نموذج الاجابة

أوراق عمل الفيزياء

الصف الثاني عشر (12)

الفصل الدراسي الأول

العام الدراسي : 2024 / 2025 م

أ/ يوسف عزمي

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الأول : الطاقة

الدرس (1 -1) : الشغل

مقدمة هامة :

ضرب المتجهات	1- الضرب العددي (القياسي) أو (النقطي) أو (الداخلي)	2- الضرب الاتجاهي (التقاطعي) أو (الخارجي)
العلاقة الرياضية	$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB\cos\theta$	$\vec{A} \times \vec{B} = AB\sin\theta$
ناتج الضرب	**كمية عددية**	**كمية متجهة**
تنعدم قيمة الناتج	**المتجهان متعامدان** **لأن** $\cos 90 = 0$	**المتجهان متوازيان** **لأن** $\sin 0 = 0$
أكبر قيمة للناتج	**المتجهان متوازيان** **لأن** $\cos 0 = 1$	**المتجهان متعامدان** **لأن** $\sin 90 = 1$
مثال	**الشغل**	**عزم القوة**

** ملاحظة هامة : مفهوم الشغل الفيزيائي يختلف تماماً عن الجهد الجسدي.

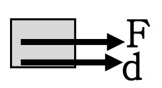
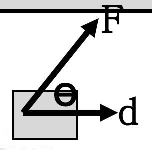
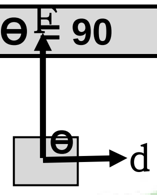
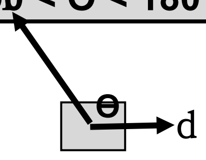
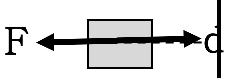
$$W = \vec{F}.\vec{d} = Fd\cos\theta$$

الشغل : **عملية تقوم فيها قوة مؤثرة بإزاحة جسم في اتجاهها**

أو كمية عددية تساوي حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة والإزاحة

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

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

قيمة (θ)	θ = 0	0 < θ < 90	θ = 90	90 < θ < 180	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**

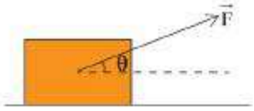
الشغل كمّية موجبة (+)

منتج للحركة زيادة سرعة الجسم

1- القوّة لها مركبة في اتّجاه الإزاحة.

$0^\circ \le \theta < 90^\circ$

$1 \ge \cos\theta > 0$



2-الإزاحة باتّجاه القوّة.

$\theta = 0^\circ$

$\cos\theta = 1$

ملاحظة مهمة:

أكبر قيمة للشغل المنتج عندما تكون الزاوية (0°).

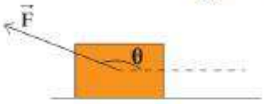
الشغل كمّية سالبة (-)

مقاوم للحركة يقلل من سرعة الجسم

1- القوّة لها مركبة عكس اتّجاه الإزاحة.

$90^\circ < \theta \le 180^\circ$

$\cos\theta < 0$



2- اتّجاه القوّة معاكساً تماماً لاتّجاه الإزاحة.

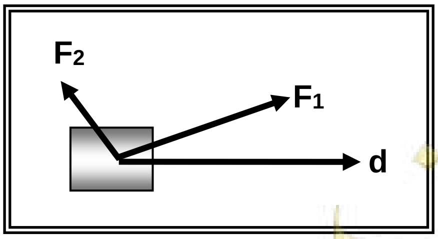
$\theta = 180^\circ$

$\cos\theta = -1$

ملاحظة مهمة:

أكبر قيمة للشغل المقاوم بالقيمة المطلقة عندما تكون الزاوية (180°)

مثال 1 : قوتان تعملان على صندوق خشبي وضع فوق سطح أفقي أملس لينزلق مسافة (2.5 m) بالاتجاه الموجب للمحور الأفقي قوة منتظمة (F_1) مقدارها (10 N) وتصنع زاوية (30^o) مع المحور الأفقي وقوة منتظمة (F_2) مقدارها (7 N) وتصنع زاوية (150^o) مع المحور الأفقي. احسب مقدار الشغل الناتج من هذه القوي وحدد نوعه :



$W_1 = F_1\, d \cos\theta = 10 \times 2.5 \cos 30 = 21.65\ \ J$

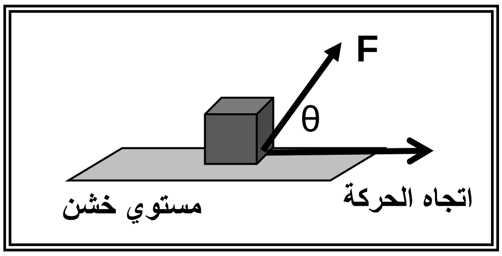
$W_2 = F_2\, d \cos\theta = 7 \times 2.5 \cos 150 = -15.15\ \ J$

$W_T = W_1 + W_2 = +6.5\ \ J$

الشغل الكلي مساعد للحركة لأنه موجب

تابع الشغل

** نشاط : المكعب بالشكل موضوع على سطح أفقي خشن وتؤثر عليه قوة منتظمة (F) بحيث تصنع زاوية (θ) :



أ) حدد مقدار مركبة القوة (F) التي تبذل شغلاً على الجسم :

المركبة الأفقية $F\cos\theta$

ب) أكتب المعادلة العامة لحساب الشغل بدلالة المركبة السابقة والإزاحة :

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

ج) هل توجد للقوة (F) مركبة أخري ؟ وهل تبذل هذه المركبة شغلاً على الجسم ؟ علل لإجابتك :

نعم . ولكنها لا تبذل شغلا وهي المركبة الراسية ($f\sin\theta$) لأنها لا تسبب إزاحة في اتجاه الحركة

د) توجد قوي أخري تؤثر على المكعب . حدد هذه القوي وحدد اتجاهها :

نعم . توجد قوى الاحتكاك عكس اتجاه الإزاحة

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 $W = -Fd \quad \Rightarrow \quad \cos 180 = -1 \quad \Rightarrow \quad \theta = 180$

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 الذي يبذله حمال المطار والذي يحمل حقيبة على كتفه وينقلها مسافة أفقية يساوي الصفر .

أو 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 .

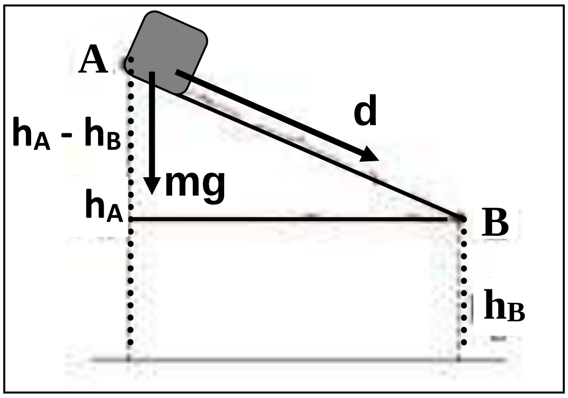
أو قوة جذب الأرض للقمر الصناعي لا تبذل شغلا في تحريكه أثناء دورانه حول الأرض .

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

7- الشغل الذي تبذله قوة منتظمة تصنع زاوية مع اتجاه الحركة يكون نتيجة لمركبة القوة الموازية لاتجاه الحركة فقط

لأن مركبة القوة العمودية لا تسبب إزاحة في اتجاه الحركة بينما مركبة القوة الأفقية تسبب إزاحة في اتجاهها

الشغل المبذول من وزن الجسم

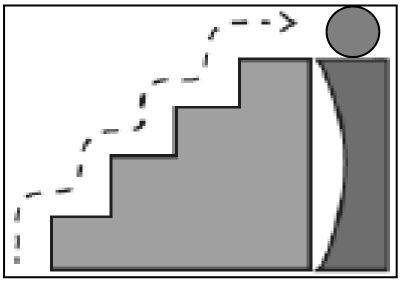


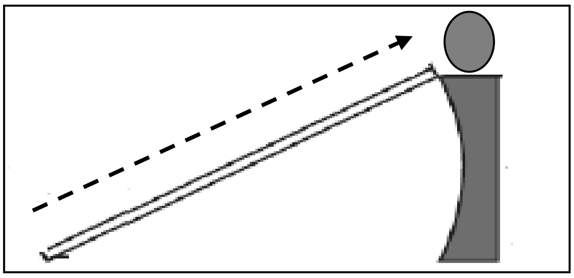
** الشغل الناتج عن وزن الجسم لا يرتبط بشكل المسار بين النقطتين،
ولكن يتوقف على الإزاحة الرأسية.

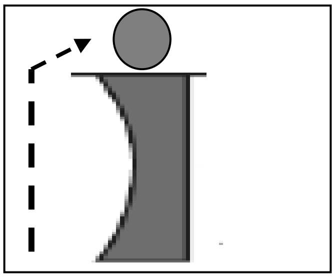
$$W_w = mg\,(h_A - h_B)$$

$$W_w = mg\,\Delta h$$

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


رفع الحجر على سلم مدرج

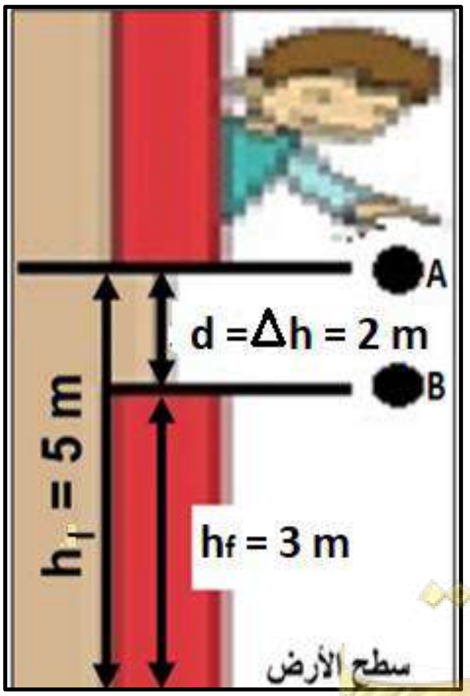

رفع الحجر على سطح مائل


رفع الحجر مرة واحدة

أ) ماذا تلاحظ : **الشغل الناتج عن وزن الجسم لا يتغير بتغير شكل المسار**

ب) ماذا تستنتج : **الشغل الناتج عن وزن الجسم لا يرتبط بشكل المسار ولكن يتوقف على الإزاحة الرأسية**

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



** ملاحظات هامة : في الشكل المقابل :

أ) المسافة ($h_i = 5$ m) من الأرض إلى A تمثل **الارتفاع الرأسي الابتدائي**

ب) المسافة ($d = \Delta h = 2$ m) من A إلى B تمثل **الإزاحة الرأسية**

ويحسب منها شغل الوزن من A إلى B من العلاقة $W_w = mg\,\Delta h$

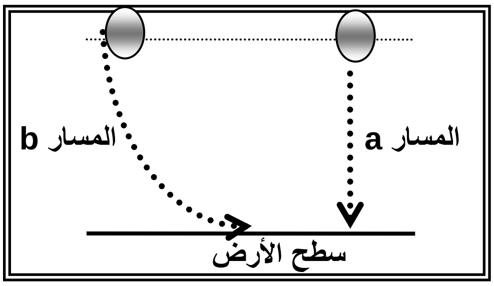
والعوامل التي يتوقف عليها **وزن الجسم** - **الإزاحة الرأسية**

ج) المسافة ($h_f = 3$ m) من الأرض إلى B تمثل **الارتفاع الرأسي النهائي**

ويحسب منها طاقة الوضع التثاقلية عند النقطة B من العلاقة $PE_g = mgh$

والعوامل التي يتوقف عليها **وزن الجسم** - **الارتفاع الرأسي**

ويتم دراسة طاقة الوضع التثاقلية في الدرس القادم

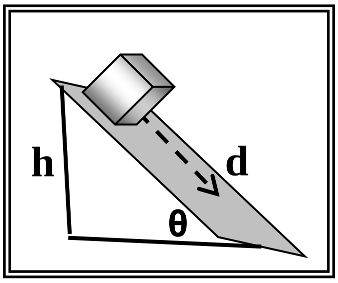


** في الشكل المقابل :

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) بم تفسر : **الشغل الناتج عن وزن الجسم لا يرتبط بشكل المسار ولكن شغل الوزن يتوقف على مقدار الإزاحة الرأسية**

نشاط: المكعب الموضح بالشكل موضوع على سطح مائل بزاوية (θ) مع المستوى الأفقي الأملس تماماً والمطلوب :



أ) أكتب معادلة لحساب الازاحة الراسية :

$h = d \sin \Theta$

ب) أكتب معادلة لحساب الشغل الناتج عن وزن الجسم :

$W_W = mg\,\Delta h$

ج) هل توجد مركبة أخري تبذل شغلاً على الجسم ؟ علل لإجابتك :

لا توجد / لعدم وجود قوة احتكاك

علل لما يأتى :

1- إذا قذف جسم بزاوية مع الأفقي ووصل إلى هدفه عند مستوى القذف فإن الشغل الذي تقوم به قوة الجاذبية صفر

لأن الإزاحة الراسية ($h = 0$) تساوي صفر $Ww = mg\,\Delta h = 0$

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

$Ww = Fd \cos 90 = 0$

مثال 2 : 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) :

$W = F\,d \cos \Theta = m\,g\,d \cos \Theta = 2 \times 10 \times 3 \cos 0 = 60\ J$ أو $Ww = mg\,\Delta h$

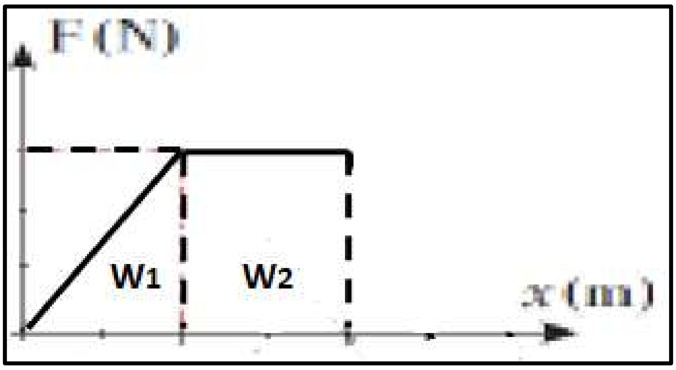
ج) احسب مقدار الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك مع الهواء خلال سقوط الكرة مسافة (3 m) وقوة الاحتكاك (1 N) :

