الخلاصة

فيزياء الصف الثاني عشر (12)

الفصل الدراسي الأول

العام الدراسي : 2025 / 2026 م

أ/ يوسف عزمي

صفوة معلم الكويت

الدرس (1 – 1) : الشغل

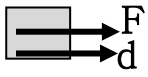
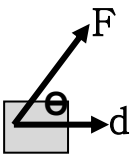
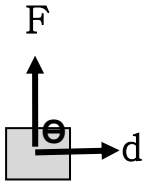
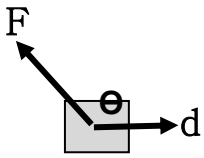
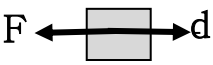
الشغل : عملية تقوم فيها قوة مؤثرة بإزاحة جسم في اتجاهها

أو كمية عددية تساوي حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة والإزاحة

$$W = \vec{F}.\vec{d} = Fd\cos\theta$$

الجول : الشغل الذي تبذله قوة (1 N) تحرك الجسم في اتجاهها إزاحة (1 m)

** يقاس الشغل بوحدة الجول (J) بحسب النظام الدولي للوحدات والتي تكافئ N.m

قيمة (θ)	θ = 0	90 > θ > 0	θ = 90	180 > θ > 90	θ = 180
رسم متجهي القوة والإزاحة					
قيمة (cos θ)	1	0 ⟨ cos θ ⟨ 1	0	-1 ⟨ cos θ ⟨ 0	-1
مقدار الشغل	(أكبر ما يمكن) موجب	موجب	(ينعدم) صفر	سالب	(أكبر ما يمكن) سالب
نوع الشغل	منتج للحركة	منتج للحركة	ينعدم	مقاوم للحركة	مقاوم للحركة

وجه المقارنة	زيادة سرعة الجسم	ثبوت سرعة الجسم	نقص سرعة الجسم
نوع العجلة	موجبة	صفر	سالبة
نوع الشغل الناتج	موجب أو منتج للحركة	صفر أو ينعدم	سالب أو مقاوم للحركة

علل لما يأتي :

1- الشغل كمية عددية .

لأنه حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة والإزاحة $W = \vec{F}.\vec{d} = Fd\cos\theta$

2- شغل قوة الاحتكاك يكون دائماً سالب .

لأن مركبة القوة تكون معاكسة لاتجاه الإزاحة $W = -Fd$ ⇒ $\cos 180 = -1$ ⇒ $\theta = 180$

3- ينعدم الشغل المبذول (الشغل يساوي صفر) على جسم في مسار دائري مغلق يساوي عدد صحيح من الدورات.

أو لا تبذل شغلاً عند ضربك للحائط بقوة كبيرة.

لأن الإزاحة تساوي صفر $W = Fd\cos\theta = 0$

4- ينعدم الشغل المبذول (الشغل يساوي صفر) عند تحريك جسم بسرعة منتظمة .

لأن العجلة ($a = 0$) وبالتالي القوة ($F = 0$) وبالتالي الشغل صفر $W = Fd\cos\theta = 0$

5- لا تبذل شغلاً إذا وقفت حاملاً حقيبتك الثقيلة على جانب الطريق .

لأن الإزاحة تساوي صفر $W = Fd\cos\theta = 0$

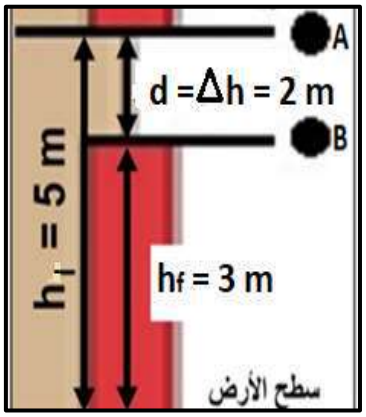
6- شغل وزن الحقيبة عندما ترفع حقيبتك بقوة إلى أعلى وتتحرك باتجاه أفقي عمودي على اتجاه القوة يساوي صفر.

أو ينعدم الشغل المبذول من وزن السيارة عندما تتحرك على طريق أفقي .

أو قوة جذب الأرض للقمر الصناعي لا تبذل شغلا في تحريكه أثناء دورانه حول الأرض .

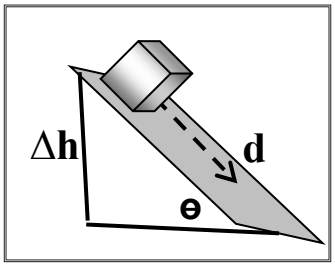
لأن مركبة القوة تكون عمودية على اتجاه الإزاحة حيث $W = Fd\cos\theta = 0$ ⇒ $\cos 90 = 0$

الشغل المبذول من وزن الجسم



** حساب الشغل المبذول من الوزن في الهواء : $W_w = mg\,\Delta h$

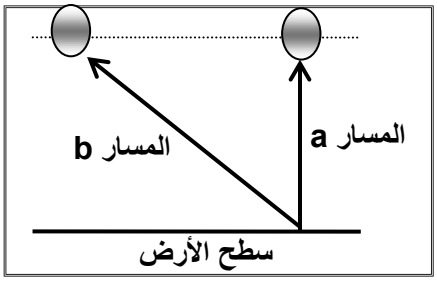
العوامل التي يتوقف عليها شغل الوزن : وزن الجسم - الإزاحة الرأسية



** حساب الشغل المبذول من الوزن في المستوي المائل :

$\Delta h = d \sin \theta$

$W_w = mg\,\Delta h$



** في الشكل المقابل :

أ) الشغل الناتج عن الوزن عندما يتحرك من موضعه إلى سطح الأرض على المسار (b) يساوي إذا تحرك من نفس الموضع على المسار (a).

ب) التفسير : الشغل الناتج عن الوزن لا يرتبط بشكل المسار، ولكن يتوقف على الإزاحة الرأسية

حركة الجسم	إلى نقطة أدنى مع اتجاه قوة الجاذبية	إلى نقطة على نفس مستوي موقعه الابتدائي	إلى نقطة أعلى عكس اتجاه قوة الجاذبية
نوع الشغل الناتج عن الوزن	موجب	صفر	سالب
قانون الشغل الناتج عن الوزن	$W_w = mg\,\Delta h$	$W_w = 0$	$W_w = -mg\,\Delta h$

الشغل المبذول من النابض

وجه المقارنة	قوة منتظمة	قوة متغيرة
التعريف	قوة ثابتة المقدار والاتجاه	قوة يتغير مقدارها أو اتجاهها
أمثلة	قوة الجاذبية الأرضية	قوة الشد على النابض
حساب القوة	$F = m\,g$	$F = k\,\Delta X$
حساب الشغل الناتج	$W = Fd\cos\theta$	$W = \frac{1}{2}\,k\,\Delta x^2$

ماذا يحدث :

1- لمقدار الشغل المبذول لاستطالة زنبرك ثابت مرونته (K) عند زيادة الاستطالة إلى مثلي ما كانت عليه.

يزداد الشغل المبذول إلى أربعة أمثال

2- لمقدار الشغل المبذول لاستطالة زنبرك ثابت مرونته (K) عندما تقل الاستطالة إلى نصف ما كانت عليه.

يقل الشغل المبذول إلى الربع

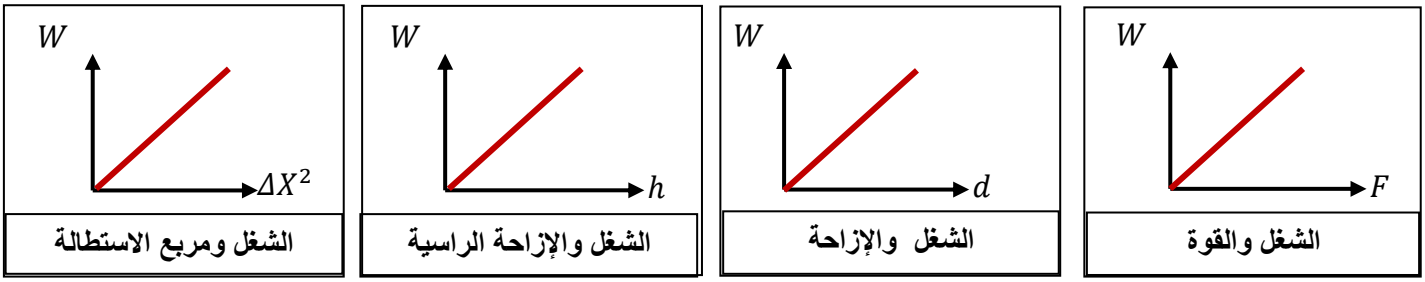
** أذكر العوامل التي يتوقف عليها كل من :

1- الشغل الذي تبذله قوة في إزاحة جسم أفقياً : 1- القوة 2- الإزاحة 3- الزاوية بينهما

2- الشغل الناتج عن وزن جسم عند إزاحته رأسياً : 1- وزن الجسم 2- الإزاحة الراسية

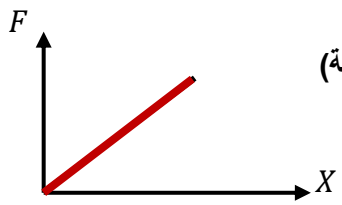
3- الشغل الناتج عن وزن كتلة معلقة في نابض مرن : 1- ثابت هوك 2- الاستطالة الحادثة

قوانين الدرس (1 – 1) : الشغل	
الشغل الذي تبذله قوة في إزاحة جسم أفقياً	$W = \vec{F}.\vec{d} = F.d\cos\theta$
الشغل الناتج عن وزن جسم عند إزاحته رأسياً	$W_w = mg\Delta h$
الشغل الناتج عن وزن كتلة معلقة في نابض مرن	$W = \frac{1}{2}F\Delta X = \frac{1}{2}K.\Delta X^2$



** الميل يمثل ثابت هوك

** المساحة تحت منحني (القوة – الإزاحة) تمثل الشغل



القوة المتغيرة والاستطالة



القوة المنتظمة والإزاحة

مثال 1 : يحمل رجل حقيبة وزنها (400 N) ويتحرك بها أفقياً (10 m) . احسب الشغل الناتج من وزن الحقيبة ؟

$$W_w = Fd\cos 90 = 0$$

مثال 2 : يسحب صندوق بسرعة ثابتة على سطح أفقي خشن بتأثير قوة شد أفقية. فإذا بذلت قوة الشد شغلاً مقداره (54 J) حينما أزاحت الصندوق (9 m) باتجاه الشرق (اليمين) . أحسب :

أ) الشغل الكلي المبذول :

$$W_T = 0$$

ب) الشغل المبذول من قبل قوة الاحتكاك :

$W_T = W_F + W_f$ $\quad 0 = 54 + W_f$ $\quad W_f = -54$ J

ج) مقدار واتجاه قوة الاحتكاك بين الصندوق والسطح :

$W_f = f\,d\cos 180$ $\quad -54 = f \times 9 \cos 180$ $\quad f = 6$ N $\quad$ غرباً أو يساراً



مثال 3 : يدفع مزارع آلة الزرع بسرعة ثابتة على طريق أفقي مستقيم بقوة تصنع مع الأفقي زاوية (60°) وتقطع الآلة مسافة (5 m) . فإذا كانت الآلة تتعرض لقوة احتكاك مقدارها (20 N) . أحسب :

أ) الشغل المبذول من قبل قوة الاحتكاك :

$$W_f = f\,d\cos 180 = 20 \times 5 \times \cos 180 = -100\ J$$

ب) الشغل الذي يبذله المزارع :

$W_T = W_F + W_f$ $\quad 0 = W_F + (-100)$ $\quad W_F = 100$ J

ج) قوة الدفع من المزارع علي الآلة :

$W_F = F\,d\cos\theta$ $\quad 100 = F \times 5 \cos 60$ $\quad F = 40$ N

مثال 4 : يحمل ولد كرة كتلتها (2 kg) أعلى مبني ارتفاعه (10 m) ثم أفلت الولد الكرة لتسقط .

أ) ما هو مقدار الشغل المبذول على الكرة نتيجة قوة إمساك الولد لها :

$W = 0$ لان الكرة لم تتحرك $d = 0$

ب) احسب مقدار الشغل الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية إذا تحركت الكرة مسافة (3 m) :

$$Ww = mg\,\Delta h = 2 \times 10 \times 3 = 60\ J$$

ج) احسب مقدار الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك مع الهواء خلال سقوط الكرة مسافة (3 m) وقوة الاحتكاك (1 N) :

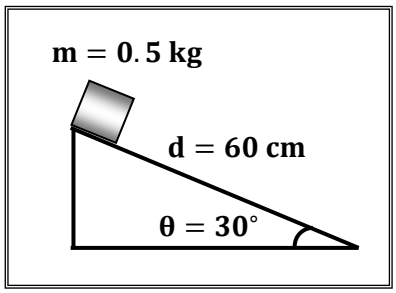
$$W_f = f\,d\cos\Theta = 1 \times 3 \cos 180 = -3\ J$$

د) احسب مقدار الشغل الكلي المبذول على الكرة نتيجة القوي المؤثرة فيها :

$$W_T = W_1 + W_2 = 60 + (-3) = 57\ J$$

مثال 5 : وضع صندوق كتلته (0.5) kg عند قمة مستوي أملس يميل على الأفق بزاوية (30°) كما بالشكل فإذا تحرك الصندوق على المستوي مسافة (60) cm .

أحسب الشغل الناتج عن وزن الصندوق :



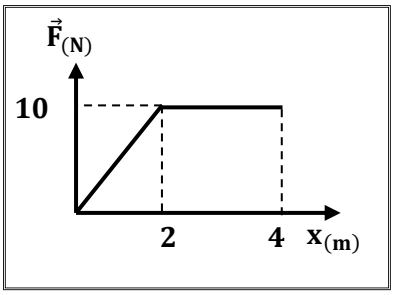
$$\Delta h = d \sin\theta = 0.6 \times \sin 30 = 0.3\ m$$

$$W_w = m\,g\,\Delta h = 0.5 \times 10 \times 0.3 = 1.5\ J$$

مثال 6 : الشكل المقابل يمثل منحني (F - X) المعبر عن حركة جسم تحت تأثير قوة ما.

