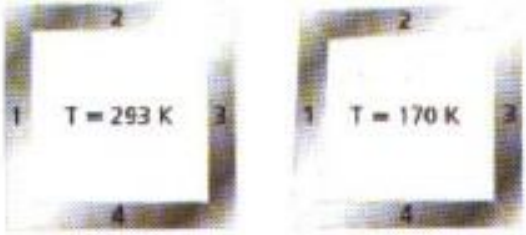
$$V_2 = V_1 + V_1 \beta \Delta T = V_1 (١ + \beta (T_2 - T_1))$$
$$= (٠.٣٥٠ m^{٣})(١ + (٧٥ \times ١٠^{-٦} \, ^\circ C^{-١})(٢٧٠ K - ٣٥٠ K) = ٠.٣٤٨ \, m^{٣}$$

b. طول ضلع المكعب عند درجة ٢٧٠ K؟

$$L = (V_2)^{\frac{١}{٣}} = (٠.٣٤٨)^{\frac{١}{٣}} = ٠.٧٠٣ \, m$$

٩٩- الحل:

بتأمل الشكلين نجد أنه حدث تقلص في طول الجزأين الأول والثاني، وبذلك يكونان من الألومنيوم، لأن له معامل تمدد طولي أكبر من الفولاذ.



مراجع

١- أساسيات الفيزياء
الدار الدولية للاستثمارات الثقافية
مصر- دار الشروق.

٢- استمتع مع الفيزياء - سوزان
ماكفرات-
الطبعة الأولى.

٣- الفيزياء في الطبيعة -ل.ق.تاراسون
مترجم.
عدد الاجزاء: ١، سنة النشر: ٢٠٠٣
الطبعة رقم: ١- الدار العربية للعلوم

٤- الموسوعة العلمية الميسرة
مكتبة لبنان.