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

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

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

الشغل المبذول من النابض



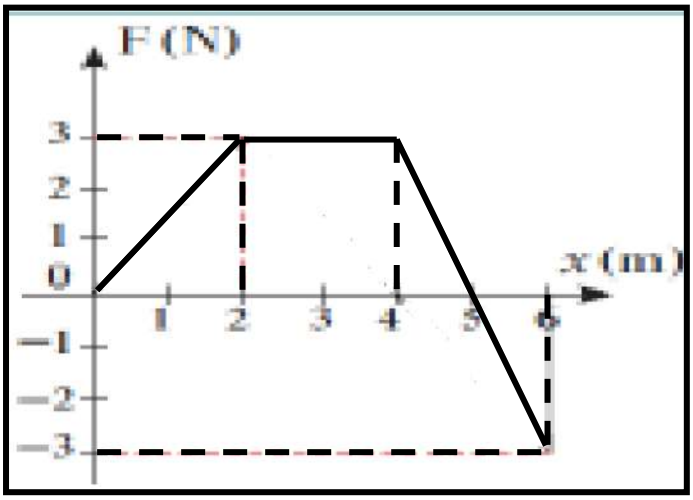
** يحسب الشغل من المساحة تحت المنحنى :

أ) الشغل (W_1) يساوي **مساحة المثلث**

والتي تساوي **الارتفاع** x **القاعدة** x ½

ب) الشغل (W_2) يساوي **مساحة المستطيل**

والتي تساوي **الطول** x **العرض**



مثال 1 : احسب الشغل الكلي الناتج في الشكل المقابل :

$W_1 = ½ X 2 X 3 = 3 J$

$W_2 = 2 X 3 = 6 J$

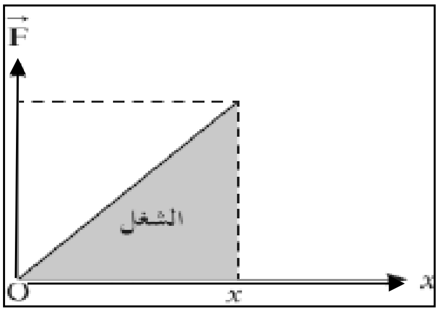
$W_3 = ½ X 1 X 3 = 1.5 J$

$W_4 = 0.5 X 1 X -3 = -1.5 J$

$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 9 J$

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

** الشغل المبذول على نابض مرن يحسب من : $W = \frac{1}{2} k.\Delta x^2$



* $W = \frac{1}{2} F.\Delta X$

* $W = \frac{1}{2} (K \Delta X) \Delta X$

* $W = \frac{1}{2} K \Delta X^2$

ماذا يحدث

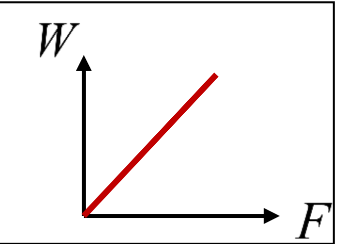
1- لمقدار الشغل المبذول لاستطالة زنبرك ثابت مرونته (K) عند زيادة الاستطالة إلى مثلي ما كانت عليه .

يزداد الشغل المبذول إلى أربعة أمثال

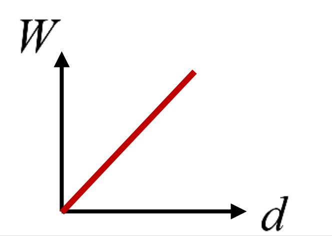
2- لمقدار الشغل المبذول لاستطالة زنبرك ثابت مرونته (K) عندما تقل الاستطالة إلى نصف ما كانت عليه .

يقل الشغل المبذول إلى الربع

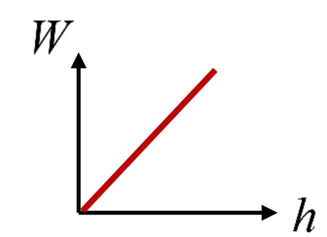
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة على المطلوب بين العلاقات التالية :



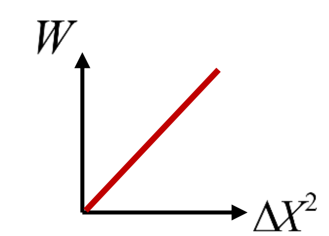
الشغل والقوة



الشغل والإزاحة



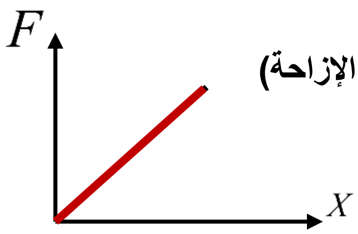
الشغل والإزاحة الراسية



الشغل ومربع الاستطالة

** الميل يمثل **ثابت هوك**

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



القوة المتغيرة والاستطالة

القوة المنتظمة والإزاحة

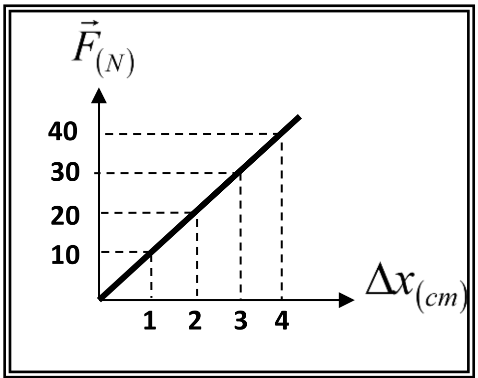
** <u>أذكر العوامل التي يتوقف عليها كل من :</u>

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- **كتلة الجسم** 2- **عجلة الجاذبية** 3- **الإزاحة الراسية**

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

<u>مثال 2 :</u> 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) :

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

<u>مثال 3 :</u> ضغط زنبرك (2 cm) عن طوله الأصلي في مرحلة أولى ومن ثم ضغط (6 cm) إضافية في مرحلة ثانية .

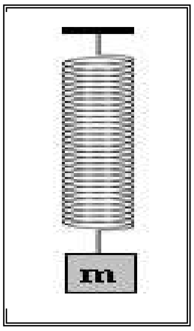
ما مقدار الشغل الإضافي المبذول في خلال عملية الضغط الثانية مقارنة بالعملية الأولى .علماً بأن (K = 100 N/m)

$$W_1 = \frac{1}{2} K \, \Delta X_1^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 0.02^2 = 0.02 \ \ J$$

$$W_2 = \frac{1}{2} K \, \Delta X_2^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 0.08^2 = 0.32 \ \ J$$

$$\Delta W = W_2 - W_1 = 0.32 - 0.02 = 0.3 \ \ J$$

تطبيقات على الشغل



مثال 4 : الشكل المقابل يمثل نابض مرن ثابت القوة له (K = 1000 N/m) علقت به كتلة (m) فاستطال النابض بتأثيرها مسافة (ΔX) مقدارها (5) cm فإن :

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

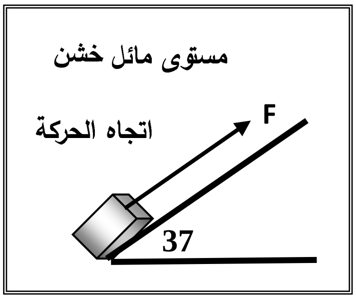
$$F = K\,\Delta X = 1000 \times 0.05 = 50\ N$$

ب) مقدار الكتلة المعلقة في النابض بوحدة (kg) تساوي :

$$m = \frac{F}{g} = \frac{50}{10} = 5\ Kg$$

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

$$W = \frac{1}{2} K\,\Delta X^2 = \frac{1}{2} \times 1000 \times 0.05^2 = 1.25\ J$$



مثال 5 : تم رفع جسم كتلته (6) kg من أسفل سطح مستوى مائل خشن بفعل قوة موازية للمستوى المائل مقدارها (80) N ليصل لقمة المستوى بعد قطع مسافة (18) m فاذا علمت أن قوة الاحتكاك بين الجسم وسطح المستوى المائل تعادل ثلث وزنه، اوجد :

أ) الشغل الذي بذلته تلك القوة :

$$f = \tfrac{1}{3} mg = \tfrac{1}{3} \times 6 \times 10 = 20\ N$$

$$h = d \sin \theta = 18 \sin 37 = 10.8\ m$$

$$W_F = Fd \cos\theta = 80 \times 18 \cos 0 = 1440\ J$$

ب) الشغل الناتج عن وزن الجسم :

$$W_w = -\,mgh = -\,6 \times 10 \times 10.8 = -\,648\ J$$

ج) الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك :

$$W_f = f\,d \cos\theta = 20 \times 18 \cos 180 = -\,360\ J$$

د) الشغل الكلي المبذول :

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 = (1440) + (-648) + (-360) = 432\ J$$

الدرس (1- 2) : الشغل والطاقة

الطاقة : **المقدرة على إنجاز شغل**

** عند دفعك صندوق ما فأن جزءاً من طاقتك **الكيميائية** التي اكتسبتها من الطعام تتحول إلى طاقة **حركية**

** يتوقف مقدار الشغل المنجز على مقدار **الطاقة** التي يصرفها الجسم

** تقاس الطاقة بوحدة **الجول** (J)

الطاقة الحركية : **الشغل الذي ينجزه الجسم بسبب حركته**

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

** كلما تحرك الجسم بسرعة أكبر فأنه يمتلك طاقة حركية **أكبر**

** 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**

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

** عندما تقل سرعة الجسم للنصف فأن الطاقة الحركية تقل **للربع**

** عندما تزيد سرعة الجسم للمثلي فأن الطاقة الحركية تزداد **لأربعة أمثال**

** لحساب سرعة الجسم بدلالة طاقته الحركية نستخدم العلاقة : $v = \sqrt{\frac{2\,KE}{m}}$

العلاقة بين الطاقة الحركية والشغل :

$$\Delta KE = W$$

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

** الشغل الناتج عن محصلة القوة الخارجية المؤثرة في الجسم يساوي التغير في طاقته الحركية :

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

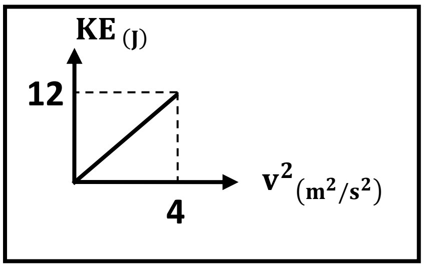
$$W_T = \frac{1}{2}m.V_f^2 - \frac{1}{2}m.V_i^2$$

علل لما يأتي :

1- 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 الأولى تمتلك طاقة حركية أكبر

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

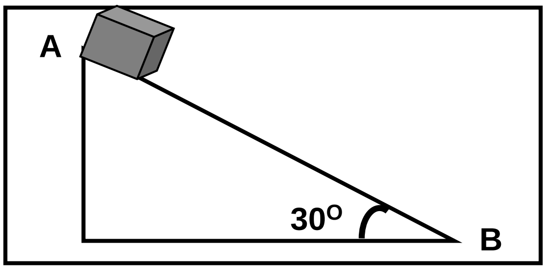


$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$12 = \frac{1}{2} \times m \times 4$$

$$m = 6\ kg$$

مثال 2 : انزلق جسم كتلته (1 kg) من سكون من نقطة (A) على مستوى مائل أملس يميل بزاوية (30^o) مع المستوى الأفقي ليصل إلى النقطة (B) حيث (AB = 4 m) . احسب :



أ) الشغل الناتج عن وزن الصندوق :

$$W = m\,g\,h = m\,g\,(d \sin\theta) = 1 \times 10 \times (4 \times \sin 30) = 20\ \ J$$

ب) سرعة الجسم عند النقطة (B) مستخدماً قانون الطاقة الحركية :

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

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

مثال 3 : قذف جسم كتلته (200 g) من نقطة (A) رأسياً إلى أعلى بسرعة ابتدائية (20 m/s) ليصل في غياب الاحتكاك إلى أقصى ارتفاع عند النقطة (B) . احسب :

أ) الطاقة الحركية للجسم عند الانطلاق عند (A) :

$$KE_i = \frac{1}{2}mV_i^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 20^2 = 40\ J$$

ب) المسافة التي قطعها الجسم :

$$W = \Delta KE = \frac{1}{2}mV_F^2 - \frac{1}{2}mV_i^2 = 0 - \frac{1}{2} \times 0.2 \times 20^2 = -\ 40\ J$$

$$W = -\,mgh \Rightarrow -40 = -0.2 \times 10 \times h \Rightarrow h = 20\ m$$

مثال 4 : دراجة كتلتها وكتلة سائقها معاً (100 kg) تتحرك على طريق أفقية بسرعة (2 m/s) فإذا قلت سرعتها وأصبحت (1 m/s) بعد أن قطعت مسافة (20 m) . احسب :

أ) الشغل المبذول على الدراجة :

$$W = \Delta KE = \frac{1}{2}mV_F^2 - \frac{1}{2}mV_i^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 1^2 - \frac{1}{2} \times 100 \times 2^2 = -\ 150\ J$$

ب) محصلة القوة الخارجية المؤثرة على الدراجة والتي سببت تناقص سرعتها :

$$W = Fd\cos\theta \Rightarrow -150 = F \times 20 \times \cos 180 \Rightarrow F = 7.5\ N$$

ج) الشغل المبذول من وزن الدراجة :

$$W = Fd\cos 90 = 0$$

الطاقة الكامنة

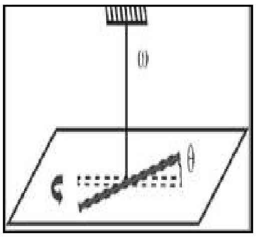
الطاقة الكامنة: **طاقة يختزنها الجسم وتسمح له بإنجاز شغل للتخلص منها**

وجه المقارنة	الطاقة الكامنة التثاقلية	الطاقة الكامنة المرنة
التعريف	**الشغل المبذول على الجسم عند رفعه لنقطة ما**	**الشغل المبذول لتغيير وضع الجسم المرن من وضع مستقر إلى وضع الاستطالة أو الانكماش أو اللي**
القانون	$PE_g = mgh$	$PE_e = \frac{1}{2} C\,\Delta\theta^2$ أو $PE_e = \frac{1}{2} K\,\Delta X^2$
العوامل	**1- وزن الجسم** **2- الارتفاع عن المستوى المرجعي**	**1- ثابت هوك للنابض أو ثابت المرونة للخيط** **2- الاستطالة الحادثة أو الإزاحة الزاوية**

وجه المقارنة	الطاقة الكامنة المرنة في النابض	الطاقة الكامنة المرنة في الخيط المطاطي
القانون	$PE_e = \frac{1}{2} K.\Delta X^2$	$PE_e = \frac{1}{2} C.\Delta\theta^2$
العوامل	**ثابت هوك - الاستطالة الحادثة**	**ثابت المرونة للخيط - الإزاحة الزاوية**

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

** يقاس ثابت مرونة الجسم المرن بحسب النظام الدولي للوحدات بوحدة **J/rad^2 أو $N.m/rad^2$**



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

احسب الطاقة الكامنة المرنة عند لي الخيط .

$$PE_e = \frac{1}{2} C\,\Delta\theta^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times (\frac{30\,\pi}{180})^2 = 13.7\ J$$

علل لما يأتي :

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

3- لكي ينطلق الحجر الموضح بالشكل لمسافة بعيدة يجب شد الخيط المطاطي بقوة كبيرة للخلف.