أحسب الشغل الذي بذلته القوة في إزاحة الجسم :

المساحة تحت المنحنى (القوة - الازاحة) تمثل الشغل

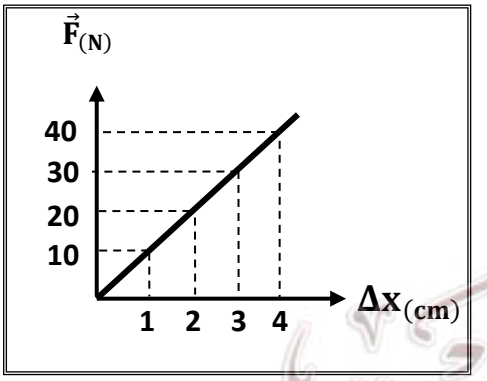


$$W_1 = \frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10 = 10\ J$$

$$W_2 = \text{الطول} \times \text{العرض} = (4-2) \times 10 = 20\ J$$

$$W_T = W_1 + W_2 = 10 + 20 = 30\ J$$

مثال 7 : من الشكل المقابل . احسب :



أ) ثابت القوة للزنبرك :

$$K = \frac{F}{\Delta X} = \frac{40}{0.04} = 1000\ N/m$$

ب) الشغل المبذول على الزنبرك لإحداث استطالة مقدارها (4 cm) :

$$W = \frac{1}{2} K\,\Delta X^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 0.04^2 = 0.8\ J$$

مثال 8 : الشكل المقابل يمثل نابض مرن علقت به كتلة (m = 0.5 kg)

فاستطال النابض بتأثيرها مسافة (ΔX) مقدارها m (0.04). أحسب :



أ) مقدار القوة المحدثة للاستطالة بوحدة (N) تساوي :

$$F = mg = 0.5 \times 10 = 5\ N$$

ب) الشغل المبذول من الكتلة على النابض لإحداث الاستطالة السابقة بوحدة (J) يساوي :

$$W = \frac{1}{2} F\,\Delta X = \frac{1}{2} \times 5 \times 0.04 = 0.1\ J$$

الدرس (1 – 2) : الشغل والطاقة

الطاقة : المقدرة على إنجاز شغل

الطاقة الحركية

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

الطاقة الحركية : الشغل الذي ينجزه الجسم بسبب حركته

** تتوقف الطاقة الحركية لجسم يتحرك على مسار مستقيم على كتلة الجسم و سرعة الجسم

** الطاقة الحركية لجسم متحرك تتناسب طرديا مع كل من كتلة الجسم و مربع سرعة الجسم

** الطاقة الحركية كمية عددية دائماً موجبة بينما التغير في الطاقة الحركية قد يكون موجب أو سالب أو صفر

** عند ثبوت سرعة الجسم فأن التغير في الطاقة الحركية تساوي صفر

ماذا يحدث :

1- للطاقة الحركية لجسم ما عندما تزداد سرعة الجسم للمثلي

الطاقة الحركية تزداد أربعة أمثال

2- للطاقة الحركية لجسم ما عندما تقل سرعة الجسم للنصف

الطاقة الحركية تقل للربع

علل : الكرة المقذوفة بسرعة أفقية كبيرة على مستوي أفقي تستطيع أن تقطع مسافة أكبر قبل أن تتوقف من كرة مماثلة لها قذفت على نفس المستوي بسرعة أقل قبل أن تتوقف .

لأن الكرة في الحالة الأولي تمتلك طاقة حركية أكبر

قانون الطاقة الحركية : الشغل الناتج عن محصلة القوة الخارجية يساوي التغير في الطاقة الحركية

$$W_T = \Delta KE = KE_f - KE_i = \frac{1}{2}m.V_f^2 - \frac{1}{2}m.V_i^2$$

الطاقة الكامنة

الطاقة الكامنة : طاقة يختزنها الجسم وتسمح له بإنجاز شغل للتخلص منها

وجه المقارنة	الطاقة الكامنة التثاقلية	الطاقة الكامنة المرنة في النابض	الطاقة الكامنة المرنة في الخيط المطاطي
القانون	$PE_g = mgh$	$PE_e = \frac{1}{2}K.\Delta X^2$	$PE_e = \frac{1}{2}C.\Delta\theta^2$
العوامل	وزن الجسم الارتفاع الراسي	ثابت هوك الاستطالة الحادثة	ثابت المرونة للخيط الإزاحة الزاوية

علل لما يأتى :

1- إذا أسقطت مطرقة على مسمار من مكان مرتفع ينغرز المسمار مسافة أكبر مقارنة بإسقاطها من مكان اقل ارتفاعا

لأن المطرقة في الحالة الأولي تمتلك طاقة كامنة تثاقلية أكبر فتبذل شغل أكبر على المسمار

2- يعود الزنبرك إلى وضعه الأصلي عند إفلاته

لأن الشغل المبذول في الزنبرك يختزن على شكل طاقة كامنة مرونية

ملاحظات هامة :

** العوامل التي يتوقف عليها ثابت المرونة (C) : طول الخيط و سماكة الخيط و الخصائص الميكانيكية

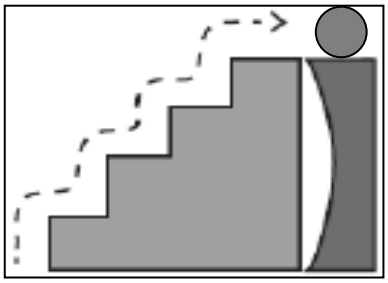
** من أمثلة الطاقة الكامنة التثاقلية مياه الشلالات

** من أمثلة الطاقة الكامنة الكيميائية الغذاء والبطاريات والفحم

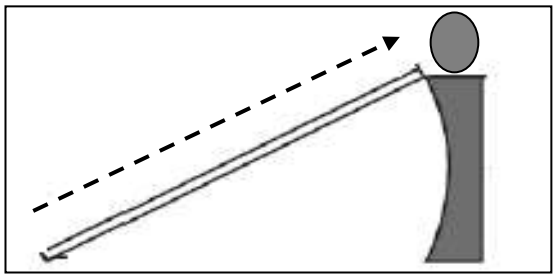
** سطح الأرض يسمي المستوي المرجعي والطاقة الكامنة التثاقلية عنده تساوي صفر لأن الارتفاع يساوي صفر

** تحت المستوي المرجعي الطاقة الكامنة التثاقلية تساوي مقدار سالب بينما فوق المستوي المرجعي مقدار موجب

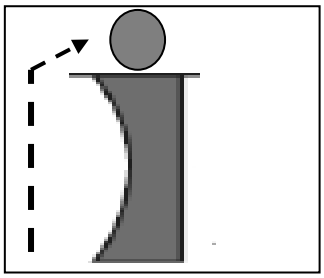
** في الشكل التالي يتم رفع حجر وزنه (100 N) إلى الأعلى على ارتفاع (2 m) في الحالات الآتية :



رفع الحجر على سلم مدرج



رفع الحجر على سطح مائل



رفع الحجر مرة واحدة

أ) ماذا تلاحظ : الطاقة الكامنة التثاقلية لا يتغير

ب) ماذا تستنتج : الطاقة الكامنة التثاقلية لا ترتبط بشكل المسار ولكن تتوقف على الارتفاع الرأسي

**** التغير في طاقة الوضع التثاقلية يساوى معكوس الشغل المبذول من وزن الجسم :**

$$W_w = -\Delta PE_g$$

$$W_W = -(PE_f - PE_i) = -(mgh_f - mgh_i)$$

وجه المقارنة	تحرك الجسم رأسياً إلى أعلى	تحرك الجسم رأسياً إلى أسفل
(ΔPE_g)	موجب	سالب
شغل الوزن (W_w)	سالب	موجب

الطاقة الميكانيكية

الطاقة الميكانيكية : مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة

$$ME = KE + PE = \frac{1}{2}mV^2 + mgh$$

** الطاقة الميكانيكية للجسم تظل ثابتة مهما أختلف الارتفاع بإهمال الاحتكاك مع الهواء

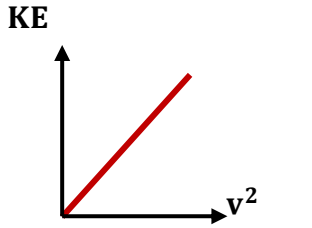
** عند أقصى ارتفاع تكون الطاقة الكامنة التثاقلية للجسم أكبر ما يمكن بينما تكون الطاقة الحركية صفر

** عند المستوي المرجعي تكون الطاقة الكامنة التثاقلية للجسم صفر بينما تكون الطاقة الحركية أكبر ما يمكن

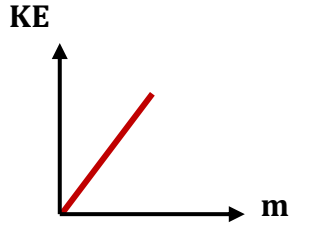
** جسم طاقة وضعه (200 J) عندما يكون على ارتفاع (h) من الأرض فإذا ترك ليسقط سقوط حر فإن طاقة حركته تصبح (50 J)

عندما يكون الجسم هبط مسافة قدرها ¼ h ويكون على ارتفاع من الأرض يساوي ¾ h

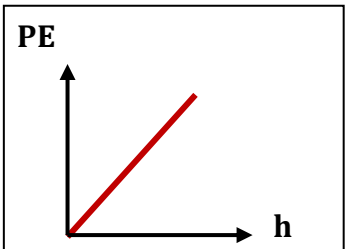
قوانين الدرس (1 – 2) : الشغل والطاقة	
الطاقة الحركية للجسم	$KE = \frac{1}{2}mV^2$
الشغل والطاقة الحركية	$W_T = \Delta KE = KE_f - KE_i = \frac{1}{2}m.V_f^2 - \frac{1}{2}m.V_i^2$
الطاقة الكامنة التثاقلية	$PE_g = mgh$
شغل الوزن والطاقة الكامنة التثاقلية	$W_W = -(PE_f - PE_i) = -(mgh_f - mgh_i)$
الطاقة الكامنة المرنة في النابض	$PE_e = \frac{1}{2}F\Delta X = \frac{1}{2}K\Delta X^2$
الطاقة الكامنة المرنة في خيط مطاطي	$PE_e = \frac{1}{2}C\,\Delta\theta^2$
السرعة النهائية لجسم بدلالة الإزاحة الراسية	$V_f = \sqrt{2g\,\Delta h}$
الطاقة الميكانيكية	$ME = KE + PE = \frac{1}{2}mV^2 + mgh$
التغير في الطاقة الميكانيكية بإهمال الاحتكاك بالهواء	$\Delta ME = 0 \quad \Leftrightarrow \quad ME_i = ME_f$



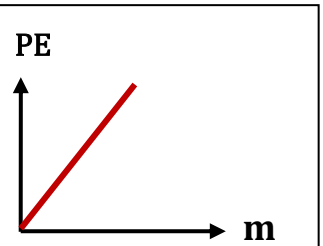
الطاقة الحركية ومربع سرعة



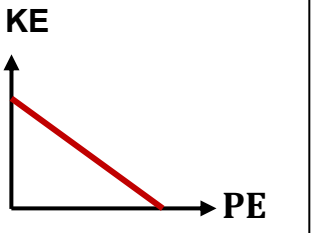
الطاقة الحركية وكتلة الجسم



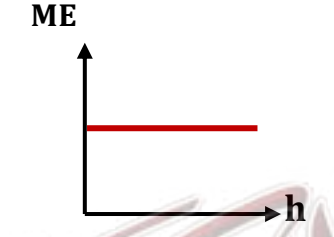
طاقة الوضع التثاقلية والارتفاع لجسم يقذف لأعلى



طاقة الوضع التثاقلية وكتلة الجسم

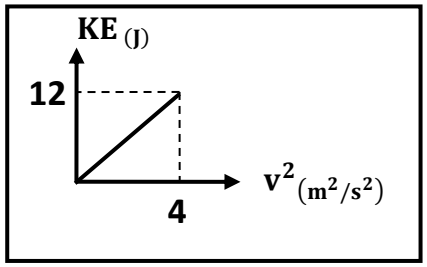


طاقة الوضع وطاقة الحركة مع اهمال الاحتكاك بالهواء



الطاقة الميكانيكية والارتفاع مع اهمال الاحتكاك بالهواء

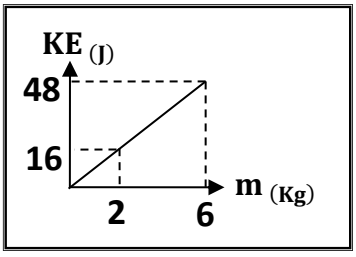
صفوة معلمي الكويت



مثال 1 : في الشكل المقابل يمثل تغير الطاقة الحركية لجسم متحرك بتغير سرعته الخطية .

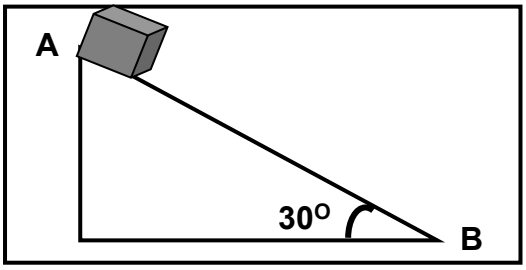
احسب كتلة هذا الجسم :

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 \qquad 12 = \frac{1}{2} \times m \times 4 \qquad m = 6\ kg$$



مثال 2 : إذا كان الشكل المقابل يمثل تغير الطاقة الحركية لمجموعة أجسام مختلفة الكتلة ومتحركة حركة خطية بنفس السرعة .أحسب سرعة هذه الأجسام :

$$KE = \frac{1}{2} mv^2 \qquad 48 = \frac{1}{2}\ x\ 6\ x\ v^2 \qquad V = 4\ m/s$$



مثال 3 : انزلق جسم كتلته (1 kg) من سكون من نقطة (A) على مستوي مائل أملس يميل بزاوية (30^O) مع المستوي الأفقي ليصل إلى النقطة (B) حيث (AB = 4 m).

احسب :

أ) الشغل الناتج عن وزن الصندوق :

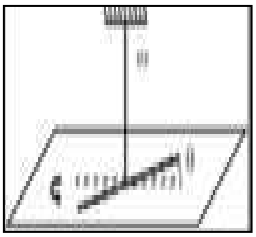
$$\Delta h = d \sin\theta = 4 \times \sin 30 = 2\ m$$

$$W_w = m\ g\ \Delta h = 1 \times 10 \times 2 = 20\ J$$

ب) سرعة الجسم عند النقطة (B) :

$$W = \Delta KE = \frac{1}{2} m V_F^2 - \frac{1}{2} m V_i^2$$

$$20 = \frac{1}{2} \times 1 \times V_F^2 - 0 \qquad \Rightarrow \qquad V_F = 6.32\ m/s$$

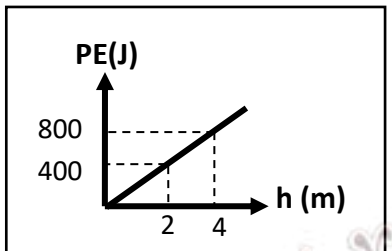


مثال 4 : خيط مطاطي ثابت مرونته ($100\ N.m/rad^2$) عند لي الخيط صنع إزاحة زاوية (30^o).

احسب الطاقة الكامنة المرنة عند لي الخيط .

$$\theta = 30 \times \frac{\pi}{180} = \frac{\pi}{6}\ rad$$

$$PE_e = \frac{1}{2} C\ \Delta\theta^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times (\frac{\pi}{6})^2 = 13.7\ J$$

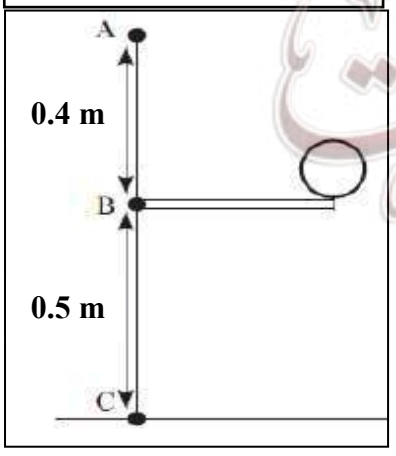


مثال 5 : الشكل المقابل يمثل التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية لجسم بتغير ارتفاعه عن سطح الأرض (المستوي المرجعي) . احسب وزن الجسم :

$$PE_g = mgh$$

$$400 = mg \times 2$$

$$mg = 200\ N$$



مثال 6 : في الشكل المقابل كرة كتلتها (1 kg) موضوعة عند المستوي المرجعي عند النقطة (B) . احسب الطاقة الكامنة التثاقلية في الحالات الآتية :

أ) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (A) :

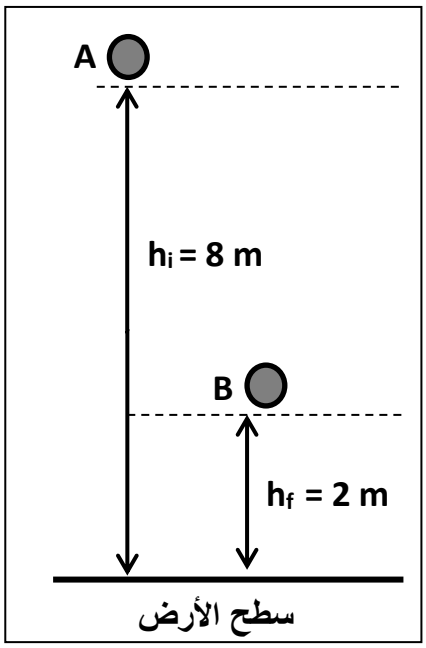
$$PE_g = mgh_A = 1 \times 10 \times 0.4 = 4\ J$$

ب) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (B) :

$$PE_g = mgh_B = 1 \times 10 \times 0 = 0$$

ج) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (C) :

$$PE_g = mgh_C = 1 \times 10 \times -0.5 = -5\ J$$



مثال 7 : سقط جسم ساكن كتلته (3) kg سقوطاً حراً نحو الأرض من النقطة (A) . احسب :

أ) مقدار التغير في طاقة الوضع التثاقلية للجسم عندما يصل الى النقطة (B)

$$\Delta PE = mg\,h_f - mg\,h_i$$

$$= 3 \times 10 \times 2 - 3 \times 10 \times 8 = -180 \text{ J}$$

ب) الشغل الذي بذله الجسم أثناء سقوطه من (A) الى (B) :

$$Ww = mg\,\Delta h = 3 \times 10 \times (8 - 2) = 180 \text{ J}$$

ج) سرعته لحظة وصوله للنقطة (B) :

$$W = \Delta KE = \frac{1}{2}mV_F^2 - \frac{1}{2}mV_i^2$$

$$180 = \frac{1}{2} \times 3 \times V_F^2 - 0$$

$$V_F = 10.95 \text{ m/s}$$

حل أخر $V_f = \sqrt{2g\,\Delta h} = \sqrt{2 \times 10 \times 6} = 10.95 \text{ m/s}$

مثال 8 : سقطت تفاحة كتلتها (0.2 kg) من ارتفاع (3 m) إلى أسفل ليصل في غياب الاحتكاك إلى الأرض .احسب

أ) طاقة الوضع التثاقلية عند أقصى ارتفاع :

$$PE_i = m\,g\,h_i = 0.2 \times 10 \times 3 = 6 \text{ J}$$

ب) سرعة التفاحة بعد سقوطها مسافة (1.8 m) أسفل موضعها الابتدائي :

$$V_f = \sqrt{2g\,\Delta h} = \sqrt{2 \times 10 \times 1.8} = 6 \text{ m/s}$$

ج) الطاقة الميكانيكية للتفاحة عند وجودها على بعد (2 m) أسفل موضعها الابتدائي :

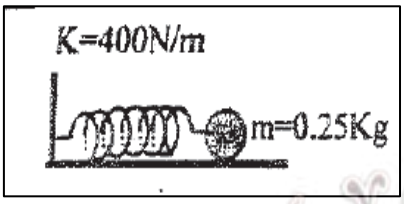
$$ME = KE_i + PE_i = 0 + 6 = 6 \text{ J}$$ (ME ثابتة مهما أختلف الارتفاع)

د) الطاقة الحركية للتفاحة عند اصطدامها بالأرض :

$$KE_f = PE_i = 6 \text{ J}$$

هـ) سرعة التفاحة لحظة اصطدامها بالأرض :

$$V_f = \sqrt{2g\,\Delta h} = \sqrt{2 \times 10 \times 3} = 7.7 \text{ m/s}$$



مثال 9 : وضعت كرة ساكنة كتلتها (0.25 kg) علي سطح أفقي أملس , أمام زنبرك ثابت مرونته (K = 400 N/m) ومضغوط مسافة مقدارها (0.01 m) كما بالشكل .أحسب :

أ) الشغل المبذول علي النابض خلال عملية انضغاط الزنبرك :

$$W = \frac{1}{2}K\Delta X^2 = \frac{1}{2} \times 400 \times (0.01)^2 = 0.02 \text{ J}$$

ب) سرعة انطلاق الكرة , إذا افلت الزنبرك فجأة :

$$W = \Delta KE = \frac{1}{2}mV_F^2 - \frac{1}{2}mV_i^2$$

$$0.02 = \frac{1}{2} \times 0.25 \times V_F^2 - 0$$

$$V_F = 0.4 \text{ m/s}$$

الدرس (1– 3) : حفظ (بقاء) الطاقة

وجه المقارنة	الأجسام الماكروسكوبية	الأجسام الميكروسكوبية
التعريف	أجسام تمتلك أبعاداً يمكن رؤيتها بالعين المجردة	أجسام دقيقة ولا ترى بالعين المجردة

وجه المقارنة	الطاقة الميكانيكية الماكروسكوبية (ME)	الطاقة الميكانيكية الميكروسكوبية (U الطاقة الداخلية)
التعريف	مجموع طاقة الوضع وطاقة الحركة للجسم	مجموع طاقة الوضع وطاقة الحركة لجسيمات النظام
العلاقة الرياضية	$ME = KE_{macro} + PE_{macro}$	$U = KE_{micro} + PE_{micro}$
العوامل	1- الطاقة الحركية الماكروسكوبية 2- الطاقة الكامنة الماكروسكوبية	1- الطاقة الحركية الميكروسكوبية 2- الطاقة الكامنة الميكروسكوبية

الطاقة الكامنة الميكروسكوبية : طاقة يتبادلها جسيمات النظام وتؤدي إلى تغير حالته .

** الطاقة الكامنة الميكروسكوبية (PE_{micro}) تتغير أثناء تغير حالة النظام

** الطاقة الحركية الميكروسكوبية (KE_{micro}) تتغير أثناء تغير درجة حرارة النظام

الطاقة الكلية : مجموع الطاقة الداخلية و الطاقة الميكانيكية $E = ME + U$

قانون حفظ الطاقة : الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم وتتحول من شكل إلى آخر (الطاقة الكلية للنظام ثابتة)

النظام المعزول : نظام لا تتبادل فيه الطاقة مع الوسط المحيط وتكون الطاقة الكلية محفوظة

علل : تزيد الطاقة الحركية الميكروسكوبية لجسيمات النظام برفع درجة حرارته .

بسبب زيادة سرعة حركة الجزئيات

علل : في الأنظمة المعزولة المغلقة تكون الطاقة الكلية محفوظة .

لأنه نظام لا تتبادل فيه الطاقة مع الوسط المحيط

** لحساب التغير في الطاقة الكلية نستخدم العلاقة : $\Delta E = \Delta ME + \Delta U$

** أكتب معادلة تعبر عن التغير في الطاقة الكلية للنظام في الحالتين التاليتين :

أ) طاقة داخلية ثابتة وطاقة ميكانيكية متغيرة : $\Delta E = \Delta ME$ $\Delta U = 0$

ب) طاقة داخلية متغيرة وطاقة ميكانيكية ثابتة : $\Delta E = \Delta U$ $\Delta ME = 0$

أولاً : حفظ الطاقة الميكانيكية في نظام معزول (بدون الاحتكاك)

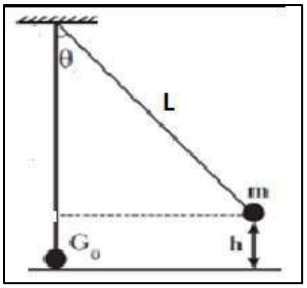
** بإهمال قوي الاحتكاك : أ) الطاقة الميكانيكية تظل محفوظة ($\Delta ME = 0$)

ب) الطاقة الداخلية تظل محفوظة ($\Delta U = 0$)

ج) الطاقة الكلية تظل محفوظة ($\Delta E = 0$)

** بإهمال قوي الاحتكاك مع الهواء يكون التغير في الطاقة الكامنة يساوى معكوس التغير في الطاقة الحركية : $\Delta PE = -\Delta KE$

البندول البسيط

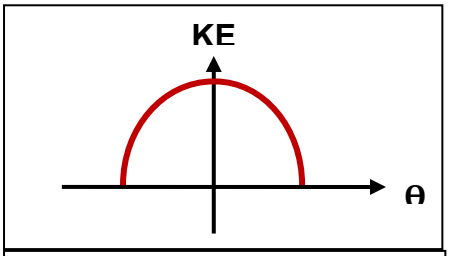


** الطاقة الميكانيكية أثناء حركة البندول البسيط :

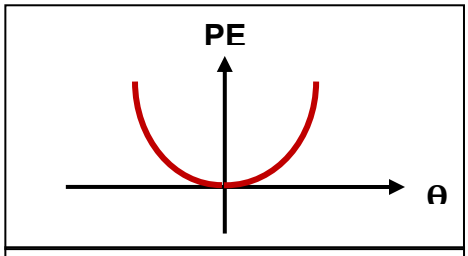
$$ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

$$ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgL(1 - \cos\theta)$$

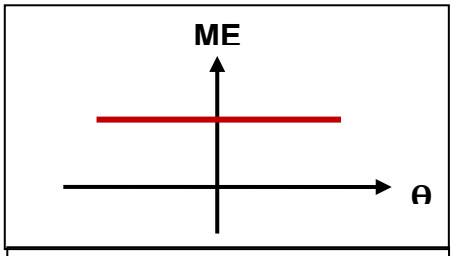
وجه المقارنة	عند أقصي ارتفاع	عند موضع الاستقرار
الطاقة الميكانيكية	ثابتة	ثابتة
الطاقة الحركية	صفر	أكبر ما يمكن
طاقة الوضع التثاقلية	أكبر ما يمكن	صفر



طاقة الحركة وزاوية البندول



طاقة الوضع وزاوية البندول



الطاقة الميكانيكية وزاوية البندول

ثانياً : عدم حفظ الطاقة الميكانيكية في نظام معزول (في وجود الاحتكاك)

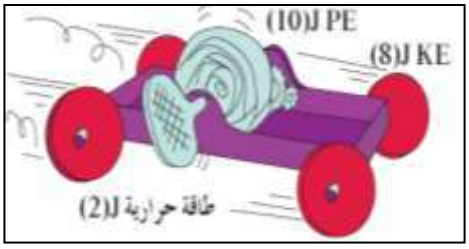
** في وجود الاحتكاك تكون الطاقة الكلية محفوظة ($\Delta E = 0$)

** في وجود الاحتكاك يكون التغير في الطاقة الميكانيكية يساوى معكوس التغير في الطاقة الداخلية ($\Delta ME = -\Delta U$)

** الشغل الناتج عن قوى الاحتكاك المؤثرة على النظام يتحول إلى طاقة داخلية ويؤدي إلى تغيير درجة الحرارة أو حالة النظام

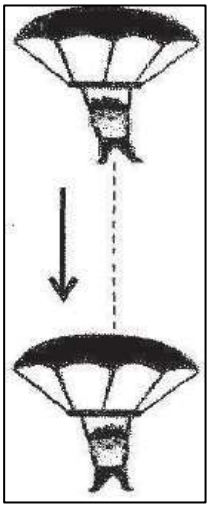
** التغير في الطاقة الميكانيكية في نظام معزول يساوى الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك : $\Delta ME = ME_f - ME_i = W_f$

علل لما يأتى :



1- في الشكل المقابل الطاقة الكلية للنظام المعزول المؤلف من الأرض والسيارة الصغيرة والهواء المحيط تبقى ثابتة ولا تتغير.

لأن الطاقة الكامنة المرونية في النابض تتحول إلى طاقة حركية وجزء منها يتحول إلى طاقة حرارية بسبب الاحتكاك



2- تكون درجة حرارة المياه عند قاعدة مسقط شلال مائي أعلى منها عند قمة المسقط نفسه.

لأن الطاقة الكامنة التثاقلية تتحول إلى طاقة حركية وجزء منها يتحول إلى طاقة حرارية بسبب الاحتكاك

3- المياه الساقطة من الشلالات يمكنها إدارة التوربينات التي تولد الطاقة الكهربائية.

لأن الطاقة الكامنة التثاقلية تتحول إلى طاقة حركية وتقوم بإدارة التوربينات

4- التغير في الطاقة الميكانيكية لنظام معزول يساوي معكوس التغير في الطاقة الداخلية عند وجود قوة احتكاك.

لأن $\Delta E = \Delta ME + \Delta U$ وبالأنظمة المعزولة تكون الطاقة الكلية محفوظة $\Delta E = 0$ وبالتالي $\Delta ME = -\Delta U$

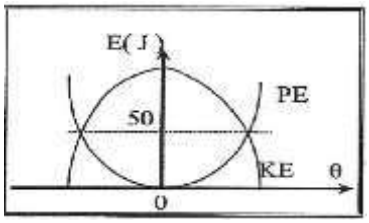
** **نشاط :** في الشكل المقابل هبوط المظلة باستخدام مظلي في الهواء المحيط .