لأن كلما زادت الطاقة الكامنة المرونية للخيط تتحول إلى طاقة حركية أكبر للحجر

** من أمثلة الطاقة الكامنة داخل المركبات الكيميائية **الغذاء و البطاريات الكهربائية و الفحم**

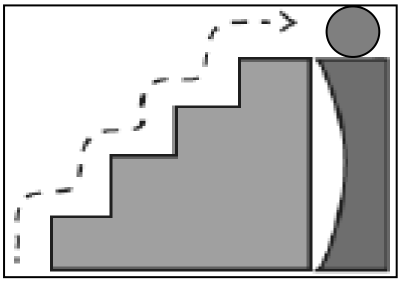
** من أمثلة الطاقة الكامنة التثاقلية **الطاقة المختزنة في مياه الشلالات**

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

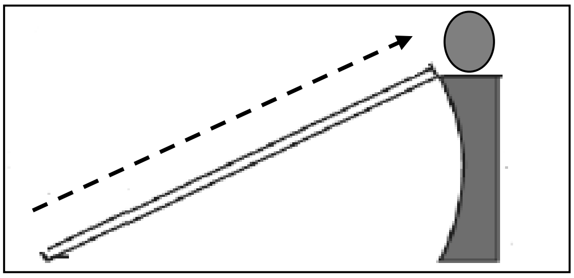
** تحت المستوي المرجعي الطاقة الكامنة التثاقلية تساوي مقدار **سالب** بينما فوق المستوي المرجعي مقدار **موجب**

المستوي المرجعي: **المستوى الذي نبدأ منه قياس الطاقة الكامنة التثاقلية وتساوي عنده صفر**

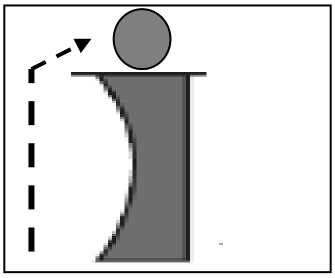
** في الشكل التالي يتم رفع حجر وزنه (100 N) إلى الأعلى على ارتفاع (2 m) في الحالات الآتية :



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 وطول المسار ولكن تتوقف على الارتفاع الرأسي عن الأرض**

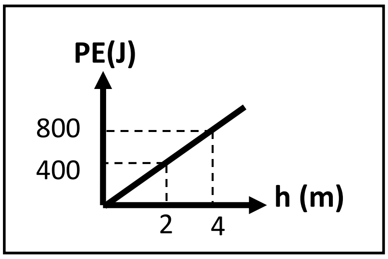
التغير في طاقة الوضع التثاقلية والشغل :

$$\Delta PE_g = -W_w$$

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

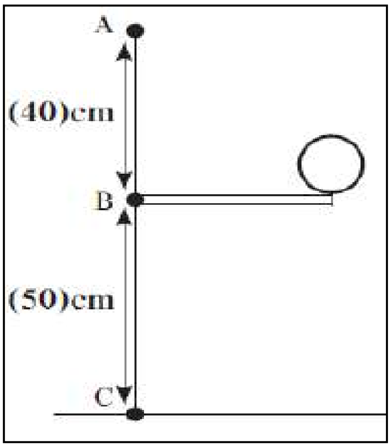
* $W_w = -\ (mgh_f - mgh_i)$
* $\Delta PE = PE_f - PE_i = mgh_f - mgh_i$
* $\Delta PE = -W_w$

وجه المقارنة	تحرك الجسم رأسياً إلى أعلى	تحرك الجسم رأسياً إلى أسفل
مقدار (ΔPE_g)	**موجب**	**سالب**
مقدار (W_w)	**سالب**	**موجب**



مثال 1 : الشكل المقابل يمثل التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية لجسم بتغير ارتفاعه عن سطح الأرض (المستوي المرجعي) . احسب وزن الجسم :

$$PE_g = mgh \quad \Rightarrow \quad 400 = mg \times 2 \quad \Rightarrow \quad mg = 200\ \text{N}$$



مثال 2 : 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) :

$$PE_g = mgh_A = 1 \times 10 \times 0.4 = 4\ \text{J}$$

ب) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (B) :

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

ج) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (C) :

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

الطاقة الميكانيكية

$$ME = KE + PE$$

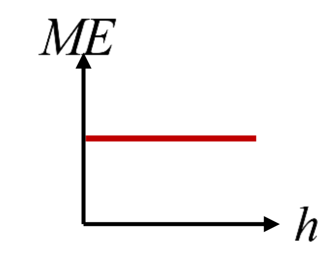
الطاقة الميكانيكية   **مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة**

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

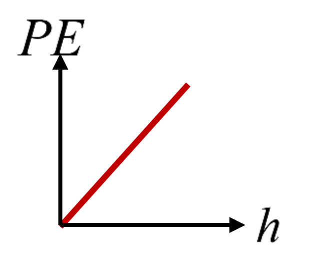
** عند أقصى ارتفاع تكون الطاقة الكامنة التثاقلية للجسم **أكبر ما يمكن** بينما تكون الطاقة الحركية **صفر**

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

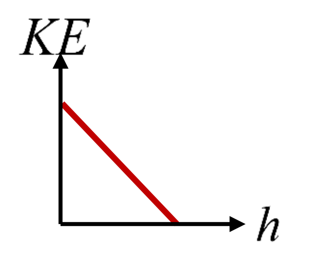
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة على المطلوب بين العلاقات التالية بفرض إهمال الاحتكاك مع الهواء :



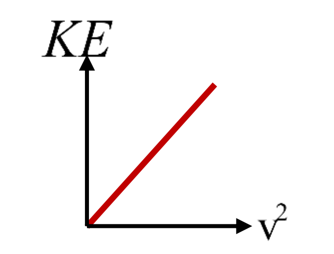
الطاقة الميكانيكية والارتفاع لجسم يقذف لأعلى



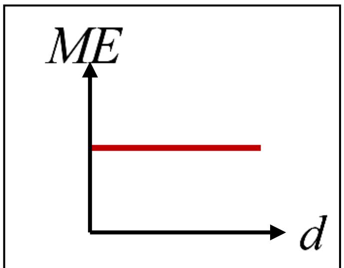
طاقة الوضع التثاقلية والارتفاع لجسم يقذف لأعلى



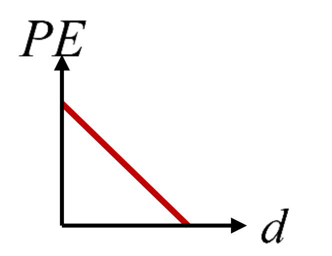
الطاقة الحركية والارتفاع لجسم يقذف لأعلى



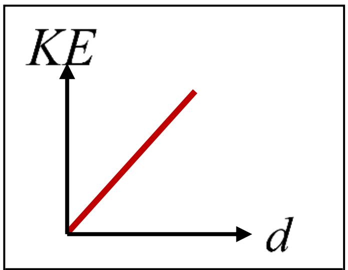
الطاقة الحركية ومربع سرعة



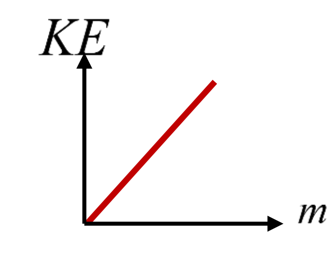
الطاقة الميكانيكية والمسافة لجسم يسقط لأسفل من موضع السقوط



طاقة الوضع التثاقلية والمسافة لجسم يسقط لأسفل من موضع السقوط



الطاقة الحركية والمسافة لجسم يسقط لأسفل من موضع السقوط



الطاقة الحركية وكتلة الجسم

مثال 1 : سقطت تفاحة كتلتها (0.15 kg) من ارتفاع (3 m) إلى أسفل ليصل في غياب الاحتكاك إلى الأرض .احسب

أ) طاقة الوضع التثاقلية عند أقصى ارتفاع :

$$PE_i = m\,g\,h_i = 0.15 \times 10 \times 3 = 4.5 \quad J$$

ب) سرعة التفاحة بعد سقوطها مسافة (2 m) من موضعها :

$$W = \Delta KE \quad \Rightarrow \quad mgh = \frac{1}{2} m v_f^2 - 0 \quad \Rightarrow \quad v_f = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 2} = 6.32 \text{ m/s}$$

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

$$ME = \frac{1}{2} mV^2 + mgh = \frac{1}{2} \times 0.15 \times 6.32^2 + 0.15 \times 10 \times 1 = 4.5 \;\; J$$

د) الطاقة الحركية للتفاحة عند اصطدامها بالأرض :

$$KE_f = PE_i = 4.5 \;\; J$$

هـ) سرعة التفاحة لحظة اصطدامها بالأرض :

$$v = \sqrt{\frac{2\,KE_f}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 4.5}{0.15}} = 7.74 \;\; m/s$$

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 (الطاقة الداخلية U)
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 بتغير طاقة الربط بين أجزائه

** 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 بقاء الطاقة الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم وتتحول من شكل إلى آخر والطاقة الكلية للنظام ثابتة

** 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 :

$\Delta E = \Delta ME$ $\quad$ $\Delta U = 0$

ب) طاقة داخلية متغيرة وطاقة ميكانيكية ثابتة :

$\Delta E = \Delta U$ $\quad$ $\Delta ME = 0$

النظام المعزول نظام لا تتبادل فيه الطاقة مع الوسط المحيط و تكون الطاقة الكلية محفوظة

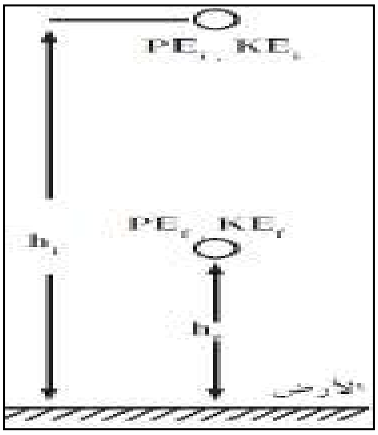
أولاً : حفظ الطاقة الميكانيكية في نظام معزول (بدون الاحتكاك)

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

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

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

** في الأنظمة المعزولة يكون التغير في الطاقة الكامنة يساوى معكوس التغير في الطاقة الحركية بإهمال قوي الاحتكاك مع الهواء .



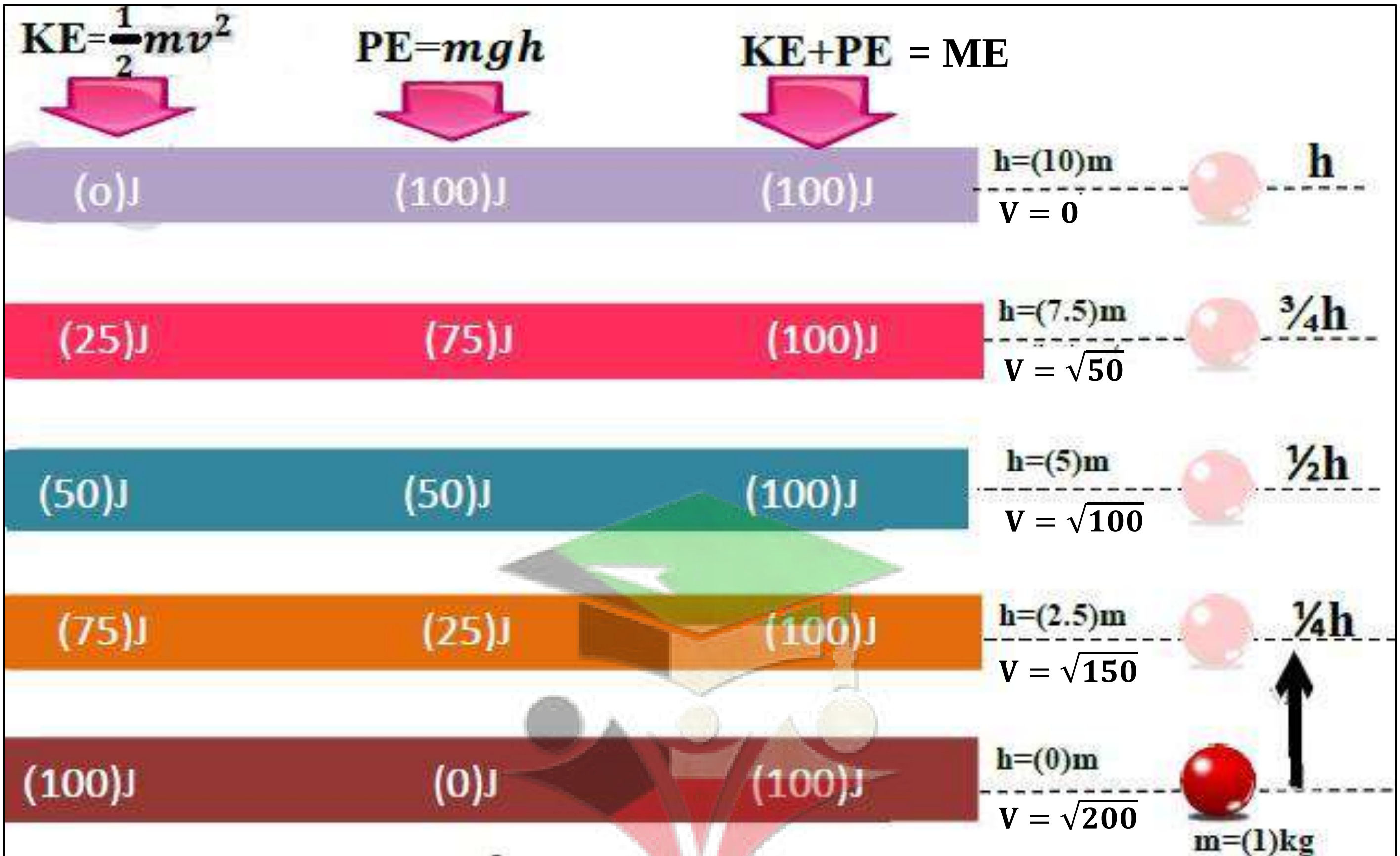
$* \ \Delta ME = 0$

$* \ ME_i = ME_f$

$* \ KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$

$* \ PE_f - PE_i = KE_i - KE_f$

$* \ \Delta PE = -\Delta KE$



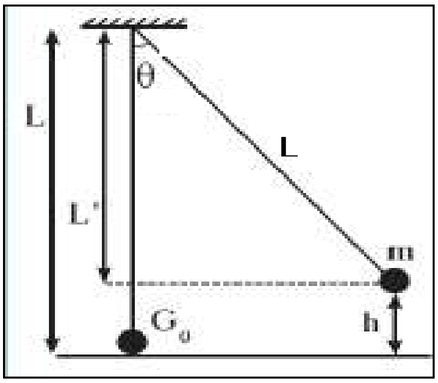
** جسم طاقة وضعه (100 J) عندما يكون على ارتفاع (h) من الأرض فإذا ترك ليسقط سقوط حر

فإن طاقة حركته تصبح (25 J) عندما يكون على ارتفاع من الأرض يساوي **¾ h**

ويكون هبط مسافة قدرها **¼ h**

البندول البسيط

** بإهمال الاحتكاك الطاقة الميكانيكية أثناء حركة البندول البسيط : $ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgL(1 - \cos\theta)$



$* \; PE = mgh = mgL(1 - \cos\theta)$

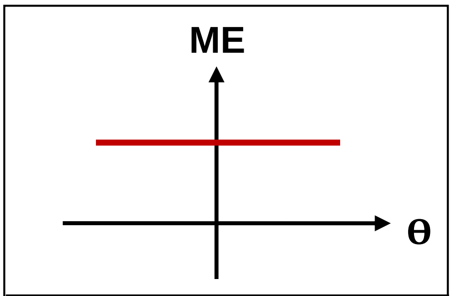
$* \; ME = KE + PE$

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

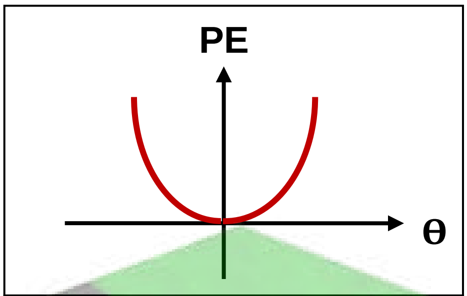
وجه المقارنة	عند أقصي ارتفاع	عند موضع الاستقرار
الطاقة الميكانيكية	ثابتة	ثابتة
الطاقة الحركية	صفر	أكبر ما يمكن
طاقة الوضع التثاقلية	أكبر ما يمكن	صفر

وجه المقارنة	عند أقصي ارتفاع (نقطة الإفلات)	بين نقطة الإفلات وموضع الاستقرار	عند موضع الاستقرار (النقطة G_0)
حساب الطاقة الميكانيكية	$ME = PE$ $ME = mgL\,(1 - \cos\theta)$	$ME = KE + PE$ $ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgL\,(1 - \cos\theta)$	$ME = KE$ $ME = \frac{1}{2}mv^2$

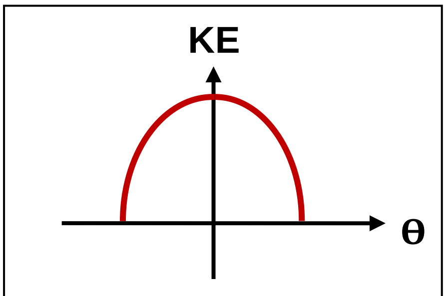
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة على المطلوب بين العلاقات التالية :



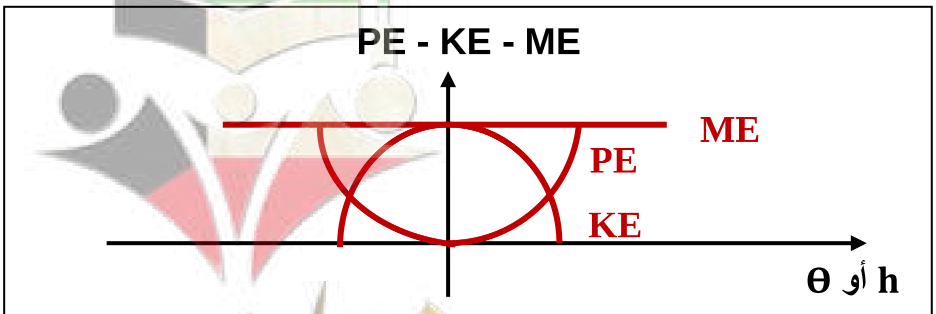
الطاقة الميكانيكية وزاوية البندول

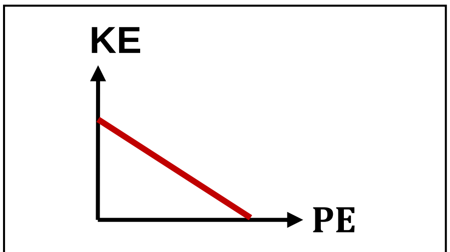


طاقة الوضع وزاوية البندول

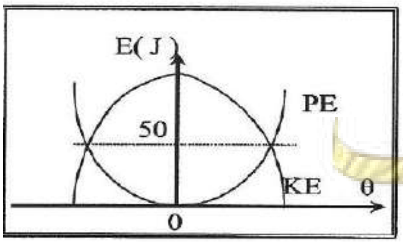


طاقة الحركة وزاوية البندول



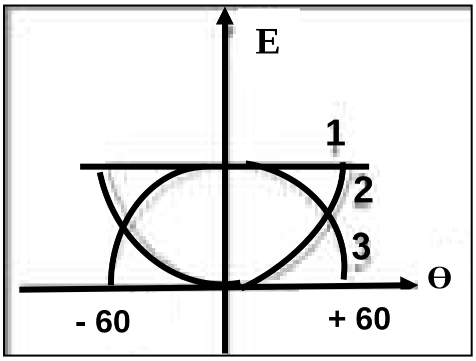


طاقة الوضع وطاقة الحركة للبندول



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

$ME = PE + KE = 50 + 50 = 100 \text{ J}$



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

أ) حدد أي نوع من الطاقة يمثلها كل من الرسوم البيانية الثلاثة :

1- ME   2- PE   3- KE

ب) احسب مقدار الطاقة الميكانيكية للنظام :

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

ج) احسب سرعة الكتلة عند مرورها المستوى المرجعي :

$$ME_i = ME_f \Rightarrow PE_i + KE_i = PE_f + KE_f \Rightarrow mgL(1 - \cos\theta) + 0 = 0 + \frac{1}{2}mv_f^2$$

$$v = \sqrt{2gL\,(1 - \cos\theta)} = \sqrt{2 \times 10 \times 1 \times (1 - \cos 60)} = 3.16 \quad m/s$$

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

$$ME = PE + KE = PE + PE = 2\,PE = 2mgL\,(1 - \cos\theta)$$

$$1 = 2 \times 0.2 \times 10 \times 1 \times (1 - \cos\theta) \quad \Rightarrow \quad \theta = 41.4^o$$

هـ) احسب مقدار السرعة التي تتساوي عندها طاقة الوضع التثاقلية والطاقة الحركية :

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

$$1 = 2 \times \frac{1}{2} \times 0.2 \times V^2 \quad \Rightarrow \quad V = 2.2 \quad m/s$$

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

** عند حفظ الطاقة الكلية للنظام المعزول ($\Delta E = 0$) فأن التغير في الطاقة الميكانيكية يساوى **معكوس** التغير في الطاقة الداخلية وتصبح المعادلة بالشكل $\Delta ME = -\Delta U$

** الشغل الناتج عن قوى الاحتكاك المؤثرة على النظام يتحول إلى **طاقة داخلية** وتصبح المعادلة $\Delta U = -W_f$

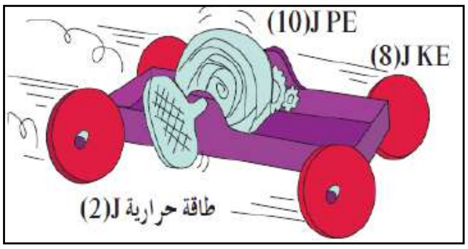
** الشغل الناتج عن قوى الاحتكاك المؤثرة على أجزاء النظام يؤدي إلى تغيير **درجة الحرارة** أو **حالة النظام** بالتتابع

** التغير في الطاقة الميكانيكية في نظام معزول يساوى الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك :

* $\Delta E = \Delta ME + \Delta U = 0$
* $\Delta ME = -\Delta U$
* $\Delta U = -W_f$
* $\Delta ME = -(-W_f) = +W_f = f\,d\cos 180 = -f\,d$

تابع حفظ (بقاء) الطاقة

علل لما يأتي :



1- تزيد الطاقة الحركية الميكروسكوبية لجسيمات النظام برفع درجة حرارته .

بسبب زيادة سرعة حركة الجزيئات

2- في الأنظمة المعزولة المغلقة تكون الطاقة الكلية محفوظة .

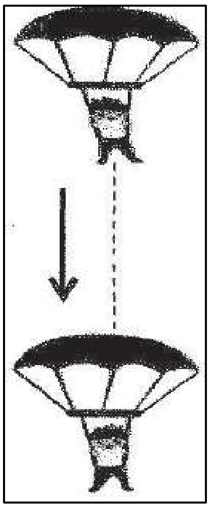
لأنه نظام لا تتبادل فيه الطاقة مع الوسط المحيط

3- في الشكل المقابل الطاقة الكلية للنظام المعزول المؤلف من الأرض والسيارة الصغيرة والهواء المحيط لم تتغير .

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

4- الطاقة الميكانيكية للنظام المعزول المكون من (الصندوق – المستوى المائل الخشن) تكون غير محفوظة .

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



5- 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

6– المياه الساقطة من الشلالات يمكنها إدارة التوربينات التي تولد الطاقة الكهربائية .

لأن الطاقة الكامنة التثاقلية تتحول إلى طاقة حركية وتقوم بإدارة التوربينات

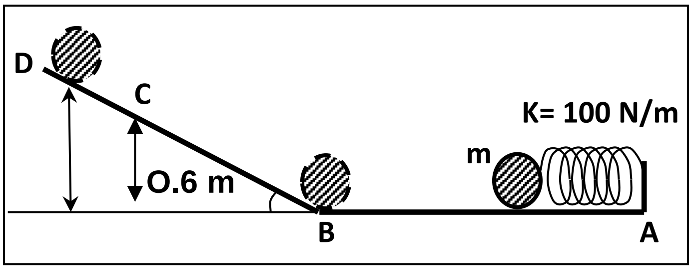
** نشاط : في الشكل المقابل هبوط المظلة باستخدام مظلي في الهواء المحيط .

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

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
العلاقة بين ME_i و ME_f	$ME_i = ME_f$	$ME_i \neq ME_f$
التغير في الطاقة الميكانيكية (ΔME)	$\Delta ME = 0$ $ME_i = ME_f$ $KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$	$\Delta ME \neq 0$ $\Delta ME = + W_f$ $ME_f - ME_i = f\,d\cos 180$ $(KE_f + PE_f) - (KE_i + PE_i) = -f\,d$
حساب الشغل الكلي (W_T)	$W_w = \pm m g h$ $W_f = 0$ $W_T = W_w$	$W_w = \pm m g h$ $W_f = -f\,d$ $W_T = W_w + W_f$



مثال 1 : الشكل المقابل يوضح مستوى 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) :

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

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

ب) سرعة الجسم عند النقطة (C) :

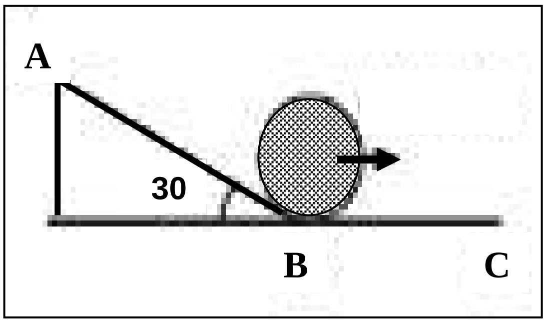
$$ME_B = ME_C \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B{}^2 + mgh_B = \frac{1}{2}mV_C{}^2 + mgh_C$$

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

ج) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم عن المستوى 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 2 : أفلت الجسم (S) الموضح في الشكل المقابل وكتلته (100 g) من النقطة (A) على المسار ABC و AB مستوى مائل أملس يصنع زاوية (30^0) مع المستوى الأفقي الذي يبلغ طوله (L_1) .

والمستوي الأفقي BC خشن وقوة الاحتكاك تساوى (0.1 N) ويبلغ طوله (L_2) فإذا كانت سرعة الجسم عند النقطة (B) تساوى (4 m/s)

أ) أستخدم قانون حفظ الطاقة الميكانيكية لإيجاد طول الجزء AB :

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

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

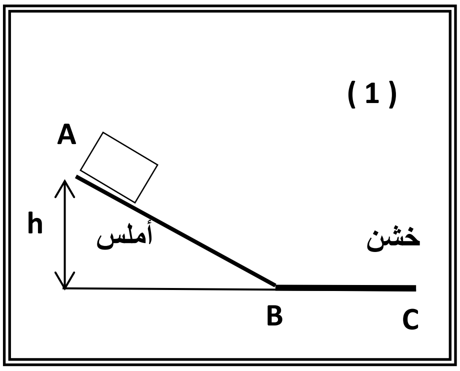
$$d_{AB} = \frac{h_A}{\sin\theta} \Rightarrow d_{AB} = \frac{0.8}{\sin 30} = 1.6\ m$$

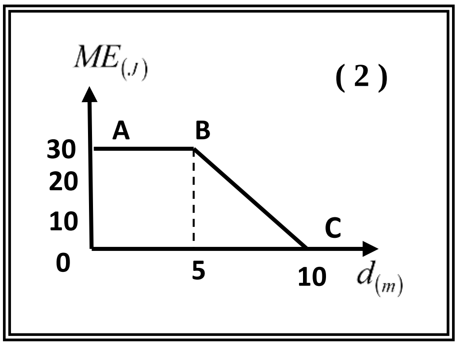
ب) أكمل الجسم مساره على المسار BC ليتوقف عند النقطة C احسب طول المسار BC :

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

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

تطبيقات على حفظ (بقاء) الطاقة





مثال 3 : 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) . احسب : أ) ارتفاع المستوى المائل :

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

$$30 = 5 \times 10 \times h_A + 0 \quad \Rightarrow \quad h_A = 0.6 \text{ m}$$

ب) مقدار سرعة الجسم عند نهاية المستوى المائل :

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

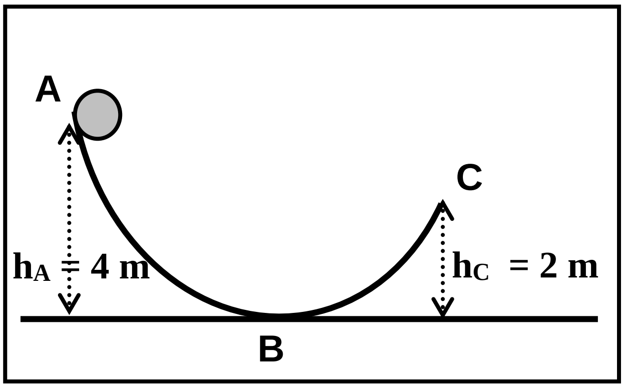
$$30 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times V_B{}^2 \quad \Rightarrow \quad V_B = 3.46 \text{ m/s}$$