ماذا تلاحظ : ارتفاع درجة حرارة المظلة وارتفاع درجة حرارة الهواء المحيط أثناء الهبوط

ماذا تستنتج : المظلة تتحرك بسرعة حدية ثابتة وتكون الطاقة الحركية ثابتة وتتحول طاقة الوضع التثاقلية إلى طاقة حرارية بالاحتكاك مع الهواء

قوانين الدرس (1– 3) : حفظ (بقاء) الطاقة	
الطاقة الكلية للجسم	$E = ME + U$
الطاقة الميكانيكية للبندول البسيط	$ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgL\,(1 - \cos\theta)$
السرعة النهائية للبندول عند موضع الاستقرار	$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gL\,(1 - \cos\theta)}$

وجه المقارنة	غياب الاحتكاك (سطح مائل أملس)	وجود الاحتكاك (سطح مائل خشن)
الطاقة الكلية (E)	محفوظة	محفوظة
التغير في الطاقة الكلية (ΔE)	$\Delta E = 0$	$\Delta E = 0$
الطاقة الميكانيكية (ME)	محفوظة	غير محفوظة
التغير في الطاقة الميكانيكية (ΔME)	$\Delta ME = 0$ $ME_i = ME_f$ $KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$	$\Delta ME = + W_f$ $ME_f - ME_i = f\,d\cos 180$ $(KE_f + PE_f) - (KE_i + PE_i) = - f\,d$



مثال 1 : المنحني البياني في الشكل يمثل تبادل الطاقة الحركية وطاقة الوضع التثاقلية بدلالة تغير الزاوية لبندول بسيط متحرك كنظام معزول احسب الطاقة الميكانيكية :

$$ME = PE + KE = 50 + 50 = 100\ J$$

مثال 2 : بندول بسيط مؤلف من كتلة مقدارها (0.2 Kg) معلقة بخيط طوله (1 m) ثم أزيحت الكتلة من موضع الاستقرار مع إبقاء الخيط مشدودا بزاوية (60^o) . وأفلتت من السكون وبإهمال الاحتكاك. أحسب :

أ) الطاقة الميكانيكية للنظام :

$$ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgL\,(1 - \cos\theta) = 0 + 0.2 \times 10 \times 1 \times (1 - \cos 60) = 1\ J$$

ب) سرعة الكتلة عند مرورها المستوي المرجعي :

$$V_f = \sqrt{2g\ L\,(1 - \cos\theta)} = \sqrt{2 \times 10 \times 1 \times (1 - \cos 60)} = 3.16\ \ m/s$$

ج) الطاقة الحركية عند ارتفاع (0.1 m) فوق السطح المرجعي :

$$ME = KE + PE = KE + mgh$$
$$1 = KE + 0.2 \times 10 \times 0.1$$
$$KE = 0.8\ J$$

د) الزاوية التي تتساوي عندها طاقة الوضع التثاقلية والطاقة الحركية :

$$\cos\theta = \frac{1 + \cos\theta_m}{2} = \frac{1 + \cos 60}{2} = 0.75 \quad \Rightarrow \quad \theta = 41.4^o$$

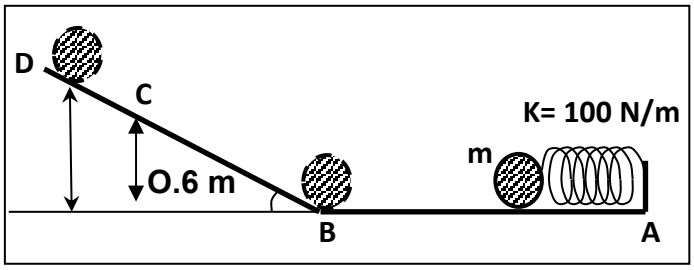
هـ) الطاقة الكامنة التثاقلية في منتصف المسافة بين نقطة الإفلات وموضع الاستقرار :

$$PE = mgL\,(1 - \cos\theta) = 0.2 \times 10 \times 1 \times (1 - \cos 30) = 0.26 \approx 0.25\ J$$

و) الطاقة الحركية في منتصف المسافة بين نقطة الإفلات وموضع الاستقرار :

$$KE = ME - PE = 1 - 0.26 = 0.74 \approx 0.75\ J$$

صفوة معلمي الكويت



مثال 3 : الشكل المقابل يوضح مستوي أملس (A,B,C)
ضغط النابض الموجود عند الطرف (A) لمسافة (0.2m)
ثم وضع أمامه الجسم (m) الذي كتلته تساوي(0.25Kg)
فإذا أفلت النابض .احسب :

أ) سرعة الجسم عند النقطة (B) :

$$ME_A = ME_B \Rightarrow \frac{1}{2}KX^2 + mgh_A + \frac{1}{2}mV_A^2 = mgh_B + \frac{1}{2}mV_B^2$$

$$\frac{1}{2}\times 100 \times 0.2^2 + 0 + 0 = 0 + \frac{1}{2}\times 0.25 \times V_B^2 \qquad \Rightarrow \qquad V_B = 4\ m/s$$

ب) سرعة الجسم عند النقطة (C) :

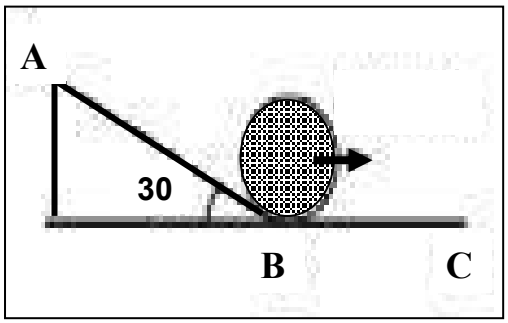
$$ME_B = ME_C \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B{}^2 + mgh_B = \frac{1}{2}mV_C{}^2 + mgh_C$$

$$\frac{1}{2}\times 0.25 \times 4^2 + 0 = \frac{1}{2}\times 0.25 \times V_C{}^2 + 0.25 \times 10 \times 0.6 \qquad \Rightarrow \qquad V_C = 2\ m/s$$

ج) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم عن المستوي المرجعي عند النقطة (D) :

$$ME_B = ME_D \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B{}^2 + mgh_B = \frac{1}{2}mV_D{}^2 + mgh_D$$

$$\frac{1}{2}\times 0.25 \times 4^2 + 0 = 0 + 0.25 \times 10 \times h_D \Rightarrow h_D = 0.8\ m$$



مثال 4 : في الشكل المقابل أفلت جسم كتلته (0.1 kg) من السكون من النقطة (A) على المسار ABC و AB مستوى مائل أملس يصنع زاوية (30^0) مع المستوى الأفقي والمستوي الأفقي BC خشن وقوة الاحتكاك تساوى (0.1 N) . فإذا كانت سرعة الجسم عند النقطة (B) تساوى (4 m/s) . ثم أكمل الجسم حركته على المسار BC ليتوقف عند النقطة (C).أحسب :

أ) طول المسار AB :

$$ME_A = ME_B \Rightarrow \frac{1}{2}mV_A{}^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_B{}^2 + mgh_B$$

$$0 + 0.1 \times 10 \times h_A = \frac{1}{2}\times 0.1 \times 4^2 + 0 \qquad \Rightarrow \qquad h_A = 0.8\ m$$

$$d_{AB} = \frac{h_A}{\sin\theta} \Rightarrow d_{AB} = \frac{0.8}{\sin 30} = 1.6\ m$$

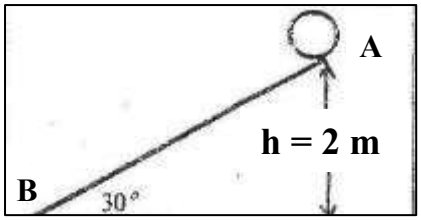
ب) طول المسار BC :

$$ME_C - ME_B = W_f$$

$$\left(\frac{1}{2}mV_C{}^2 + mgh_C\right) - \left(\frac{1}{2}mV_B{}^2 + mgh_B\right) = -fd_{BC}$$

$$(0+0) - \left(\frac{1}{2}\times 0.1 \times 4^2 + 0\right) = -0.1 \times d_{BC} \qquad \Rightarrow \qquad d_{BC} = 8\ m$$

صفوة معلمي الكويت



مثال 5 : انزلقت كرة كتلتها (0.2 kg) من سكون من نقطة (A) على مستوي مائل خشن يميل بزاوية (30^O) مع المستوي الأفقي لتصل إلى النقطة (B) بسرعة (6 m/s). احسب :

أ) التغير في الطاقة الميكانيكية بين الموضعين (A , B) :

$$\Delta ME = ME_B - ME_A$$

$$\Delta ME = \left(\frac{1}{2}mV_B^{\,2} + mgh_B\right) - \left(\frac{1}{2}mV_A^{\,2} + mgh_A\right)$$

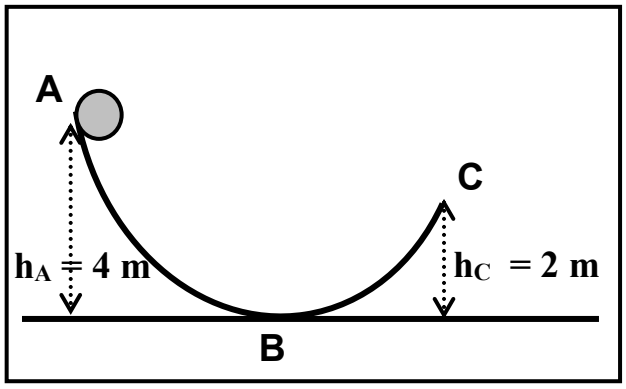
$$\Delta ME = \left(\frac{1}{2}\times 0.2 \times 6^2 + 0\right) - (\ 0 \ + \ 0.2 \times 10 \times \ 2 \ ) = -0.4 \ J$$

ب) قوة الاحتكاك علي المستوى المائل بفرض إنها قوة ثابتة :

$$d = \frac{h}{\sin\theta} = \frac{2}{\sin 30} = 4 \ m$$

$$\Delta ME = W_F = -f\,d$$

$$-0.4 = -f \times 4 \quad \Rightarrow \quad f = 0.1 \ N$$



مثال 6 : كرة وزنها (500 N) تنزلق على سطح أملس .احسب :

أ) سرعة الكرة عند وصولها إلى نقطة (B) :

$$ME_A = ME_B$$

$$\frac{1}{2}mV_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_B^2 + mgh_B$$

$$0 + 50 \times 10 \ \times \ 4 = \tfrac{1}{2} \times 50 \times V_B^2 + 0$$

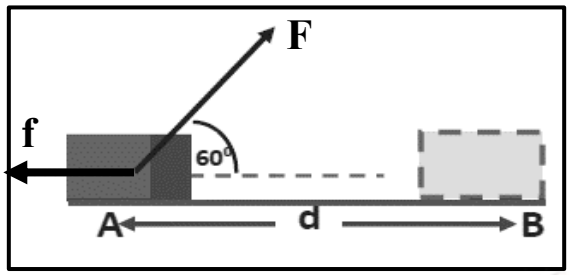
$$V_B = 8.94 \quad m/s$$

ب) سرعة الكرة عند وصولها إلى نقطة (C) :

$$ME_A = ME_C$$

$$\frac{1}{2}mV_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mV_C^2 + mgh_C$$

$$0 + 50 \times 10 \ \times \ 4 = \tfrac{1}{2} \times 50 \times V_C^2 + 50 \times 10 \times 2 \quad \Rightarrow \quad V_C = 6.32 \quad m/s$$



مثال 7 : جسم كتلته kg (2) يتحرك من السكون تحت تأثير قوة مقدارها (F = 14 N) تصنع زاوية مقدارها (60^o) كما بالشكل فإذا تحرك الجسم مسافة من A إلى B مقدارها (d = 4 m) على سطح خشن قوة احتكاكه (f = 3 N) . احسب :

أ) الشغل المبذول بواسطة القوة (F) خلال المسافة من A إلى B :

$$W_F = Fd\cos\theta = 14 \ x \ 4 \ x \cos 60 = 28 \ J$$

ب) الشغل المبذول بواسطة القوة (f) خلال المسافة من A إلى B :

$$W_f = fd\cos\theta = 3 \ x \ 4 \ x \cos 180 = -12 \ J$$

ج) التغير في طاقة حركة الجسم خلال المسافة من A إلى B :

$$\Delta KE = W_T = W_F + W_f = 28 + (-12) = 16 \ J$$

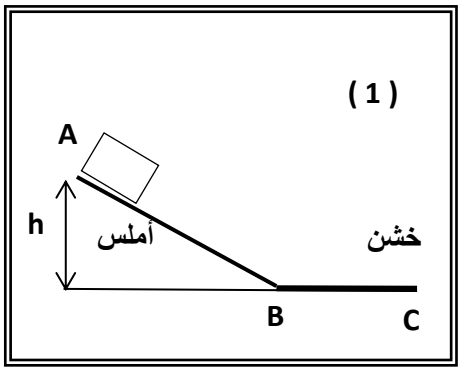
د) سرعة الجسم عند B :

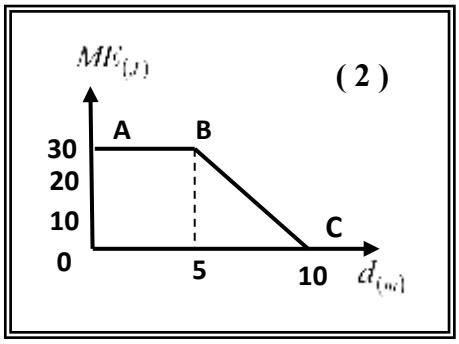
$$\Delta KE = \left(\frac{1}{2}mV_B^{\,2}\right) - \left(\frac{1}{2}mV_A^{\,2}\right)$$

$$16 = \left(\frac{1}{2} \ x \ 2 \ x \ V_B^{\,2}\right) - \left(\frac{1}{2} \ x \ 2 \ x \ 0^2\right)$$

$$V_B = 4 \ m/s$$

مثال 8 : جسم كتلته (5 kg) تحرك من السكون من أعلى نقطة على سطح مستوى مائل أملس , يتصل بسطح أفقي خشن كما بالشكل (1) ومثلنا علاقة الطاقة الميكانيكية (ME) للجسم مع إزاحته (d) بيانيا , فحصلنا على الخط البياني ABC كما بالشكل (2) . أحسب : أ) ارتفاع المستوى المائل :





$$ME_A = mgh_A + \frac{1}{2}mV_A^{\,2}$$

$$30 = 5 \times 10 \times h_A + 0 \Rightarrow h_A = 0.6\ m$$

ب) مقدار سرعة الجسم عند نهاية المستوى المائل :

$$ME_B = mgh_B + \frac{1}{2}mV_B^{\,2}$$

$$30 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times V_B^{\,2} \Rightarrow V_B = 3.46\ m/s$$

ج) مقدار قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح الأفقي :

$$ME_C - ME_B = -fd_{BC}$$

$$0 - 30 = -f \times (10 - 5)$$

$$f = 6\ N$$

صفوة معلمي الكويت

الدرس (2 – 1) : عزم الدوران (عزم القوة)

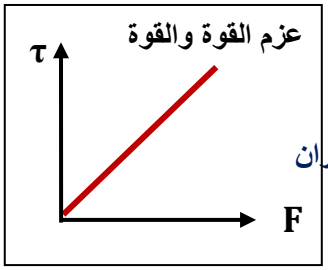
$$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d} = Fd \sin\theta$$

عزم القوة : مقدرة القوة على إحداث حركة دورانية للجسم حول محور الدوران

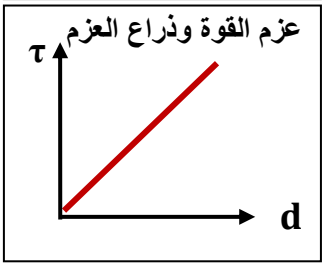
أو كمية متجهة تساوي حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهي القوة في طول ذراعها

ذراع القوة : المسافة من محور الدوران إلى نقطة تأثير القوة

قاعدة اليد اليمني : قاعدة تحدد اتجاه عزم القوة والإبهام يشير إلى عزم القوة والأصابع تشير إلى اتجاه الدوران



** العوامل التي يتوقف عليها عزم القوة : 1- القوة 2- ذراع القوة 3- الزاوية بينهما



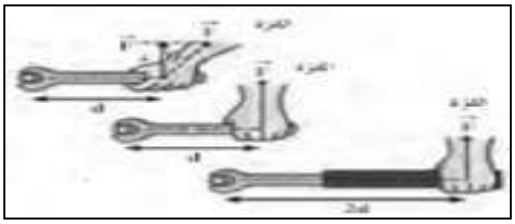


** يقاس عزم القوة بحسب النظام الدولى للوحدات بوحدة N.m

** عزم القوة كمية متجهة ويحدد اتجاهه بـ قاعدة اليد اليمنى

** يعتمد اتزان الميزان الذي يعمل بالأوزان المنزلقة على اتزان العزوم

** من التطبيقات العملية على عزم الدوران : الرافعة - مفتاح ربط - مطرقة مخلبية

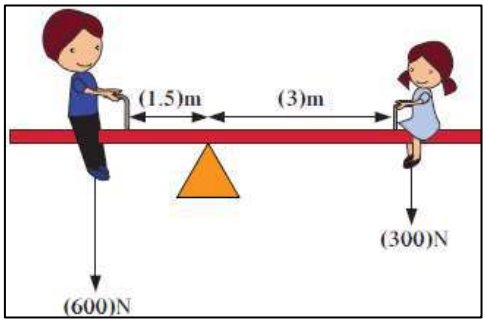


** في الشكل المقابل : أي مفتاح له عزم دوران أكبر ؟ مع ذكر السبب ؟

المفتاح (3) لأن القوة عمودية وطول ذراع القوة أكبر

دوران الجسم	مع عقارب الساعة	عكس عقارب الساعة
اتجاه عزم القوة بالنسبة للصفحة	عمودي على الصفحة نحو الداخل	عمودي على الصفحة نحو الخارج
إشارة (نوع) عزم القوة	سالب	موجب

العزوم المتزنة : العزوم التي تكون محصلتها تساوي صفر



** في الشكل المقابل : طفلين يلعبون الأرجوحة حيث أوزانهم غير متكافئة :

أ) ماذا يفعل الطفلين لكي تتزن الارجوحة :

الأثقل يجلس على مسافة أقصر والأخف يجلس على مسافة أبعد من نقطة الارتكاز

ب) ما هي الشروط الضرورية لتحقيق الاتزان الدوراني للجسم :

محصلة العزوم = صفر $\sum \vec{\tau} = 0$

ج) ما هي الشروط الضرورية لتحقيق الاتزان العام للجسم :

محصلة العزوم = صفر $\sum \vec{\tau} = 0$ ومحصلة القوي المؤثرة = صفر $\sum \vec{F} = 0$

د) ما العلاقة بين المجموع الجبري للعزوم مع اتجاه عقارب الساعة والمجموع الجبري للعزوم عكس عقارب الساعة :

متساويان $\sum \vec{\tau}_{c.w} = \sum \vec{\tau}_{A.c.w}$

هـ) حدد حالات إنعدام عزم القوة بالرغم وجود قوة مؤثرة على الجسم :

1- القوة توازي محور الدوران

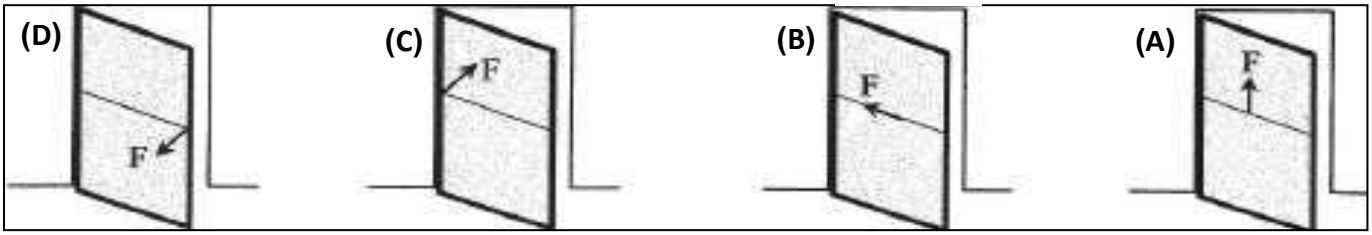
2- القوة توازي ذراع القوة

3- القوة تمر بمحور الدوران

** سبب دوران الجسم حول محوره تكون محصلة العزوم لا تساوي صفر

** عندما لا يدور الجسم تكون محصلة العزوم تساوي صفر

** نشاط : حدد في كل حالة هل يدور الباب أم لا . مع ذكر السبب ؟



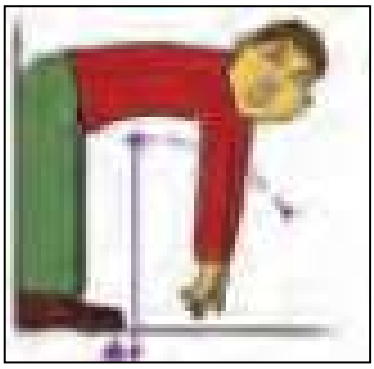
** شكل (A) : الباب لا يدور لأن القوة توازي محور الدوران وعزم القوة يساوي صفر

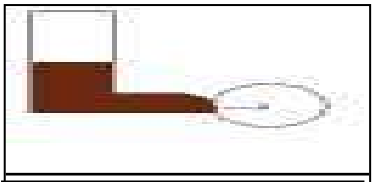
** شكل (B) : الباب لا يدور لأن القوة توازي ذراع القوة وعزم القوة يساوي صفر

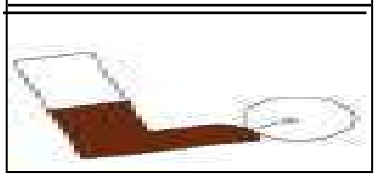
** شكل (C) : الباب لا يدور لأن القوة تمر بمحور الدوران وعزم القوة يساوي صفر

** شكل (D) : الباب يدور لأن القوة عمودية على ذراع القوة وعزم القوة لا يساوي صفر

مركز ثقل الجسم : الموضع الذي تكون عنده محصلة عزوم قوة الجاذبية المؤثرة في الجسم تساوي صفر







ماذا يحدث مع ذكر السبب :

1- عند وجود موقع مركز الثقل خارج المساحة الحاملة للجسم كما بالشكل :

أو إذا حاولت أن تلمس أصابعك قدميك وأنت واقف وكعبا قدميك ملاصقان للحائط :

ينقلب الجسم بسبب وجود عزم القوة يسبب دوران الجسم

2- إذ عند ركل كرة القدم من نقطة على خط مستقيم مع مركز ثقلها كما بالشكل :

تتحرك الكرة حركة خطية بسبب عدم وجود عزم القوة

3- عند ركل كرة القدم أسفل مركز ثقلها أو فوق مركز ثقلها كما بالشكل :

تتحرك الكرة حركة دورانية وخطية بسبب وجود عزم القوة

علل لما يأتي :

1- العزم كمية متجهة .

لأنه حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهي القوة وذراع القوة $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$

2- يمكن الحصول على قيم متعددة لعزم القوة رغم ثبات مقدار القوة .

بسبب اختلاف الزاوية بين متجهي القوة وذراع القوة واختلاف طول ذراع القوة $\vec{\tau} = Fd \sin\theta$

3- استخدام مفتاح ذا ذراع طويلة عند فتح صواميل إطارات السيارات.

أو يوضع مقبض الباب عند الطرف البعيد عن محور الدوران الموجود عند مفصلاته.

لكي يزيد طول ذراع القوة ويزداد عزم القوة ويبذل جهد أقل وتكون الفائدة الآلية أكبر $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$

4- لا يدور أو يتزن الجسم الصلب عندما يكون خط عمل القوة المؤثرة عليه ماراً بمحور الدوران .

أو لا يمكنك فتح باب غرفة مقفل بالتأثير عليه بقوة تمر بمحور الدوران مهما كانت القوة .

لأن طول ذراع القوة صفر ($d = 0$) وبالتالي يكون عزم القوة صفر $\vec{\tau} = Fd \sin\theta = 0$

5- لا يدور أو يتزن الجسم القابل للدوران عندما يكون خط عمل القوة موازيا لذراع القوة .

لأن الزاوية بين متجهي القوة وذراع القوة تساوي صفر $\vec{\tau} = Fd \sin 0 = 0$

عزم الازدواج

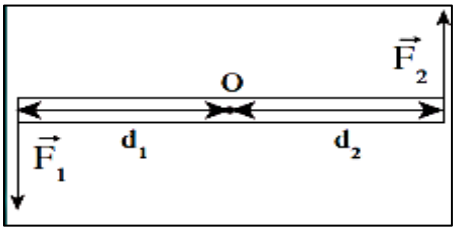
$$\vec{C} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$$

$$\vec{C} = \vec{F} \times \vec{d}$$

الازدواج : قوتين متساويتين في المقدار ومتوازيتين ومتعاكستين بالاتجاه وليس لهما خط عمل واحد

عزم الازدواج : حاصل ضرب مقدار أحد القوتين في المسافة العمودية بينهما

وجه المقارنة	عزم القوة	عزم الازدواج
طول ذراع	المسافة بين القوة ومحور الدوران	المسافة العمودية بين القوتين



** عزم الازدواج الذي يخضع له جسم قابل للدوران حول محور يمر بمنتصفه يساوي مثلي عزم إحدى القوتين.

** العوامل التي يتوقف عليها عزم الازدواج :

1- مقدار إحدى القوتين 2- طول ذراع الازدواج

** من التطبيقات على الازدواج : صنبور المياه - مقود السيارة - المفتاح الرباعي لفك الصواميل - مقود الدراجة - المفك

علل لما يأتي :

1- سهولة فك البراغي عند استخدام مفك له قاعدة ذات قطر كبير أو سهولة فك صواميل السيارة باستخدام المفتاح الرباعي لفك الصواميل.

لكي يزيد طول ذراع الازدواج ويزداد عزم الازدواج وتبذل قوة أقل وتكون الفائدة الآلية أكبر $\vec{C} = \vec{F} \times \vec{d}$

2- مفتاح فك الصواميل يكون خاضعا لازدواج يعمل على إدارته بالرغم من إننا نشاهد قوة وحيدة تؤثر عليه.

لوجود قوة رد فعل للصواميل معاكسة للقوة الأصلية

ماذا يحدث مع ذكر السبب :

1- لجسم عندما تؤثر عليه قوتين متساويتين بالمقدار ومتضادتان بالاتجاه وليس لهما خط عمل واحد.

الحدث : الجسم يدور

السبب : لوجود عزم الازدواج يجعل الجسم يدور

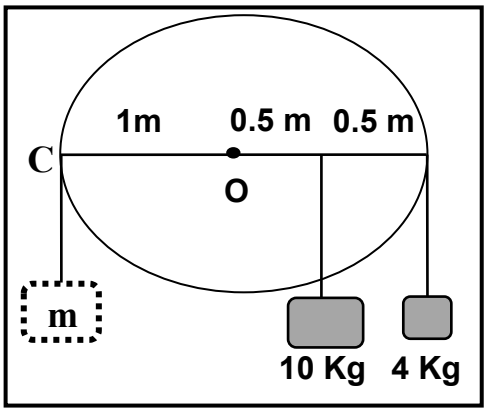
2- عندما يقع الجسم تحت تأثير ازدواجان متساويان مقداراً ومتضادان اتجاهاً.

الحدث : الجسم يتزن ولا يدور

السبب : لأن محصلة عزوم الازدواج المؤثرة على الجسم تساوي صفر

صفوة معلمي الكويت

قوانين الدرس (2 – 1) : عزم القوة	
عزم القوة (عزم الدوران)	$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d} = Fd \sin\theta$
عزم الازدواج	$\vec{C} = \vec{F} \times \vec{d}$
العزوم المتزنة	$\vec{\tau}_{C.W} = \vec{\tau}_{A.C.W}$



مثال 1 : بالشكل القرص لا يدور . احسب الكتلة عند النقطة (C) :

$\tau_{c.w} = \tau_{A.C.W}$

$F_3d_3 = F_1d_1 + F_2d_2$

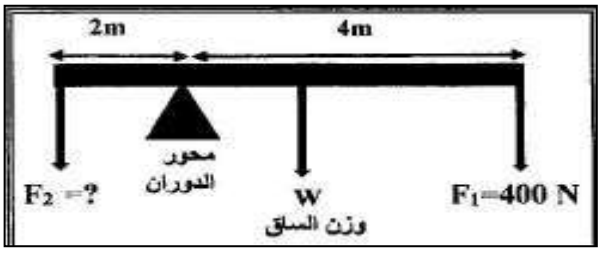
$m_3gd_3 = m_1gd_1 + m_2gd_2$

$(m \times 1) = (10 \times 0.5) + (4 \times 1)$ $\quad m = 9$ Kg

مثال 2 : الشكل المجاور يمثل ساق متجانسة طولها m (6)

وزنها N (100) ترتكز على حاجز وتؤثر فيها قوتان للأسفل

$F_1 = (400)$ N و F_2 مجهولة والنظام في حالة اتزان .أحسب :



أ) عزم الدوران للقوة (F_1) :

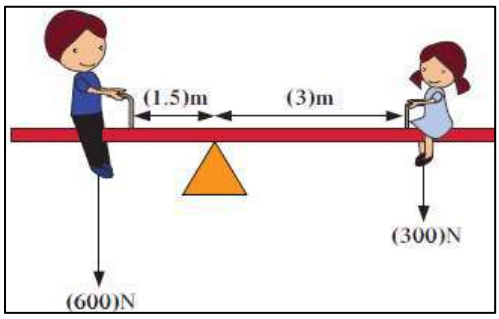
$\tau_1 = F_1 d_1 \sin\Theta = - 400 \times 4 \times \sin (90) = - 1600$ N.m

ب) مقدار القوة (F_2) :

$\tau_{c.w} = \tau_{A.C.W}$

$Wd_3 + F_1d_1 = F_2d_2$

$(100 \times 1) + (400 \times 4) = F_2 \times 2$ $\quad F_2 = 850$ N



مثال 3 : أ) احسب مقدار عزم القوّة لكلّ من وزني الفتاة والولد الجالسين

على اللوح المتأرجح الموضّح في الشكل المقابل بإهمال وزن اللوح.