ج) مقدار قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح الأفقي :

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

$$0 - 30 = -f \times (10 - 5) \quad \Rightarrow \quad f = 6 \text{ N}$$

مثال 4 : كرة وزنها (500 N) تنزلق على سطح أملس .احسب :



أ) طاقة الوضع التثاقلية للكرة عند نقطة (A) :

$$PE_g = mgh = 500 \times 4 = 2000 \text{ J}$$

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

$$ME_A = ME_B$$

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

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

$$V_B = 8.94 \text{ m/s}$$

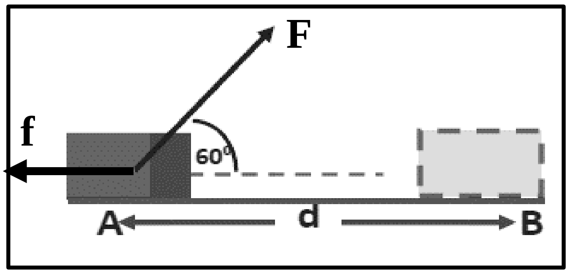
ج) سرعة الكرة عند وصولها إلى نقطة (C) :

$$ME_A = ME_C$$

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

$$0 + 50 \times 10 \times 4 = \frac{1}{2} \times 50 \times V_C^2 + 50 \times 10 \times 2$$

$$V_C = 6.32 \text{ m/s}$$



مثال 5 : جسم كتلته (2) kg يتحرك من السكون تحت تأثير قوة مقدارها (F = 14 N) تصنع زاوية مقدارها (60°) 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 :

$$W_F = Fd\cos\theta = 14 \times 4 \times \cos 60 = 28 \ \text{J}$$

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

$$W_f = fd\cos\theta = 3 \times 4 \times \cos 180 = -12 \ \text{J}$$

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

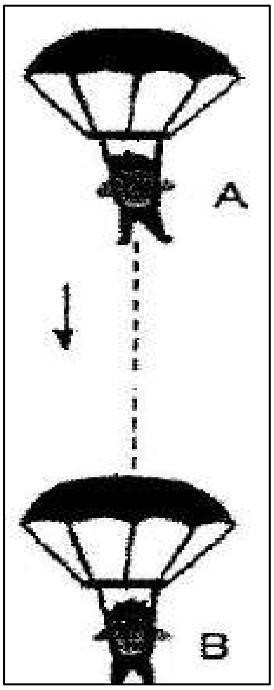
$$\Delta KE = W_T = W_F + W_f = 28 + (-12) = 16 \ \text{J}$$

د) سرعة الجسم عند B :

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

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

$$V_B = \sqrt{16} = 4 \ \text{m/s}$$



مثال 6 : أسقط مظلي كتلته (80 kg) عند A من طائرة مروحية ساكنة كما بالشكل من ارتفاع (h_A = 500 m) فوق سطح الأرض فوصل للسرعة الحدية مقدارها (V_B = 2 m/s) عند B على ارتفاع (h_B = 100 m) مستخدمًا مبدأ حفظ الطاقة

أ) احسب الشغل المبذول ضد قوة مقاومة الهواء :

$$\Delta ME = ME_B - ME_A = +W_f$$

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

$$\left(\frac{1}{2} \times 80 \times 2^2 + 80 \times 10 \times 100\right) - (0 + 80 \times 10 \times 500) = +W_f$$

$$W_f = -319840 \ \text{J}$$

ب) متوسط قوة مقاومة الهواء (بفرض انها ثابتة) : $\boxed{d = 500 - 100 = 400 \ \text{m}}$

$$W_f = f\,d\cos\theta$$

$$f = \frac{W_f}{d\cos 180} = \frac{-319840}{400 \times -1} = 799.6 \ \text{N}$$

الوحدة الأولى : الحركة

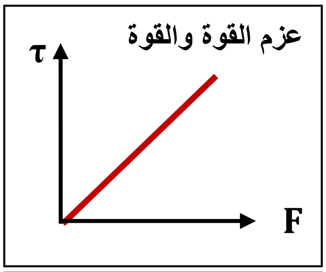
الفصل الثاني : ميكانيكا الدوران

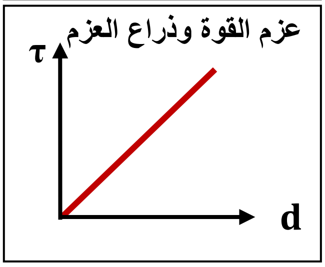
الدرس (2 - 1) : عزم الدوران (عزم القوة)

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

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

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





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

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

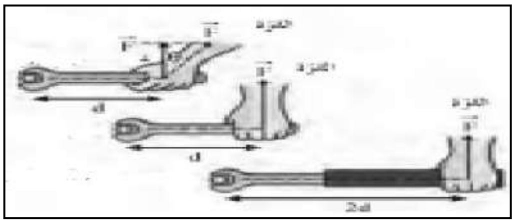
** عزم القوة كمية **متجهة** ويحدد اتجاهها بـ **قاعدة اليد اليمنى**

** القوة العمودية تبذل جهد **أقل** وفعل رافعة **أكبر**

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

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

ذراع العزم: **المسافة من محور الدوران إلى نقطة تأثير القوة**



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

المفتاح (3) لأن القوة عمودية وطول ذراع القوة أكبر

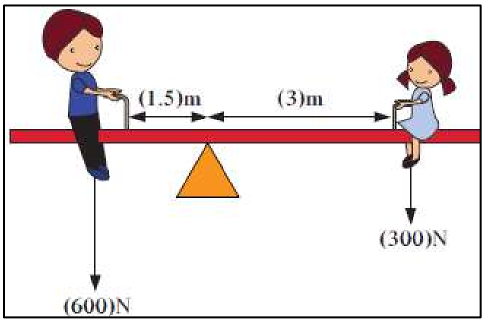
** اتجاه القوة بالنسبة لذراع القوة التي يجب ان تستخدمه لإنتاج أكبر عزم للقوة هو اتجاه **القوة العمودية**

قاعدة اليد اليمنى: **قاعدة تحدد اتجاه عزم القوة والإبهام يشير إلى عزم القوة و الأصابع تشير إلى اتجاه الدوران**

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**

وجه المقارنة	الشغل	عزم القوة
العلاقة المستخدمة لحسابه	$W = \vec{F} . \vec{d}$	$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$
نوع الكمية	**عددية**	**متجهة**
نوع الضرب	**قياسي**	**اتجاهي**
وحدة القياس	**الجول** (J)	N.m

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 القوى المؤثرة = صفر** $\sum \vec{F} = 0$

د) هل الوزن هو الذي يسبب الدوران ؟ مع ذكر السبب :

لا - العزم هو الذي يسبب الدوران

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

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

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

1- **القوة توازي محور الدوران**

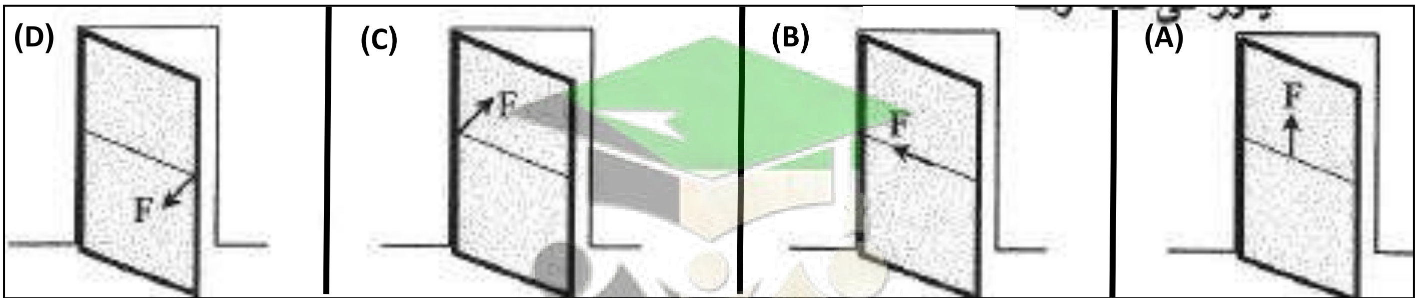
2- **القوة توازي ذراع القوة**

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**

** <u>نشاط</u> : 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**

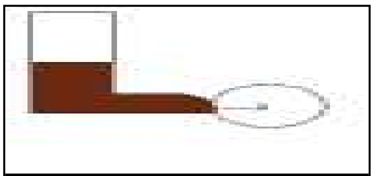
** شكل (B) : **الباب لا يدور لأن القوة توازي ذراع القوة وعزم القوة يساوي صفر**

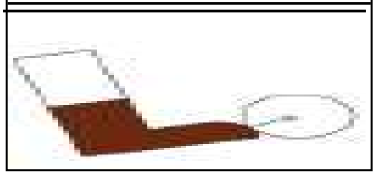
** شكل (C) : **الباب لا يدور لأن القوة تمر بمحور الدوران وعزم القوة يساوي صفر**

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

تابع عزم الدوران (عزم القوة)

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 يأتى :

1- العزم كمية متجهة .

لأنه حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهي القوة و ذراع 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- يصعب فك صامولة باستخدام مفتاح صغير .

لأن طول ذراع القوة صغير وبالتالي يكون عزم القوة صغير وتكون الفائدة الآلية أقل $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$

4- تستخدم مطرقة مخلبية ذات ذراع طويلة لسحب مسمار من قطعة خشب .

أو يلزم استخدام عصا طويلة لتحريك صخرة كبيرة .

أو 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 $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$

5- 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** $\vec{\tau} = Fd\sin\theta = 0$

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

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

7- لا يدور أو يتزن الجسم القابل للدوران عندما يكون خط عمل القوة موازيا لمحور الدوران .

لأن خط عمل القوة المؤثرة ليس في نفس اتجاه دوران الجسم

8- حدوث الأتزان الدوراني للجسم المعلق حول مركز ثقله .

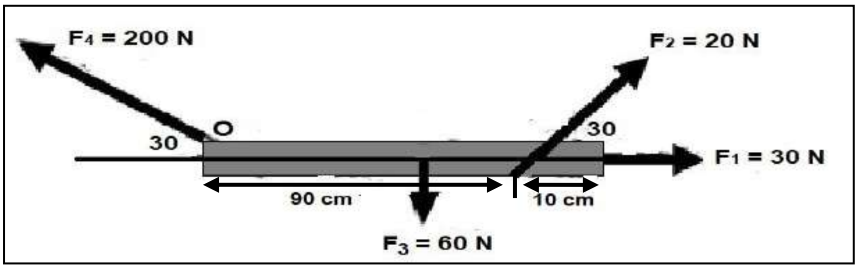
لأن محصلة عزوم قوة الجاذبية المؤثرة في الجسم تساوى صفر

تطبيقات على عزم القوة

مثال 1 : ساق متجانسة طولها (100 cm) وزنها (60 N) تؤثر عليها ثلاث قوي .

أ) احسب محصلة العزوم على الساق :

ب) أستنتج اتجاه دوران الساق :



$\tau_1 = F_1 d_1 \sin \Theta_1 = 30 \times 1 \times \sin(0) = 0$ N.m

$\tau_2 = F_2 d_2 \sin \Theta_2 = 20 \times 0.9 \times \sin(30) = +9$ N.m

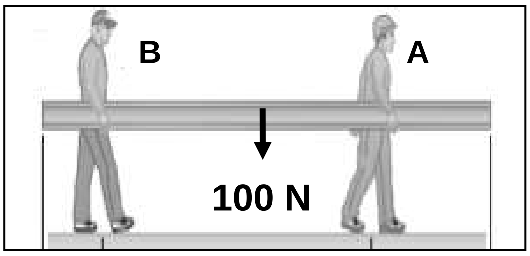
$\tau_3 = F_3 d_3 \sin \Theta_3 = -60 \times 0.5 \times \sin(90) = -30$ N.m

$\tau_4 = F_4 d_4 \sin \Theta_4 = 200 \times 0 \times \sin(30) = 0$ N.m

$\tau_T = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 = 0 + 9 + (-30) + 0 = -21$ N.m

اتجاه دوران الساق مع عقارب الساعة

مثال 2 : ساق من الحديد متجانسة طولها (6 m) وزنها (100 N) يحملها شخصين فإذا علمت أن (A) يبعد عن منتصفها (2 m) و(B) يبعد عن منتصفها (3 m) . احسب الوزن الذي يحمله كل منهما :

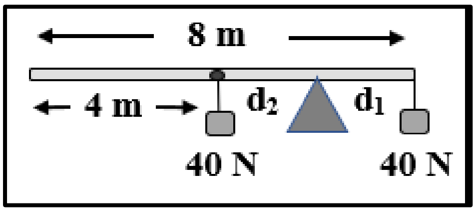


$\tau_{c.w} = \tau_{A.C.W}$

$F_A d_A = F_B d_B$

$F_A \times 2 = (100 - F_A) \times 3$ $\quad$ $F_A = 60$ N $\quad$ $F_B = 40$ N

مثال 3 : ساق معدني متجانس طوله m (8) ووزنه N (40) يستند بإحدى نقاطه على رأس مدبب علق في إحدى نهايته ثقل قدره N (40) فإذا اتزن القضيب أفقيا . احسب بعد نقطة الإسناد عن الثقل المعلق .

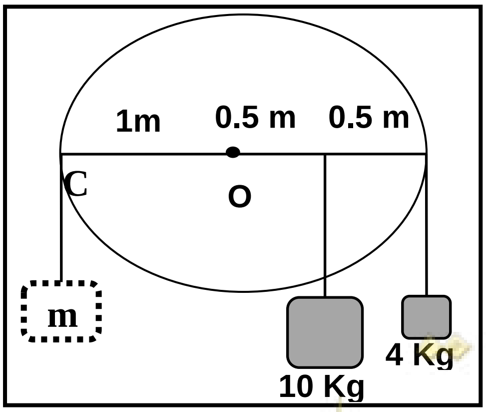


$\tau_{c.w} = \tau_{A.C.W}$

$F_1 d_1 = F_2 d_2$

$40 \times (4 - d_2) = 40 \times d_2$ $\quad$ $d_2 = 2$ m

مثال 4 : بالشكل القرص لا يدور . احسب الكتلة عند النقطة (C) :



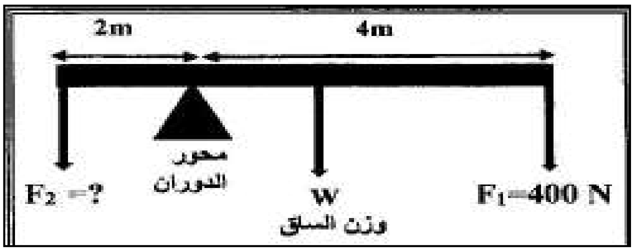
$\tau_{c.w} = \tau_{A.C.W}$

$F_3 d_3 = F_1 d_1 + F_2 d_2$

$m_3 g d_3 = m_1 g d_1 + m_2 g d_2$

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

مثال 5 : 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 .



أ) احسب عزم الدوران للقوة (F_1) :

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

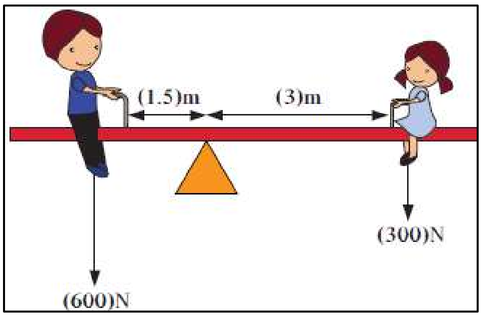
ب) احسب مقدار القوة (F_2) :

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

$$Wd_3 + F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$(100 \times 1) + (400 \times 4) = F_2 \times 2 \qquad F_2 = 850 \text{ N}$$

مثال 6 : أ) احسب مقدار عزم القوّة لكلّ من وزني الفتاة والولد الجالسين على اللوح المتأرجح الموضّح في الشكل المقابل بإهمال وزن اللوح.



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

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

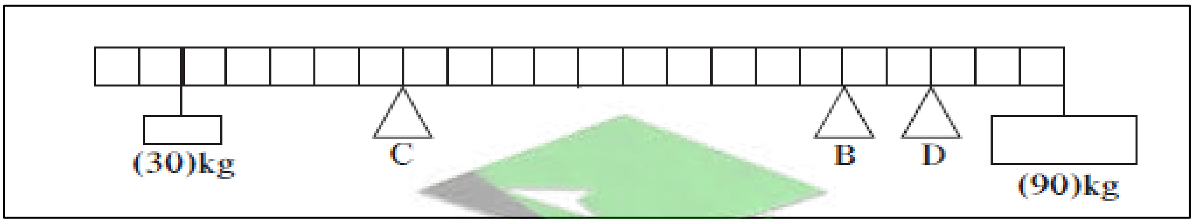
ب) احسب المسافة التي يجب أن تفصل بين الفتاة الجالسة يمينًا ومحور ارتكاز اللوح المتأرجح عندما يساوي وزن الفتاة (400 N) والنظام في حالة اتزان.

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

$$F_1 d_1 \sin 90 = F_2 d_2 \sin 90$$

$$900 = 400 \times d_2 \qquad d_2 = 2.25 \text{ m}$$

مثال 7 : في الشكل المقابل : ساق طوله يساوي 22 cm وكل مربع بالساق يساوي 1 cm .
احسب مقدار محصلة عزم القوتين عند كل محور ارتكاز. وحدد اتجاه دوران الساق.



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

$$B - \sum\tau = (300 \times 0.15 \times \sin 90) + (-900 \times 0.05 \times \sin 90) = (45) + (-45) = 0 \text{ N.m}$$

الساق لا يدور أو يتزن لأن محصلة العزوم تساوي صفر

$$C - \sum\tau = (300 \times 0.05 \times \sin 90) + (-900 \times 0.15 \times \sin 90) = (15) + (-135) = -120 \text{ N.m}$$

الساق يدور مع عقارب الساعة لأن محصلة العزوم تساوي مقدار سالب

$$D - \sum\tau = (300 \times 0.17 \times \sin 90) + (-900 \times 0.03 \times \sin 90) = (51) + (-27) = 24 \text{ N.m}$$

الساق يدور عكس عقارب الساعة لأن محصلة العزوم تساوي مقدار موجب

عزم الازدواج

الازدواج : **قوتين متساويتين في المقدار و متوازيتين ومتعاكستين بالاتجاه وليس لهما خط عمل واحد**

عزم الازدواج : **محصلة عزم قوتين متساويتين و متوازيتين و متعاكستان في الاتجاه**

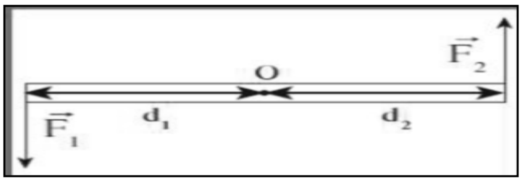
أو حاصل ضرب مقدار أحد القوتين في المسافة العمودية بينهما

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

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

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

** عزم الازدواج يساوي حاصل ضرب مقدار أحدي القوتين بالمسافة العمودية بينهما :



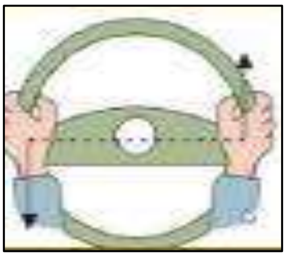
$$* \ \vec{C} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2 = \vec{F} \times \vec{d}_1 + \vec{F} \times \vec{d}_2$$

$$* \ \vec{C} = \vec{F} \times (\vec{d}_1 + \vec{d}_2) = \vec{F} \times \vec{d}$$

** العوامل التي يتوقف عليها عزم الازدواج : 1- **مقدار إحدى القوتين** 2- **المسافة العمودية بين القوتين**

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

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



علل لما يأتي :

1- سهولة فك البراغي عند استخدام مفك له قاعدة ذات قطر كبير .

لكي يزيد طول ذراع الازدواج و يزداد عزم الازدواج و تبذل 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

3- لا يتزن أو يدور الجسم القابل للدوران حول محور تحت تأثير قوتين متوازيتين ومتضادتين في الاتجاه .

لان القوتان ليس لهما خط عمل واحد مما يسبب عزم ازدواج يسبب دوران الجسم

ماذا يحدث مع ذكر السبب :

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

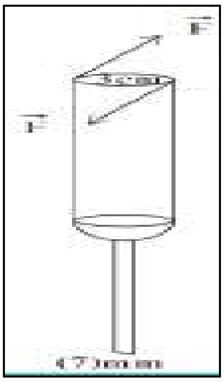
الحدث : **الجسم يدور**

السبب : **لوجود عزم الازدواج يجعل الجسم يدور**

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

الحدث : **الجسم لا يدور**

السبب : **لأن محصلة عزوم الازدواج المؤثرة على الجسم تساوي صفر**



مثال 1 : مفك قطر مقبضه (3 cm) وعرض رأس المفك الذي يدخل في شق البرغي (7 mm) استخدم لتثبيت البرغي في لوح خشبي و ذلك 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 :

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

$$F = 210\ N$$

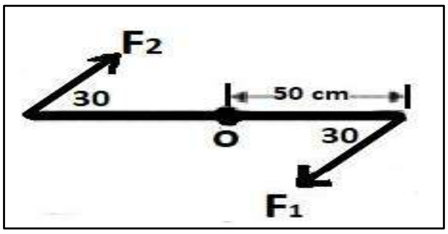
مثال 2 : قوتان متساويتين قيمة كل منهما (50 N) تؤثران على مسطرة خشبية قابلة للدوران حول محور في منتصفها طولها (20 cm) .

أ) احسب مقدار عزم الازدواج المؤثر في المسطرة ويجعلها تدور حول محورها .

$$C = F\,d = 50 \times 0.2 = 10\ N.m$$

ب) ماذا تفعل لكي تتزن المسطرة ولا تدور حول محورها .

نؤثر بازدواج أخر مقداره 10 N.m ويعاكسه بالاتجاه



مثال 3 : في الشكل : تؤثر قوتين متساويتين 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 :

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

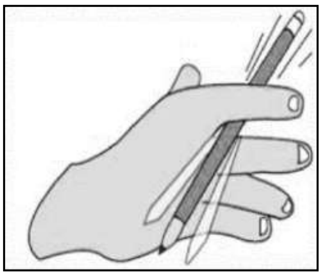
$$C = \tau_1 + \tau_2 = (-5) + (-5) = -\,10\ N.m$$ **حل أخر**

ج) أستنتج هل الساق يدور أم لا :

الساق يدور مع عقارب الساعة، لوجود عزم ازدواج يجعل الساق يدور أو محصلة عزوم القوي لا تساوي صفر

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**	**$kg . m^2$**
العوامل التي يتوقف عليها	1- **كتلة الجسم**	1- **كتلة الجسم** 2- **بعد الكتلة عن محور الدوران** 3- **شكل الجسم وتوزيع الكتلة**



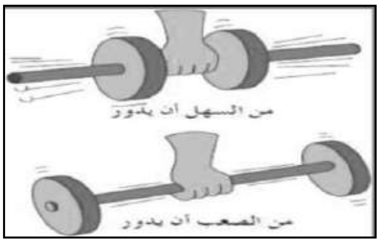
** كلما زادات المسافة بين كتلة الجسم ومحور الدوران يزداد **القصور الذاتي الدوراني**

** 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**
ميله للبقاء متحركاً	**أكبر**	**أقل**
زيادة سرعته أثناء دورانه	**أقل**	**أكبر**
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- لا تمتلك كرتان القصور الذاتي الدوراني نفسه بالرغم من أن الكرتان لهما الكتلة نفسها والقطر نفسه ولكن واحدة منهما مصمتة والأخري مجوفة وتدوران حول محور يمر بمركز كتلتهما .

بسبب اختلاف توزيع الكتلة لكل منهما حول مركز الدوران

3- القصور الذاتي الدوراني للقرص المعدني أصغر من القصور الذاتي الدوراني للعجلة الرفيعة (الطوق) .

لأن معظم كتلة القرص قريبة من محور الدوران

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

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

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

لأن البندول القصير له قصور ذاتي دوراني أقل من البندول الطويل

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

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

7- 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

نظرية المحور الموازي (نظرية هوغنس)

نظرية تقوم بحساب القصور الذاتي الدوراني حول محور مواز للمحور المار بمركز الثقل

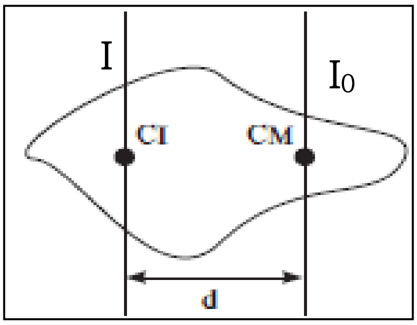
$$I = I_0 + md^2$$

(I) تمثل **القصور الذاتي الدوراني عند أي محور موازي للمحور المار بمركز الثقل**

(I_0) تمثل **القصور الذاتي الدوراني عند المحور المار بمركز ثقله**

(m) تمثل **كتلة الجسم**

(d) تمثل **المسافة بين المحور المار بمركز ثقل الجسم والمحور الموازي له**



ملاحظات هامة

1- القصور الذاتي الدوراني ليس بالضرورة كميه محددة للجسم نفسه .

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

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

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

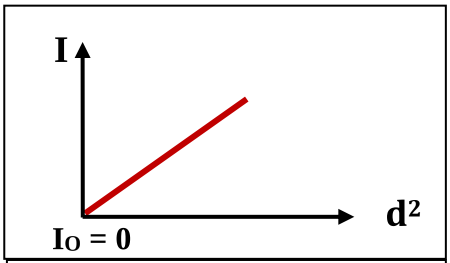
5- جسم كتلته مهملة فأن ($I = 0$)

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

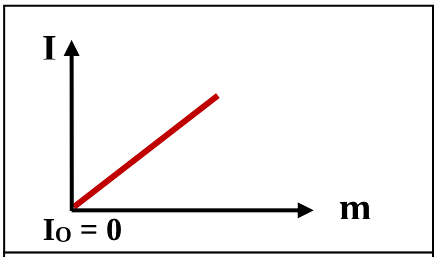
7- بالنسبة للكتلة النقطية فأن ($I_0 = 0$) وبالتالي ($I = md^2$)

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

تابع القصور الذاتي الدوراني

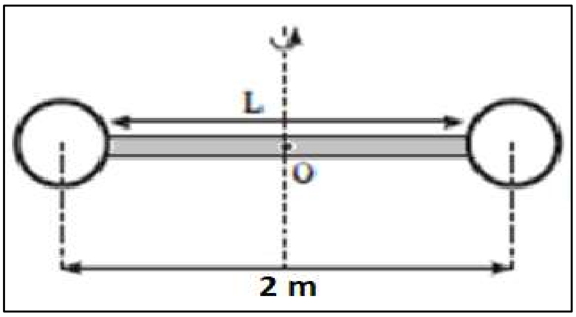


القصور الذاتي الدوراني ومربع البعد لكتلة نقطية عن محور الدوران
الميل يمثل **m**



القصور الذاتي الدوراني والكتلة لعدة كتل نقطية
الميل يمثل **d^2**

مثال 1 : احسب القصور الذاتي الدوراني للنظام المؤلف من كرتين من الحديد متماثلتين كتلة الواحدة (m = 5 kg) ونصف قطرها (r = 5 cm) مثبتتين على طرفي عصا كتلتها (m = 2 kg) وطولها L المسافة بين مركزي كتلة الكرتين تساوي (2 m) يدور النظام حول محور عمودي يمر بنقطة الوسط للعصا علما بان مقدار القصور الذاتي الدوراني كل من الأجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقل كل منها يساوي :



بالنسبة للكرة ($I_{0\,sphere} = \frac{2}{5}mr^2$) وبالنسبة للعصا ($I_{0\,rod} = \frac{1}{12}mL^2$)

$$L = 2 - (2 \times 0.05) = 1.9 \ \text{m}$$

$$I_1 = I_2 = I_0 + md^2 = \frac{2}{5}mr^2 + md^2$$

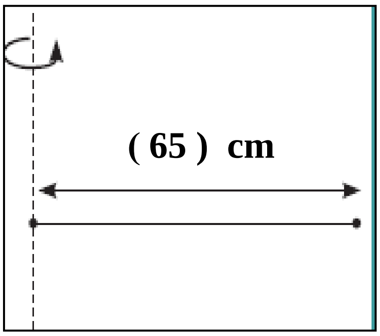
$$I_1 = I_2 = \frac{2}{5} \times 5 \times 0.05^2 + 5 \times 1^2 \approx 5 \ \text{Kg.m}^2$$

$$I_3 = I_0 + md^2 = \frac{1}{12}mL^2 + md^2$$

$$I_3 = \frac{1}{12} \times 2 \times 1.9^2 + 2 \times 0 = 0.6 \ \text{Kg.m}^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 5 + 5 + 0.6 = 10.6 \ \text{Kg.m}^2$$

مثال 2 : في الشكل المقابل :