$\tau_1 = F_1 d_1 \sin\Theta = 600 \times 1.5 \times \sin 90 = 900$ N.m

$\tau_2 = F_2 d_2 \sin\Theta = - 300 \times 3 \times \sin 90 = - 900$ N.m

ب) احسب المسافة التي يجب أن تفصل بين الفتاة الجالسة يمينًا ومحور

ارتكاز اللوح المتأرجح عندما يساوي وزن الفتاة (400 N) والنظام في حالة اتزان.

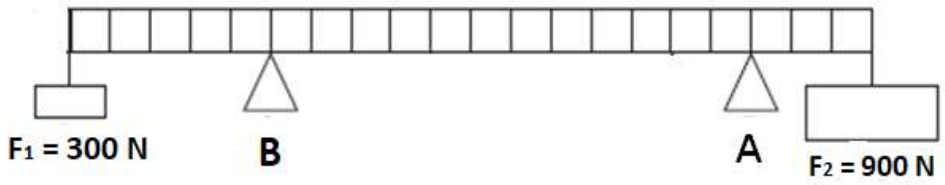
$\tau_{c.w} = \tau_{A.c.w}$

$F_1d_1 \sin 90 = F_2d_2 \sin 90$

$900 = 400 \times d_2$ $\quad d_2 = 2.25$ m

صفوة معلمي الكويت

مثال 4 : في الشكل : ساق طوله يساوي cm (20) وكل مربع بالساق يساوي cm (1) .احسب :



أ) مقدار محصلة عزم القوتين عند محور ارتكاز (A) .وحدد اتجاه دوران الساق.

$$\sum\tau = \tau_{A.c.w} + \tau_{c.w} = F_1 d_1 \sin 90 + F_2 d_2 \sin 90$$

$$\sum\tau = (300 \times 0.17) + (- 900 \times 0.03) = (51) + (- 27) = 24 \ \ N.m$$

الساق يدور عكس عقارب الساعة لأن محصلة العزوم تساوي مقدار موجب

ب) مقدار محصلة عزم القوتين عند محور ارتكاز (B) .وحدد اتجاه دوران الساق.

$$\sum\tau = \tau_{A.c.w} + \tau_{c.w} = F_1 d_1 \sin 90 + F_2 d_2 \sin 90$$

$$\sum\tau = (300 \times 0.05) + (- 900 \times 0.15) = (15) + (- 135) = - 120 \ \ N.m$$

الساق يدور مع عقارب الساعة لأن محصلة العزوم تساوي مقدار سالب

مثال 5: مفك قطر مقبضه (3 cm) وعرض رأس المفك الذي يدخل في شق البرغي (7 mm) استخدم لتثبيت البرغي في لوح خشبي وذلك بالتأثير في مقبضه بواسطة اليد بقوتين متساويتين في المقدار (49 N) ومتعاكستين في الاتجاه . احسب :

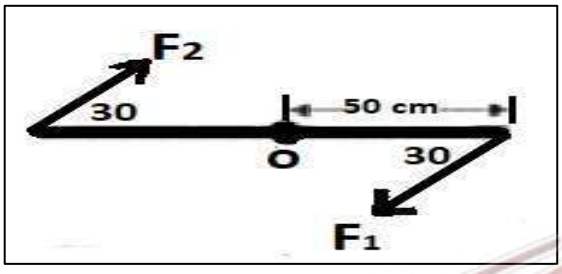
أ) عزم الازدواج المؤثر في مقبض المفك :

$$C = F \times d = 49 \times 0.03 = 1.47 \ N.m$$

ب) مقدار القوة التي تؤدي إلى دوران البرغي المراد تثبيته :

$$C = F \times d \qquad 1.47 = F \times 0.007 \qquad F = 210 \ N$$

مثال 6 : في الشكل : تؤثر قوتان متساويتان في المقدار ($F_1 = F_2 = 20$ N)



على ساق معدنية منتظمة ومتجانسة قابلة للدوران حول نقطة (o)

في منتصفها والمسافة من طرف الساق إلى منتصفها تساوي (50 cm).

احسب :

أ) عزم كلا من القوتين على الساق :

$$\tau_1 = F_1 d_1 \sin \theta = - 20 \times 0.5 \times \sin 30 = - 5 \ \ N.m$$

$$\tau_2 = F_2 d_2 \sin \theta = - 20 \times 0.5 \times \sin 30 = - 5 \ \ N.m$$

ب) عزم الازدواج المؤثر على الساق :

$$C = F d \sin \theta = - 20 \times 1 \times \sin 30 = - 10 \ \ N.m$$

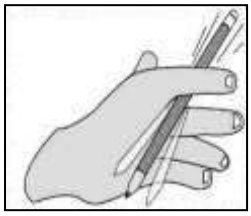
حل أخر

$$C = \tau_1 + \tau_2 = (- 5) + (- 5) = - 10 \ \ N.m$$

صفوة معلمي الكويت

الدرس (2 – 2) : القصور الذاتي الدوراني

وجه المقارنة	القصور الذاتي	القصور الذاتي الدوراني
التعريف	مقاومة الجسم لتغيير في حركته الخطية	مقاومة الجسم لتغيير في حركته الدورانية
نوع حركة الجسم	حركة خطية	حركة دورانية
المطلوب لتغير حالة الجسم	قوة	عزم قوة
وحدة القياس	Kg.m/s	$kg . m^2$
العوامل التي يتوقف عليها	1- كتلة الجسم 2- سرعة الجسم	1- كتلة الجسم 2- بعد الكتلة عن محور الدوران 3- شكل الجسم وتوزيع الكتلة



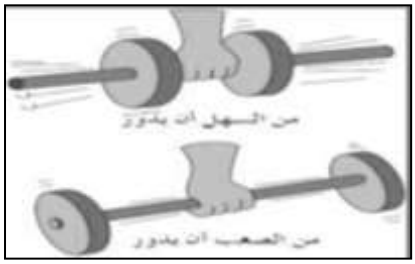
** كلما زادات المسافة بين كتلة الجسم ومحور الدوران يزداد القصور الذاتي الدوراني

** أرجح قلمك بين أصابعك إلى الأمام وإلى الخلف ثم قارن سهولة الدوران عند أرجحته من نقطة في منتصفه وعند أرجحته من أحد طرفيه في أي الحالتين الدوران يكون أسهل ؟

في حالة التثبيت من منتصفه لأن القصور الذاتي الدوراني يقل

وجه المقارنة	مضرب البيسبول ذي الذراع الطويلة	مضرب البيسبول ذي الذراع القصيرة
القصور الذاتي الدوراني	أكبر	أقل
سهولة الحركة الدورانية	أصعب	أسهل
إمكانية إيقافه أثناء دورانه	أصعب	أسهل

علل لما يأتي :



1- دوران الجسم في الحالة الأولي وعدم دورانه في الحالة الثانية في الشكل :

الحالة الأولي : يقل القصور الذاتي الدوراني ويسهل الدوران

الحالة الثانية : يزداد القصور الذاتي الدوراني ويصعب الدوران

2- القصور الذاتي الدوراني للقرص أصغر من القصور الذاتي الدوراني للحلقة.

لأن كتلة القرص قريبة من محور الدوران

3- يسهل عليك الجري وتحريك قدمك إلى الأمام والخلف عند ثنيهما قليلا .

لأن يقل بعد الكتلة عن محور الدوران ويقل عزم القصور الذاتي الدوراني

4- البندول القصير يتحرك إلى الإمام والخلف أكثر من تحرك البندول الطويل .

لأن البندول القصير له قصور ذاتي دوراني أقل من البندول الطويل

5- الناس والحيوانات ذات القوائم الطويلة مثل الزرافات والنعام والغزال فهي تتحرك بسرعة أقل من الحيوانات ذات القوائم القصيرة مثل الخيول الصغيرة أو الفئران أو الكلب .

لأن الحيوانات ذات القوائم القصيرة يقل بعد الكتلة عن محور الدوران ويقل القصور الذاتي الدوراني وتتحرك بسرعة أكبر

6- البهلوان المتحرك على سلك رفيع يمد يديه ليحافظ على اتزانه او يمسك بيده عصا طويلة.

لكي يزيد قصوره الذاتي الدوراني ويقاوم الدوران ويحافظ على اتزانه ويضبط مركز ثقله

نظرية المحور الموازي : نظرية تقوم بحساب القصور الذاتي الدوراني $I = I_0 + md^2$

(I) تمثل القصور الذاتي الدوراني عند محور الدوران (I_0) تمثل القصور الذاتي الدوراني عند مركز الكتلة

(m) تمثل كتلة الجسم (d) تمثل المسافة بين مركز ثقل الجسم ومحور الدوران

**** ملاحظات هامة :**

1- القصور الذاتي الدوراني للجسم يكون أقل عندما تتوزع الكتلة نفسها داخل الجسم بتقارب عن محور الدوران.

2- القصور الذاتي الدوراني للجسم يكون أكبر عندما تتوزع الكتلة نفسها داخل الجسم بتباعد عن محور الدوران.

3- القصور الذاتي الدوراني لعصا تدور حول مركز ثقلها أقل منه عندما تدور حول محور يمر بأحد أطرافها.

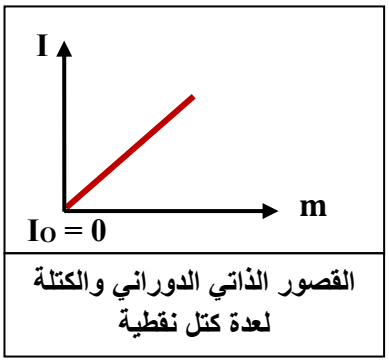
**** ملاحظات هامة لحل المسائل :**

1- جسم كتلته مهملة فأن ($I = 0$)

2- بالنسبة للكتلة النقطية فأن ($I_0 = 0$) وبالتالي ($I = md^2$)

3- جسم يدور حول محور يمر بمركز ثقله فأن ($d = 0$) وبالتالي ($I = I_0$)

4- جسم كروي يتدحرج على منحدر فأن ($d = 0$) وبالتالي ($I = I_0$)



القصور الذاتي الدوراني والكتلة لعدة كتل نقطية

مثال 1 : عصا طولها (1 m) وكتلتها (4 kg) وقصورها الذاتي الدوراني حول محور يمر بمركز كتلتها ($20\ kg.m^2$) .أحسب :

أ) القصور الذاتي الدوراني للعصا عندما تدور حول محور يمر بأحد طرفيها :

$$I = I_0 + md^2 = 20 + 4 \times (\frac{1}{2})^2 = 21\ \ Kg.m^2$$

ب) القصور الذاتي الدوراني للعصا عندما تدور حول محور يمر بمنتصفها :

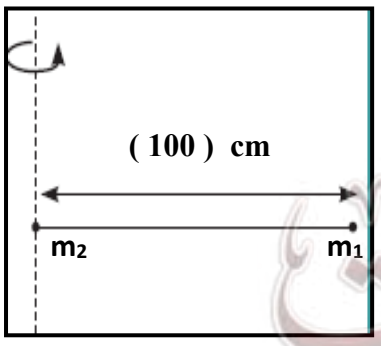
$$I = I_0 + md^2 = 20 + 4 \times 0 = 20\ \ Kg.m^2$$

مثال 2 : أسطوانة مصمتة كتلتها (3 kg) وقطرها (0.2 m) وتتدحرج على منحدر وحيث ($I_o = ½\ MR^2$)

احسب القصور الذاتي الدوراني :

$$I = I_0 + md^2 = \frac{1}{2}MR^2 + md^2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 0.1^2 + 0 = 0.015\ \ Kg.m^2$$

مثال 3 : في الشكل المقابل :



أ) احسب القصور الذاتي الدوراني لعصا طولها (100 cm) وكتلتها مهملة تنتهي بكتلتين نقطيتين كل منها (0.2 kg) وتدور حول احد طرفيها.علما بأن ($I_o = MR^2$)

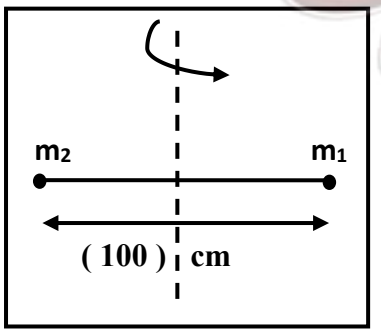
$$I_1 = I_0 + md^2 = 0 + 0.2 \times (1)^2 = 0.2\ \ kg.m^2$$

$$I_2 = I_0 + md^2 = 0 + 0.2 \times (0)^2 = 0\ \ kg.m^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 = 0.2 + 0 = 0.2\ Kg.m^2$$

$d_1 = 1\ m$

$d_2 = 0$



ب) احسب القصور الذاتي الدوراني للعصا نفسها عندما تدور حول مركز كتلتها :

$$I_1 = I_0 + md^2 = 0 + 0.2 \times (0.5)^2 = 0.05\ \ kg.m^2$$

$$I_2 = I_0 + md^2 = 0 + 0.2 \times (0.5)^2 = 0.05\ \ kg.m^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 = 0.05 + 0.05 = 0.1\ \ Kg.m^2$$

$d_1 = 0.5\ m$

$d_2 = 0.5\ m$

الدرس (3 – 1) : كمية الحركة والدفع

وجه المقارنة	طاقة الحركة الخطية	كمية الحركة الخطية
التعريف	الشغل الذي يبذله الجسم بسبب حركته	القصور الذاتي للجسم المتحرك أو حاصل ضرب الكتلة في متجه السرعة
القانون	$KE = \frac{1}{2} m . v^2$	$\vec{P} = m . \vec{v}$
وحدة القياس	J	kg.m/s
العوامل	كتلة الجسم - السرعة الخطية	كتلة الجسم - السرعة المتجهة
زيادة السرعة للمثلي	تزداد لأربعة أمثال	تزداد للمثلي

** يتساوى مقدار كمية الحركة لجسم كتلته (m) مع مقدار طاقة حركته عندما يتحرك الجسم بسرعة 2 m/s

** نظام مؤلف من عدة كتل نقطية فإن كمية الحركة للنظام تساوى المجموع الاتجاهي لكميات الحركة للكتل النقطية

** كمية الحركة كمية متجهة ولها نفس اتجاه السرعة المتجهة لأن الكتلة كمية عددية موجبة

** سيارتين لهما الكتلة نفسها وتسيران بسرعتين مختلفتين أى منهما يسهل إيقافها ولماذا ؟

السيارة : ذات السرعة الأقل

السبب : كمية الحركة الخطية لها أقل أو القصور الذاتي لها أقل

** سيارتين مختلفتين في الكتلة وتسيران بنفس السرعة أى منهما يسهل إيقافها ولماذا ؟

السيارة : ذات الكتلة الأقل

السبب : كمية الحركة الخطية لها أقل أو القصور الذاتي لها أقل

علل : كمية الحركة الخطية كمية متجهة.

لأنها تساوي حاصل الضرب لكمية متجهة (السرعة المتجهة) في كمية عددية (الكتلة) حيث $\vec{P} = m . \vec{v}$

علل : يمكن لجسمين مختلفين في الكتلة أن يكون لهما نفس كمية الحركة.

بسبب اختلاف سرعة الجسمين

الدفع

$\vec{I} = \vec{F} . \Delta t$

الدفع : حاصل ضرب مقدار القوة في زمن تأثيرها على الجسم

متوسط القوة : القوة الثابتة التي إذا أثرت في جسم لأحدثت الدفع نفسه الذي تحدثه القوة المتغيرة

** العوامل التي يتوقف عليها دفع القوة : 1- القوة المؤثرة 2- زمن التأثير

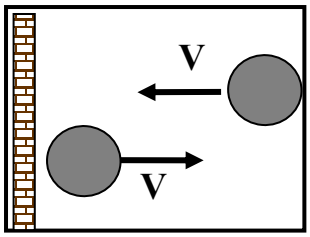
** يقاس الدفع بحسب النظام الدولى للوحدات بوحدة N.S

** الدفع كمية متجهة ولها اتجاه القوة المؤثرة لأن زمن التأثير كمية عددية موجبة

علل : الدفع كمية متجهة.

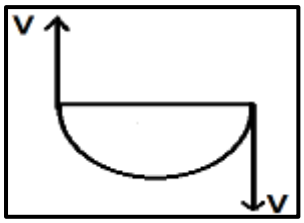
لأنه يساوي حاصل الضرب لكمية متجهة (القوة) في كمية عددية (زمن التأثير) حيث $\vec{I} = \vec{F} . \Delta t$

وجه المقارنة	منحني (القوة – الازاحة)	منحني (القوة – الزمن)
المساحة تحت	الشغل	الدفع
وجه المقارنة	طاقة الحركة الخطية	كمية الحركة الخطية
التغير فيها	الشغل $\Delta KE = W$	الدفع $\Delta \vec{P} = \vec{I}$



** في الشكل : كرة سرعتها (V) ترتد من الحائط في الاتجاة المعاكس

بنفس السرعة فأن التغير في كمية حركة الكرة يساوي : $2mv$



** في الشكل : جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة بسرعة (v) يكمل نصف دورة

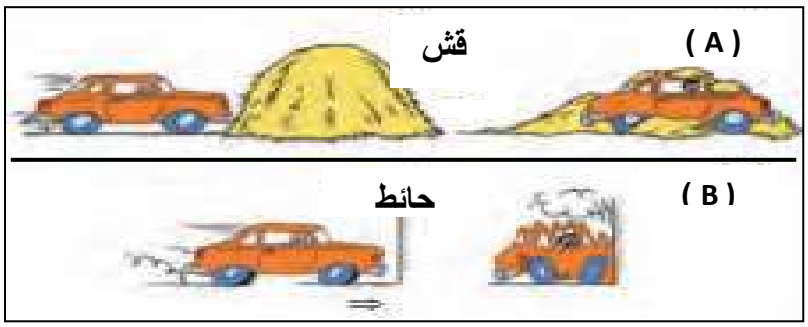
فأن الدفع الذي يتلقاه الجسم خلال نصف دورة يساوى : $2mv$

علل لما يأتى :

1- الحالة (A) يكون تأثير قوة الدفع أقل .

لأن التغير في كمية الحركة يتم في زمن أطول

وبالتالي قوة الدفع تقل



2- الحالة (B) يكون تأثير قوة الدفع أكبر .

لأن التغير في كمية الحركة يتم في زمن أقل

وبالتالي قوة الدفع تزداد

3- يستطيع لاعب الكاراتيه أن يكسر مجموعة من الألواح الخشبية بضربة بحرف يده.

أو قوة التأثير على كوب زجاجي عندما يسقط على أرض صلبة أكبر منه في حالة سقوطه على وسادة إسفنجية.

لأن التغير بكمية الحركة يحدث في زمن أقل ويكون تأثير قوة الدفع أكبر حيث $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$

4- وجود أكياس هوائية داخل السيارات كوسائل أمان.

أو الدفاعات المطاطية التي تلف سيارات اللعب في مدينة الملاهي تحمي الأولاد أثناء التصادم.

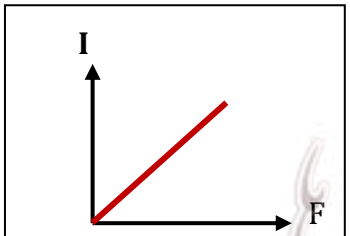
بسبب زيادة زمن التلامس وبالتالي يقل تأثير القوة ويقلل احتمال إصابة السائق $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$

5- التغير في كمية الحركة الخطية يساوي صفر للجسم المتحرك بسرعة ثابتة المقدار وثابتة الاتجاه .

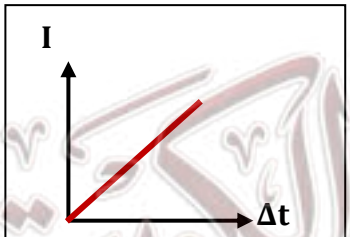
لأن التغير في السرعة المتجهة يساوي صفر وبالتالي العجلة والقوة تساوي صفر والدفع يساوي صفر $\Delta \vec{P} = m \cdot \Delta \vec{v} = 0$

6- التغير في كمية الحركة الخطية لا يساوي صفر للجسم المتحرك بسرعة ثابتة المقدار ومتغيرة الاتجاه .

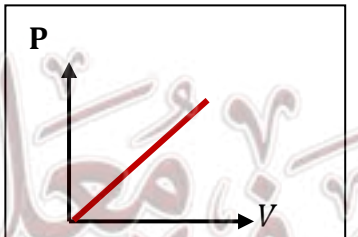
لان تغير السرعة المتجهة يغير العجلة وبالتالي تتغير القوة وبالتالي يحدث تغير في كمية الحركة $\Delta \vec{P} = m \cdot \Delta \vec{v} \neq 0$



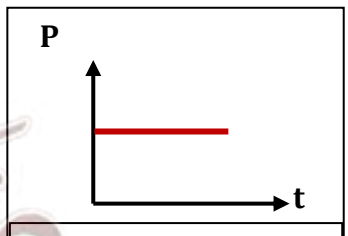
الدفع والقوة المؤثرة



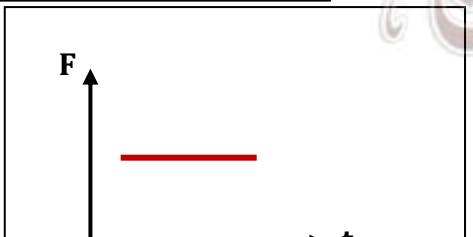
الدفع وزمن التأثير



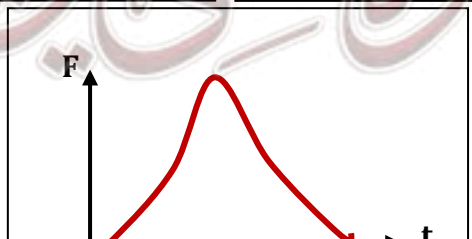
كمية الحركة ومتجه السرعة



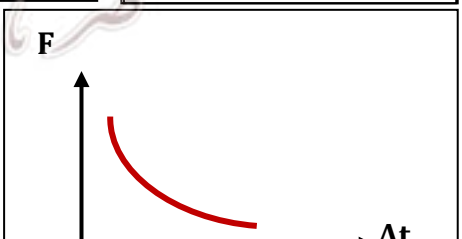
كمية الحركة والزمن لجسم يتحرك بسرعة ثابتة



متوسط القوة المؤثرة وزمن تأثيرها أثناء الدفع



القوة المؤثرة وزمن تأثيرها عند ركل لاعب لكرة قدم



القوة المؤثرة وزمن تأثيرها عند ثبات الدفع

قوانين الدرس (3 – 1) : كمية الحركة والدفع	
كمية الحركة الخطية	$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$
الدفع الذي يتلقاه الجسم والتغير في كمية الحركة	$\vec{I} = \Delta\vec{P} = \vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta V$

مثال 1 : سيارة كتلتها (1500 kg) تصطدم بجدار بالسرعة الابتدائية للسيارة ($v_i = 4.5$ m/s) باتجاه اليسار وترتد بعد التصادم بالسرعة النهائية ($v_f = 1.5$ m/s) باتجاه اليمين في زمن قدره (0.5 s) . احسب :

أ) الدفع الناشئ عن التصادم :

$$\vec{I} = m \cdot \Delta\vec{V} = m\,(V_f - V_i) = 1500 \times \{1.5 - (-4.5)\} = 9000 \ \text{N.S}$$

ب) متوسط القوة المبذولة على السيارة :

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t \qquad 9000 = \vec{F} \times 0.5 \qquad \vec{F} = 18000 \ \text{N}$$

مثال 2 : سقطت كرة كتلتها (2 Kg) من السكون من ارتفاع (5 m) عن سطح الأرض في غياب قوة الاحتكاك. احسب :

أ) سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض :

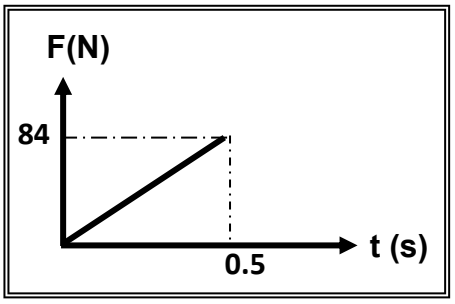
$$ME_i = ME_f$$

$$\frac{1}{2}mV_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2}mV_f^2 + mgh_f$$

$$0 + 2 \times 10 \times 5 = \frac{1}{2} \times 2 \times V_f^2 + 0 \qquad V_f = 10 \ \text{m/s}$$

ب) الدفع الذي تلقته الكرة إذا ارتدت عن سطح الأرض بسرعة (2 m/s) :

$$\vec{I} = m \cdot \Delta\vec{V} = m\,(V_f - V_i) = 2 \times \{(2) - (-10)\} = 24 \ \text{N.S}$$



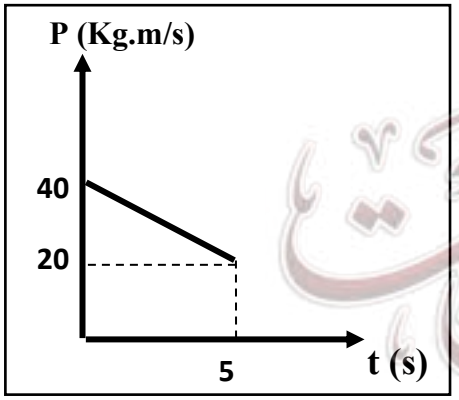
مثال 3 : أثرت قوة متغيرة بانتظام على جسم ساكن كتله (3 Kg) . احسب :

أ) مقدار التغير في كمية حركة الجسم :

$$\Delta P = I = \text{½ القاعدة x الارتفاع} = ½ \times 0.5 \times 84 = 21 \ \text{N.S}$$

ب) مقدار التغير في سرعة الجسم :

$$\Delta P = m \cdot \Delta V \qquad 21 = 3 \times \Delta V \qquad \Delta V = 7 \ \text{m/s}$$



مثال 4 : الخط البياني الموضح بالشكل يبين التغير في كمية الحركة لجسم يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس . احسب الدفع الذي تلقاه الجسم :

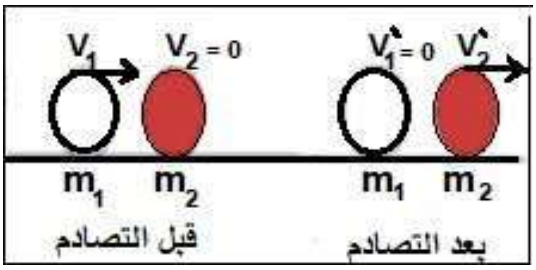
$$I_1 = \Delta P = P_f - P_i = 20 - 40 = -20 \ \text{N.S}$$

مثال 5 : جسم يتحرّك بطاقة حركية مقدارها (150 J) وكمية حركة (30 kg.m/s). احسب سرعة الجسم الخطية :

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times mv \times v = \frac{1}{2} \times P \times v$$

$$150 = \frac{1}{2} \times 30 \times V \qquad \Rightarrow \qquad v = 10 \ \text{m/s}$$

الدرس (3 – 2) : حفظ كمية الحركة و التصادمات



** في الشكل كرة بلياردو ساكنة (A) على سطح الطاولة الأملس

وكرة متحركة (B) مشابهة لها تتحرك نحوها لتصطدم بها .

أ) ماذا يحدث لحركة الكرتان بعد التصادم :

الكرة الساكنة تتحرك أما الكرة المتحركة تتوقف

ب) ماذا يحدث لكمية حركة الكرتان بعد التصادم :

كمية الحركة للكرة الساكنة تزداد و تقل للكرة المتحركة (تنعدم)

ج) التفسير : كمية الحركة التي اكتسبتها الكرة (A) تساوي في المقدار كمية الحركة التي خسرتها الكرة (B)

قانون بقاء كمية الحركة : كمية الحركة للنظام في غياب القوي الخارجية تبقي ثابتة ولا تتغير

علل لما يأتى :

1- النشاط الإشعاعي للذرات وتصادم السيارات وانفجار النجوم تمثل أنظمة تتصف ببقاء كمية الحركة.

لأن محصلة القوة الخارجية المؤثرة في النظام مساوية للصفر $\sum \vec{F}_{ext} = 0$

2- عندما تؤثر قوة احتكاك على سيارة متحركة فأن النظام يتصف بعدم بقاء كمية الحركة.

لأن مقدار السرعة يتغير وبالتالي تتغير كمية الحركة

3- كمية الحركة للقمر الصناعي عند دورانه حول الأرض أو كمية الحركة للأرض عند دورانها حول الشمس تكون غير محفوظة .

أو الحركة الدائرية نظام يتصف بعدم بقاء كمية الحركة .