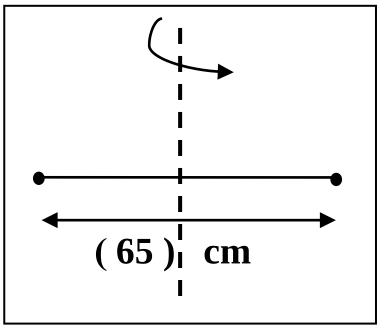


أ) احسب القصور الذاتي الدوراني لعصا طولها (65 cm) وكتلتها مهملة تنتهي بكتلتين نقطيتين كل منها (0.3 kg) وتدور حول احد طرفيها.علما بأن ($I_O = MR^2$)

$$I_1 = I_0 + md^2 = MR^2 + md^2$$

$$I_1 = 0 + 0.3 \times 0.65^2 = 0.126 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 0.126 + 0 + 0 = 0.126 \text{ Kg.m}^2$$



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

$$I_1 = I_2 = I_0 + md^2 = MR^2 + md^2$$

$$I_1 = I_2 = 0 + 0.3 \times \left(\frac{0.65}{2}\right)^2 = 0.03 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 0.03 + 0.03 + 0 = 0.06 \text{ Kg.m}^2$$

ج) قارن بين نتيجة (أ) ونتيجة (ب) :

القصور الذاتي الدوراني للنظام عندما يدور حول محور على الطرف أكبر منه عندما يدور حول محور يمر بمركز الكتلة

مثال 3 : عصا طولها (1 m) وكتلتها (4 kg) قصورها الذاتي الدوراني حول محور يمر بمركز كتلتها (20 kg.m^2)

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

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

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

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

مثال 4 : أسطوانة مصمتة كتلتها (3 kg) وقطرها (20 cm) وتتدحرج على منحدر وحيث ($I_O = ½ MR^2$)

احسب القصور الذاتي الدوراني :

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

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الثالث : كمية الحركة الخطية

الدرس (3 - 1) : كمية الحركة والدفع

وجه المقارنة	طاقة الحركة الخطية	كمية الحركة الخطية
التعريف	**الشغل الذي يبذله الجسم بسبب حركته أو حاصل ضرب نصف الكتلة في مربع السرعة**	**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	$J = kg.m^2/s^2$	$kg.m/s$
العوامل	**كتلة الجسم - السرعة الخطية**	**كتلة الجسم - السرعة المتجهة**
التغير فيها	$\Delta KE = W$ **الشغل**	$\Delta \vec{P} = \vec{I}$ **الدفع**
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**

** كمية الحركة كمية **متجهة** ولها نفس اتجاه **السرعة المتجهة**

** 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**

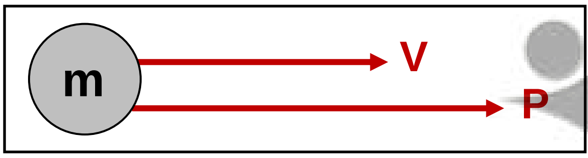
السبب : **كمية الحركة الخطية لها أقل أو القصور الذاتي لها أقل**

** يمكن لجسمين مختلفين في الكتلة أن يكون لهما نفس كمية الحركة. لماذا ؟

السبب : **بسبب اختلاف سرعة الجسمين**

مثال توضيحي $P_1 = m_1 . v_1 = 1x10 = 10\ kg.m/s \Leftrightarrow P_2 = m_2 . v_2 = 2x5 = 10\ kg.m/s$

** أرسم متجهي السرعة وكمية الحركة للكتلة (m) في المربع :



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

** محصلة متجهين $\vec{P}_1$ و $\vec{P}_2$ لهما الاتجاه نفسه تساوى **حاصل جمعهما** واتجاهها **نفس اتجاه المتجهين**

** محصلة متجيهن $\vec{P}_1$ و $\vec{P}_2$ متعاكسين بالاتجاه تساوى **حاصل طرحهما** واتجاهها **نفس اتجاه المتجه الأكبر**

الدفع : **حاصل ضرب مقدار القوة في زمن تأثيرها على الجسم**

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

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

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

3- الدفع كمية **متجهة** ولها اتجاه **القوة المؤثرة**

4- كلما كان مقدار الدفع على جسم معين أكبر كان التغير فى كمية الحركة **أكبر**

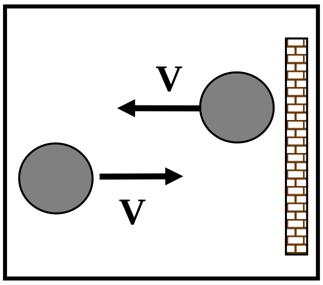
5- المساحة تحت منحني (القوة – الازاحة) تمثل **الشغل**

6- المساحة تحت منحني (القوة – الزمن) تمثل **الدفع عدديًا**

7- مقدار الدفع على جسم فى مدة زمنية ما يساوي التغير في **كمية الحركة الخطية** فى الفترة الزمنية نفسها.

8- مقدار الشغل المبذول فى مدة زمنية ما يساوي التغير في **طاقة الحركة الخطية** فى الفترة الزمنية نفسها.

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

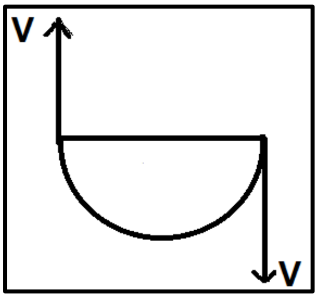


1- التغير في كمية حركة الكرة يساوي : $-2mv$

2- التفسير : لأن $V_f = -V$, $V_i = +V$

$$\Delta\vec{P} = m\,.\,\Delta V = m\,(V_f - V_i) = m\,(-V-(V)) = -2mV$$

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



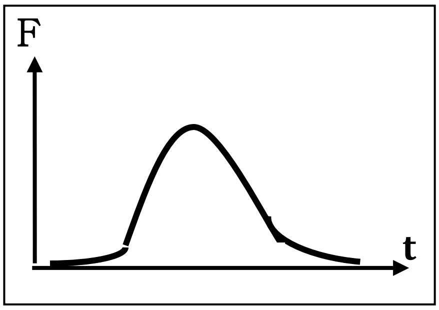
1- الدفع الذي يتلقاه الجسم خلال نصف دورة يساوى : **2mv**

2- التفسير : لأن $V_f = +V$, $V_i = -V$

$$\Delta\vec{I} = m\,.\,\Delta V = m\,(V_f - V_i) = m\,(V-(-V)) = 2mV$$

*** أشرح ماذا يحدث في كرة قدم تتلقي دفع من قدم اللاعب ؟

تزداد القوة من صفر لحظة تلامس القدم بالكرة إلى قيمة عظمي ثم تتناقص و تتلاشي لحظة انفصال الكرة عن القدم



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

** مشتق كمية الحركة بالنسبة للزمن يساوي محصلة القوي الخارجية :

$$\sum \vec{F} = m.\vec{a} = m\,\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$$

تابع كمية الحركة والدفع

علل لما يأتي :

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

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

5- الدفع له اتجاه القوة المؤثرة دائماً .
لأن زمن التأثير كمية عددية حيث $\vec{I} = \vec{F}\ .\ \Delta t$

6- كمية الحركة له اتجاه السرعة المتجهة دائماً .
لأن الكتلة كمية عددية حيث $\vec{P} = m\,.\,\vec{v}$

7- 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 $\Delta\vec{P} = m\ .\ \Delta\vec{v} = 0$

8- 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 $\Delta\vec{P} = m\ .\ \Delta\vec{v} \neq 0$

9- يستطيع لاعب الكاراتيه أن يكسر مجموعة من الألواح الخشبية بضربة بحرف يده .
لأن زمن التغير في كمية الحركة يقل وتزداد تأثير قوة الدفع $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

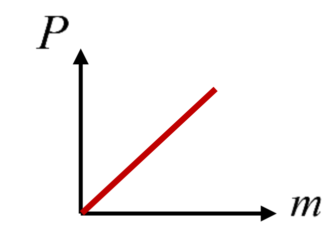
10- السقوط على أرض خشبية أقل ألماً من السقوط على أرض إسمنتية .
لأن التغير بكمية الحركة يحدث في زمن أقل ويكون تأثير قوة الدفع أكبر في الأرض الأسمنتية $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

11- 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 في الأرض الصلبة $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

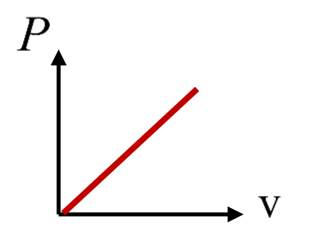
12- وجود أكياس هوائية داخل السيارات كوسائل أمان .
بسبب زيادة زمن التلامس وبالتالي يقل تأثير القوة ويقلل احتمال إصابة السائق $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

13- الدفاعات المطاطية التي تلف سيارات اللعب في مدينة الملاهي تحمي الأولاد أثناء التصادم .
لأن زمن التغير في كمية الحركة يزداد وتقل قوة التأثير $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

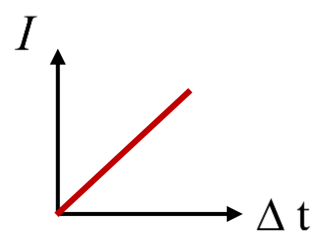
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة على المطلوب بين العلاقات التالية :



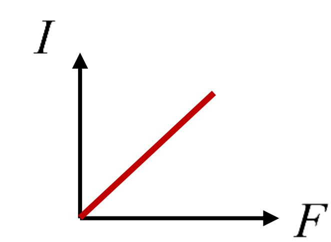
كمية الحركة وكتلة الجسم



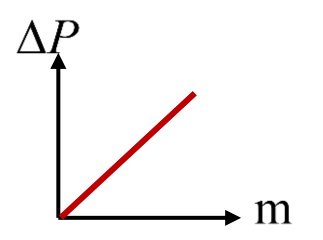
كمية الحركة ومتجه السرعة



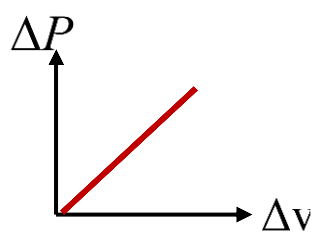
الدفع وزمن التأثير



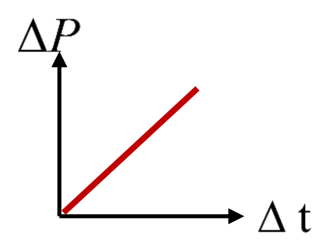
الدفع والقوة المؤثرة



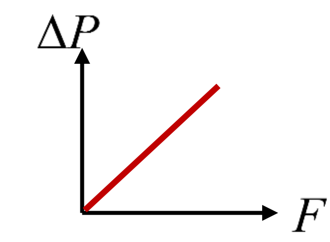
التغير في كمية الحركة
وكتلة الجسم



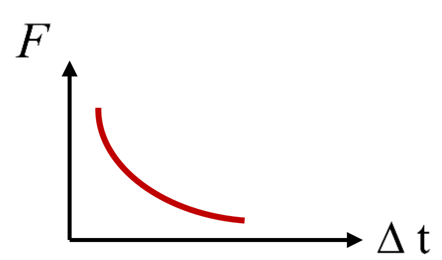
التغير في كمية الحركة
والتغير في متجه السرعة



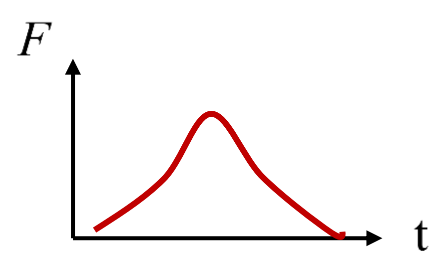
التغير في كمية الحركة
وزمن التأثير



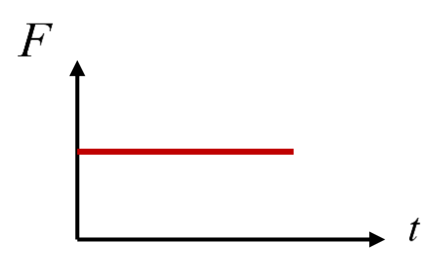
التغير في كمية الحركة
والقوة المؤثرة



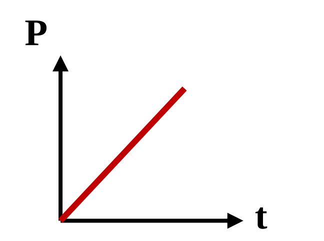
القوة المؤثرة وزمن تأثيرها
عند ثبات الدفع



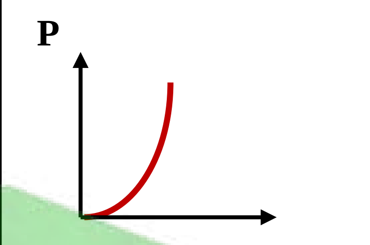
القوة المؤثرة وزمن تأثيرها
عند ركل لاعب لكرة قدم



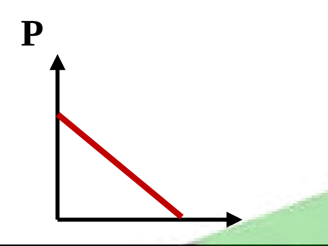
متوسط القوة المؤثرة وزمن تأثيرها
أثناء الدفع



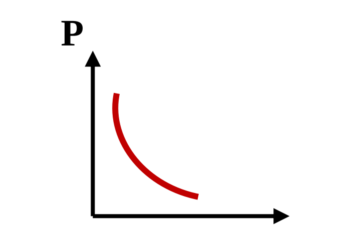
كمية الحركة والزمن لجسم
يتحرك بعجلة تسارع منتظمة



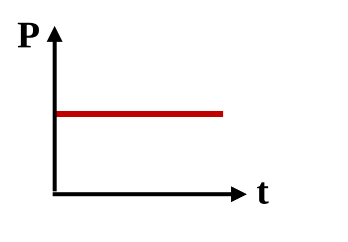
كمية الحركة والزمن لجسم
يتحرك بعجلة تسارع غير منتظمة



كمية الحركة والزمن لجسم
يتحرك بعجلة تباطؤ منتظمة



كمية الحركة والزمن لجسم
يتحرك بعجلة تباطؤ غير منتظمة



كمية الحركة والزمن لجسم
يتحرك بسرعة ثابتة

مثال 1 : تدور الأرض حول الشمس بسرعة خطية مقدارها (30 km/s) وكتلة الأرض تساوي (6×10^{24} kg) .

أ) احسب كمية الحركة لمركز كتلة الأرض :

$$\vec{P} = m . \vec{v} = 6 \times 10^{24} \times 30000 = 18 \times 10^{28} \ Kg.m/s$$

ب) هل كمية الحركة محفوظة ؟ مع تعلل إجابتك ؟

غير محفوظة بسبب تغير اتجاه الأرض أثناء الدوران

تطبيقات على كمية الحركة والدفع

مثال 2 : 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 . احسب :

أ) الدفع الناشئ عن التصادم :

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

ب) زمن التصادم . إذا كان متوسط القوة المبذولة على السيارة هي ($F = 180000$ N) :

$$\Delta t = \frac{I}{F} = \frac{9000}{180000} = 0.05 \text{ S}$$

مثال 3 : سقطت كرة كتلتها (2 Kg) من السكون من ارتفاع (10 m) عن سطح الأرض في غياب قوة الاحتكاك .