لأن اتجاه السرعة يتغير وبالتالي تتغير كمية الحركة

التدافع

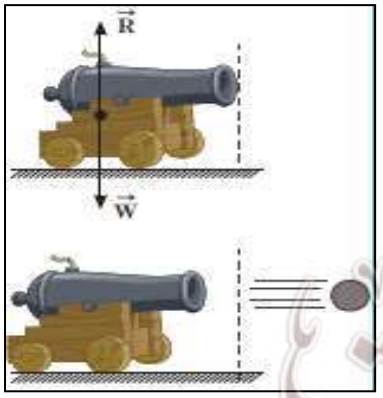
$$m_1\vec{v}'_1 = - m_2\vec{v}'_2$$

** ارتداد المدفع عند إطلاق القذيفة أحد تطبيقات : حفظ كمية الحركة الخطية و القانون الثالث لنيوتن

** الدفع الذي يؤثر في القذيفة لدفعها إلى الأمام يساوي الدفع الذي يؤثر في المدفع لدفعه الي الخلف ويعاكسه في الاتجاه

** إذا تدافع جسمان كتلة الأول (m) وكتلة الثاني (3m) على سطح أملس فأن : $\Delta\vec{P}_2 = - \Delta\vec{P}_1$

** خلال انفجار القذيفة في النظام مدفع قذيفة لا يتغير موضع مركز ثقل النظام .



علل لما يأتى :

1- سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة .

لأن كتلة المدفع أكبر من كتلة القذيفة وتكون كمية الحركة للنظام محفوظة ($\Delta P = 0$)

2- كتلة المدفع أو البندقية أكبر من كتلة القذيفة.

حتى تكون سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة وتكون كمية الحركة للنظام محفوظة

3- يرتد المدفع نحو الخلف عند إطلاق القذيفة خارج ماسورة المدفع باتجاه الأمام .

بحسب القانون الثالث لنيوتن لكل فعل له رد فعل مساوي له في المقدار ومعاكس له بالاتجاه

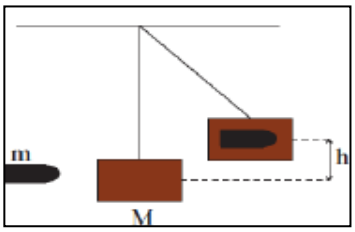
التصادمات

التصادم : عملية تتم بين جسيمين لفترة زمنية قصيرة تكون القوة الخارجية المؤثرة مهملة بالنسبة للقوة الداخلية

وجه المقارنة	التصادم المرن كلياً	التصادم اللامرن	التصادم اللامرن كلياً
مثال	تصادم الجزئيات والذرات	تصادم السيارات	تصادم السيارات
التعريف	الطاقة الحركية محفوظة ولا ينتج تشوه ولا يتولد حرارة	الطاقة الحركية غير محفوظة ويتحول جزء لحرارة ويحدث تشوه	تصادم يلتحم فيه الجسمان معاً ويتحركان بسرعة واحدة
حدوث تشوه	لا ينتج تشوه	ينتج تشوه	ينتج تشوه
تولد حرارة	لا يولد حرارة	يولد حرارة	يولد حرارة
حركة الجسيمين بعد التصادم	ينفصل الجسمان بسرعات مختلفة	ينفصل الجسمان بسرعات مختلفة	يلتحم الجسمان ويتحركان كجسم
طاقة الحركة	محفوظة	غير محفوظة	غير محفوظة
كمية الحركة	محفوظة	محفوظة	محفوظة

****علل :** يعتبر النظام المنفجر والأجسام المتصادمة نظاما معزولا أو كمية حركة للنظام محفوظة عند حدوث عملية التصادم.

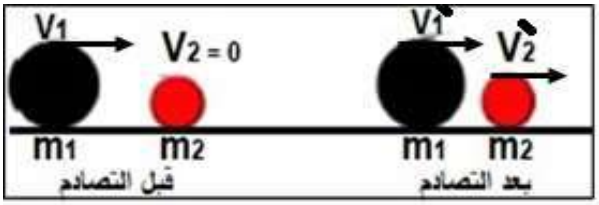
لأن التصادم يحدث في زمن قصير جداً والقوة الخارجية مهملة بالنسبة للقوة الداخلية



البندول القذفي : جهاز يستخدم لقياس سرعة القذائف السريعة مثل الرصاصة

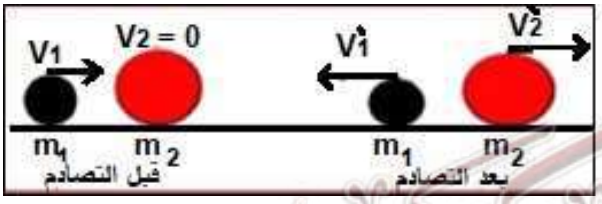
** يقوم مبدأ عمل البندول القذفي على حفظ كمية الحركة وحفظ الطاقة الميكانيكية

ماذا يحدث عند حدوث التصادم المرن فى الحالات الأتية :



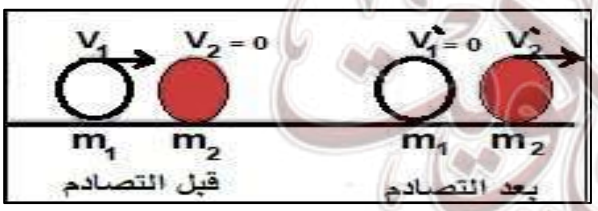
1- إذا كانت الكتلة المتحركة (m_1) أكبر من الكتلة الساكنة (m_2) :

ستتحرك الكتلتان بعد التصادم باتجاه $\vec{v}_1$



2- إذا كانت الكتلة المتحركة (m_1) أصغر من الكتلة الساكنة (m_2) :

سترتد الكتلة m_1 باتجاه عكس $\vec{v}_1$ فيما تتحرك الكتلة m_2 باتجاه $\vec{v}_1$



3- إذا كانت الكتلة المتحركة (m_1) تساوي الكتلة الساكنة (m_2) :

الكتلة الأولي بعد التصادم تصبح ساكنة فيما تتحرك الكتلة الثانية

بسرعة الكتلة الأولي وكمية الحركة تنتقل كليا من الكتلة الأولي إلى الثانية

قوانين الدرس (3 – 2) : حفظ كمية الحركة والتصادمات		
سرعة ارتداد المدفع وسرعة اطلاق لقذيفة (التدافع)	$m_1V'_1 = - m_2V'_2$	
	التصادم تام المرونة	التصادم اللامرن كلياً
سرعة الجسمين بعد التصادم	$V'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)}$ $V'_2 = \frac{2m_1v_1 - (m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)}$	$V' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)}$
طاقة الحركة	$KE_i = KE_f$	$\Delta KE = \left[\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v'^2\right] - \left[\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2\right]$

مثال 1 : تنطلق قذيفة كتلتها (200) g من فوهة بندقية كتلتها (5) kg وبسرعة (150) m/s أحسب سرعة ارتداد البندقية :

$m_1v'_1 = - m_2v'_2 \qquad 0.2 \text{ x } 150 = -5 \text{ x } v'_2 \qquad v'_2 = -6 \text{ m/s}$

مثال 2 : جسم كتلته (600) g انفجر وانقسم إلى نصفين متساويين وكانت سرعة الجزء الأول (-0.4) m/s على المحور الأفقي بالاتجاه السالب. أحسب سرعة الجزء الثاني :

$m_1v'_1 = - m_2v'_2 \qquad 0.3 \text{ x } -0.4 = -0.3 \text{ x } v'_2 \qquad v'_2 = 0.4 \text{ m/s}$

مثال 3 : كرة كتلتها (0.6 kg) وتتحرك بسرعة (10 m/s) , تصادمت مع كرة أخرى ساكنة كتلتها (0.4 kg) فإذا كان النظام معزولاً، وبفرض أن هذا التصادم هو تصادم تام المرونة. المطلوب :

أ) احسب سرعة الكرتين بعد التصادم مباشرة :

$$v'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)\,v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{0 + (0.6 - 0.4) \text{ x } 10}{(0.6 + 0.4)} = 2 \text{ m/s}$$

$$v'_2 = \frac{2m_1v_1 - (m_1 - m_2)\,v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{2 \times 0.6 \times 10 - 0}{(0.6 + 0.4)} = 12 \text{ m/s}$$

ب) صف اتجاه حركة الكرتين بعد التصادم :

تتحرك الكرتان في اتجاه واحد (جهة اليمين)

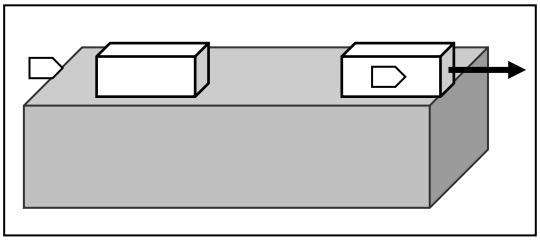
مثال 4 : تصادمت كرة كتلتها (0.25 kg) وتتحرك بسرعة مقدارها (6 m/s) مع كرة أخري ساكنة كتلتها (0.95 kg) تصادماً لأمرناً، إذا كان النظام معزولاً وتحركت الكرة الثانية بعد التصادم مباشرة بسرعة مقدارها (3 m/s) . فاحسب سرعة الكرة الاولي بعد التصادم :

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v'_2$$

$$(0.25 \times 6) + (0.95 \times 0) = 0.25 \times v'_1 + 0.95 \times 3$$

$$v'_1 = -5.4 \text{ m/s}$$

صفوة معلمي الكويت



مثال 5 : أطلقت رصاصة كتلتها (200 g) بسرعة (140 m/s) على لوح سميك من الخشب كتلته (6.8 Kg) ساكن فإذا استقرت الرصاصة داخل لوح الخشب وتحركت المجموعة على سطح أفقي أملس كجسم واحد .أحسب :

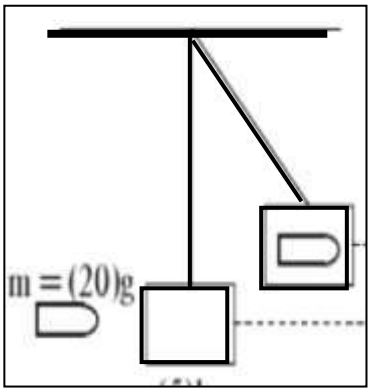
أ) سرعة النظام المؤلف من الكتلتين بعد التصادم :

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0.2 \times 140 + 0}{0.2 + 6.8} = 4 \ m/s$$

ب) الفقد في طاقة الحركة (الطاقة المبددة) :

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = \left[\frac{1}{2}(m_1 + m_2)\, v'^2\right] - \left[\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2\right]$$

$$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} \times 7 \times (4)^2\right] - \left[\frac{1}{2} \times 0.2 \times 140^2 + 0\right] = -1904 \ J$$



مثال 6 : أطلقت رصاصة كتلتها (0.02 kg) على بندول قذفي ساكن كتلته (5 kg) فارتفع مسافة (20 cm) عن المستوي الأفقي بعدما انغرزت الرصاصة في داخله . احسب :

أ) سرعة جملة الجسيمين معاً :

$$V' = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.2} = 2 \ m/s$$

ب) سرعة الرصاصة عند أطلاقها :

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$2 = \frac{(0.02 \times V_1) + 0}{0.02 + 5} \quad \Rightarrow \quad V_1 = 502 \ m/s$$

مثال 7 : كرتان من الصلصال تتصادمان تصادما لأمرنا كليا كتلة الأولي (0.5 kg) وتتحرك لليمين بسرعة (4 m/s) والكرة الثانية كتلتها (0.25 kg) وتتحرك نحو اليسار بسرعة (3 m/s) . احسب :

أ) سرعة النظام بعد التصادم :

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0.5 \times 4 + 0.25 \times -3}{0.5 + 0.25} = 1.67 \ m/s$$

ب) احسب مقدار الطاقة الحركية للجسيمين معاً بعد التصادم مباشرة :

$$KE_f = \left[\frac{1}{2}(m_1 + m_2)\, v'^2\right]$$

$$KE_f = \left[\frac{1}{2} \times 0.75 \times 1.67^2\right] = -1 \ J$$

العلاقات الرياضية المستخدمة في المنهج

قوانين الشغل والطاقة	
الشغل الذي تبذله قوة في إزاحة جسم أفقياً	$W = \vec{F}.\vec{d} = F.d\cos\theta$
الشغل الناتج عن وزن جسم عند إزاحته رأسياً	$W_w = mgh$
الشغل الناتج عن وزن كتلة معلقة في نابض مرن	$W = \frac{1}{2}F\Delta X = \frac{1}{2}K.\Delta X^2$
الطاقة الحركية للجسم	$KE = \frac{1}{2}mV^2$
الطاقة الكامنة التثاقلية	$PE_g = mgh$
الطاقة الكامنة المرنة في النابض	$PE_e = \frac{1}{2}F\Delta X = \frac{1}{2}K\Delta X^2$
الطاقة الكامنة المرنة في خيط مطاطي	$PE_e = \frac{1}{2}C\,\Delta\theta^2$
سرعة الجسم بدلالة طاقته الحركية	$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}}$
السرعة النهائية لجسم بدلالة الإزاحة الراسية	$v = \sqrt{2g\,h}$
الطاقة الميكانيكية للجسم	$ME = KE + PE$
الطاقة الكلية للجسم	$E = ME + U$
علاقة الشغل والطاقة الحركية	$W = \Delta KE$
علاقة الشغل والطاقة الكامنة التثاقلية	$W_W = -\Delta PE$
علاقة الطاقة الحركية والطاقة الكامنة التثاقلية	$\Delta PE = -\Delta KE$
الطاقة الميكانيكية للبندول البسيط	$ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgL\,(1-\cos\theta)$
السرعة النهائية للبندول عند موضع الاستقرار	$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gL\,(1-\cos\theta)}$

	غياب الاحتكاك (سطح مائل أملس)	وجود الاحتكاك (سطح مائل خشن)
التغير في الطاقة الميكانيكية (ΔME)	$\Delta ME = 0$ $ME_i = ME_f$ $KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$	$\Delta ME \neq 0$ $\Delta ME = + W_f$ $ME_f - ME_i = - f\,d$ $(KE_f + PE_f) - (KE_i + PE_i) = - f\,d$

قوانين ميكانيكا الدوران	
عزم القوة (عزم الدوران)	$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d} = Fd \sin\theta$
عزم الازدواج	$\vec{C} = \vec{F} \times \vec{d}$
العزوم المتزنة	$\vec{\tau}_{C.W} = \vec{\tau}_{A_{.C.W}}$
نظرية المحور الموازي (القصور الذاتي الدوراني)	$I = I_0 + md^2$

قوانين حفظ كمية الحركة والتصادمات	
كمية الحركة الخطية	$\vec{P} = m \, . \, \vec{v}$
الدفع الذي يتلقاه الجسم	$\vec{I} = \Delta\vec{P} = \vec{F} \, . \, \Delta t = m \, . \, \Delta V$
سرعة الارتداد للمدفع وسرعة الإطلاق للقذيفة	$m_1.v_1' = -\, m_2.v_2'$

	التصادم المرن (تام المرونة)	التصادم اللامرن (اللامرن كلياً)
طاقة الحركة	$KE_i = KE_f$	$\Delta KE = \left[\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v'^2\right] - \left[\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2\right]$
سرعة الجسمين بعد التصادم	$v'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)}$ $v'_2 = \frac{2m_1v_1 - (m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)}$	$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)}$

صفوة معلمي الكويت