أ) احسب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض :

$$ME_i = ME_f \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2}mV_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2}mV_f^2 + mgh_f$$

$$0 + 2 \times 10 \times 10 = \frac{1}{2} \times 2 \times V_f^2 + 0 \quad \Rightarrow \quad V_f = 14 \text{ m/s}$$

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

$$I = m . \Delta V = m (V_f - V_i) = 2 \times \{ (2) - (-14) \} = 32 \text{ N.S}$$

مثال 4 : يتحرك جسم كتلته (4 kg) بسرعة (10 m/s) أثرت فيه قوة ثابتة فانخفضت سرعته إلى (8 m/s) دون تغير اتجاهه خلال زمن مقداره (2 s) . احسب :

أ) كمية الحركة الابتدائية :

$$P_i = m v_i = 4 \times 10 = 40 \text{ kg.m/s}$$

ب) كمية الحركة النهائية :

$$P_f = m v_f = 4 \times 8 = 32 \text{ Kg.m/s}$$

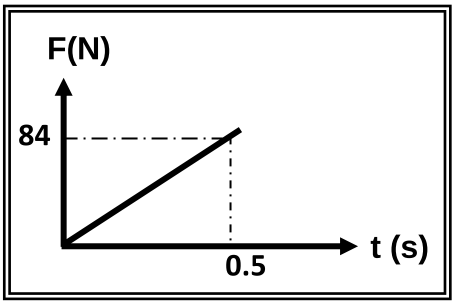
ج) الدفع الذي تلقاه الجسم :

$$I = \Delta P = P_f - P_i = 32 - 40 = -8 \text{ Kg.m/s}$$

د) مقدار متوسط القوة المؤثرة :

$$I = F . \Delta t \qquad -8 = F \times 2 \qquad F = -4 \text{ N}$$

مثال 5 : أثرت قوة متغيرة بانتظام على جسم ساكن كتله (3 Kg) . احسب :



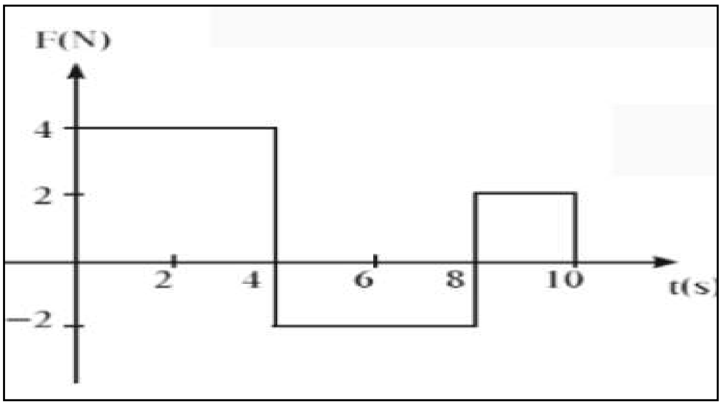
أ) مقدار التغير في كمية حركة الجسم :

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

ب) مقدار التغير في سرعة الجسم :

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

مثال 6 : قوة متغيره تتمثل بالرسم البياني التالى تؤثر في جسم ساكن كتلتة (2 kg) . احسب :



أ) الدفع عند نهاية كل مرحلة :

الدفع = مساحة المستطيل = الطول X العرض

$I_1 = 4 \times 4 = 16$ N.S

$I_2 = 4 \times -2 = -8$ N.S

$I_3 = 2 \times 2 = 4$ N.S

ب) دفع القوة الكلي :

$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 16 + (-8) + 4 = 12$ N.S

ج) سرعة الجسم عند نهاية الثانية الرابعة :

$I_1 = m \cdot \Delta V = m (V_f - V_i)$ $\quad 16 = 2 (V_f - 0)$ $\quad V_f = 8$ m/s

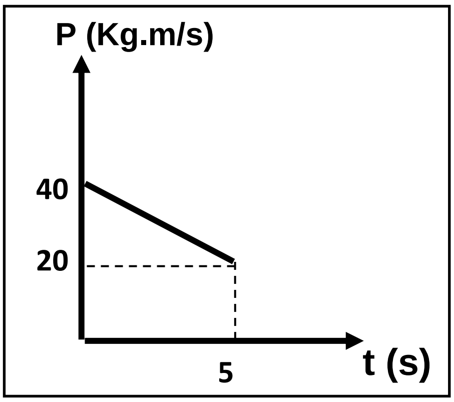
د) سرعة الجسم عند نهاية مدة التأثير :

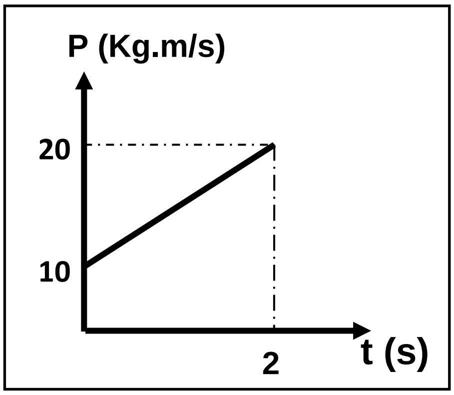
$I_1 = m \cdot \Delta V = m (V_f - V_i)$ $\quad 12 = 2 (V_f - 0)$ $\quad V_f = 6$ m/s

هـ) الطاقة الحركية في نهاية مدة التاثير :

$KE = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (6)^2 = 36$ J

مثال 7 : الخط البياني الموضح بالشكل يبين التغير في كمية الحركة لجسم يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس . احسب :





أ) الدفع الذي تلقاه الجسم في كل شكل من الاشكال التي امامك :

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

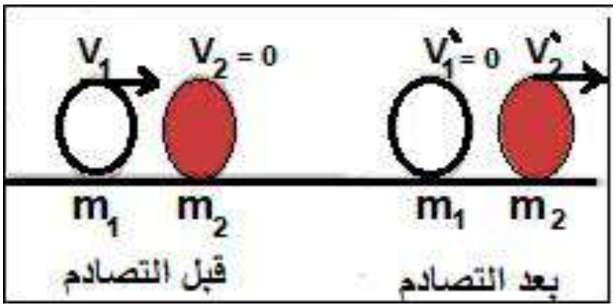
$I_2 = \Delta P = P_f - P_i = 20 - 10 = 10$ N.S

مثال 8 : جسم يتحرّك بطاقة حركية مقدارها (150 J) وكمية حركة مقدارها (30 kg.m/s). احسب سرعة الجسم الخطية :

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

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

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 يأتي :

1- إذا دفعت مقعد السيارة الأمامي فيما تجلس على المقعد الخلفي لا تحدث تغييرا في كمية حركة السيارة .

أو لا يحدث تغير في كمية الحركة إلا في وجود قوه خارجية مؤثرة في الجسم أو النظام .

لأن القوة المؤثرة هي القوي الداخلية التي تتواجد على شكل قوي متزنة محصلتها صفر

2- كمية الحركة هي كمية محفوظة في النظام المعزول .

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

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

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

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

لأن مقدار السرعة يتغير وبالتالي تتغير كمية الحركة

5- الحركة الدائرية نظام يتصف بعدم بقاء كمية الحركة .

لأن اتجاه السرعة يتغير وبالتالي تتغير كمية الحركة

** حاول أن تقف على زلاجة في حالة سكون وأحمل جسما له كتلة ما ثم اقذف بالجسم إلى الأمام أو إلى الخلف .

أ) ماذا تلاحظ : **سوف ترتد في اتجاه معاكس**

ب) ماذا تستنتج : **كمية حركة الجسم المقذوف تساوي كمية حركة الجسم المرتد و محصلة كمية الحركة تساوي صفر**

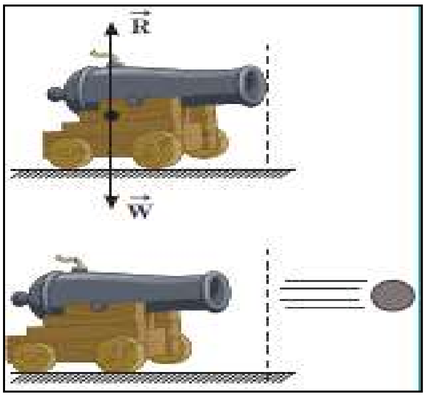
سرعة ارتداد المدفع :

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

** القوة التي تؤثر في القذيفة لدفعها إلى الأمام **تساوي** قوة ارتداد المدفع إلى الخلف **وتعاكسها** في الاتجاه

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

** في نظام (مدفع – قذيفة) تكون سرعة الإطلاق وسرعة الارتداد متعاكستان في الاتجاه بإهمال كمية حركة الغاز بالنسبة إلى القذيفة :



$$* \ \Delta\vec{P} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{P}_i = \vec{P}_f$$

$$* \ 0 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$$

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

علل لما يأتي :

1- النظام المكون من المدفع والقذيفة قبل الإطلاق يكون ساكن أو كمية حركة له تساوي صفر .

لأن وزن النظام رأسي إلى الأسفل يساوي قوة رد الفعل الرأسية إلى أعلى $\sum \vec{F}_{ext} = 0$

2- سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة .

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

3- كتلة المدفع أو البندقية أكبر من كتلة القذيفة.

حتى تكون سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة وتكون كمية الحركة للنظام محفوظة ($\Delta P = 0$)

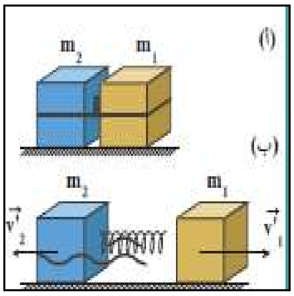
4- يرتد المدفع نحو الخلف عند إطلاق القذيفة خارج ماسورة المدفع باتجاه الأمام .

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

5- في النظام (مدفع – قذيفة) تبقي محصلة القوي الخارجية المؤثرة تساوي صفر وتكون كمية حركة النظام محفوظة

لان قوة الغاز على القذيفة و المدفع قوي داخلية وبالتالي محصلة القوى الخارجية تساوي صفر $\sum \vec{F}_{ext} = 0$

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



<u>مثال 1 :</u> كتلتان نقطيتان ($m_1 = 1$ kg – $m_2 = 2$ kg) مربوطتان بخيط من النايلون وتضغطان زنبرك بينهما وموضوعان على سطح أفقي أملس عديم الاحتكاك عند حرق الخيط يتحرر الزنبرك ويدفع الكتلتين فتتحرك (m_1) بسرعة (V_1' =1.8 m/s) على المحور الأفقي بالاتجاه الموجب بينما تتحرك (m_2) بسرعة متجهة (V_2') .

أ) هل كمية حركة النظام محفوظة ؟ علل أجابتك :

نعم لأن محصلة القوى الخارجية تساوي صفر

ب) احسب السرعة المتجهة (V_2') مقداراً واتجاهاً : **في اتجاه المحور الأفقي السالب**

$$m_1v'_1 = - m_2v'_2$$

$$1 \times 1.8 = - 2 \times v'_2 \quad \Rightarrow \quad v'_2 = - \ 0.9 \ \ m/s$$

مثال 2: يقف رجل كتلته (76 kg) على لوح خشبي طافي كتلته (45 kg) ثم خطا بعيدا عن اللوح الخشبي باتجاه اليابسة بسرعة (2.5 m/s) . كم ستبلغ سرعة اللوح الخشبي :

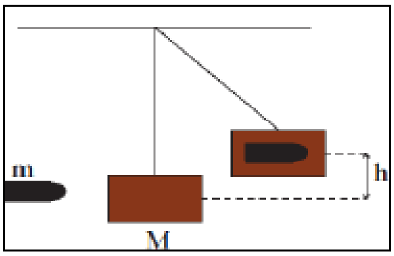
$$m_1v'_1 = - m_2v'_2$$

$$76 \times 2.5 = - 45 \times v'_2 \quad \Rightarrow \quad v'_2 = (- 4.2) \ \ m/s$$

التصادمات

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

وجه المقارنة	التصادم المرن (تام المرونة)	التصادم اللامرن والتصادم اللامرن كلياً
مثال	**تصادم الجزيئات والذرات**	**تصادم السيارات**
التعريف	التصادم المرن : **تصادم تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة ولا ينتج تشوه ولا يولد حرارة**	التصادم اللامرن : **تصادم تكون الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة ويتحول جزء لحرارة ويحدث تشوه** التصادم اللامرن كلياً : **تصادم يلتحم فيه الجسمان معاً ويتحركان بسرعة واحدة**
حدوث تشوه	**لا ينتج تشوه**	**ينتج تشوه**
تولد حرارة	**لا يولد حرارة**	**يولد حرارة**
حركة الجسيمين بعد التصادم	**ينفصل الجسمان**	التصادم اللامرن : **ينفصل الجسمان بسرعات مختلفة** التصادم اللامرن كلياً : **يلتحم الجسمان ويتحركان بسرعة واحدة**
طاقة الحركة	**محفوظة**	**غير محفوظة**
معادلة طاقة الحركة	معادلة طاقة الحركة في التصادم المرن : $KE_i = KE_f$ $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$	معادلة طاقة الحركة في التصادم اللامرن كلياً : $\Delta KE = KE_f - KE_i$ $= \left[\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v'^2\right] - \left[\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2\right]$
كمية الحركة	**محفوظة**	**محفوظة**
معادلة كمية الحركة	معادلة كمية الحركة في التصادم المرن : $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v'_2$	معادلة كمية الحركة في التصادم اللامرن : $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v'_2$ معادلة كمية الحركة في التصادم اللامرن كلياً : $m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)\,v'$
سرعة الجسمين بعد التصادم	سرعة الجسم الأول بعد التصادم المرن : $V'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)\,v_1}{(m_1 + m_2)}$ سرعة الجسم الثاني بعد التصادم المرن : $V'_2 = \frac{2m_1v_1 - (m_1 - m_2)\,v_2}{(m_1 + m_2)}$	سرعة الجسيمين معاً بعد التصادم اللامرن كلياً : $V' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)}$



البندول القذفي جهاز يستخدم لقياس سرعة القذائف السريعة مثل الرصاصة

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

علل لما يأتي :

1- يعتبر النظام المنفجر والأجسام المتصادمة نظاما معزولا أو كمية حركة للنظام محفوظة عند حدوث عملية التصادم

لأنه يحدث في زمن قصير جداً و القوة الخارجية مهملة بالنسبة للقوة الداخلية أو محصلة القوي الخارجية تساوي صفر

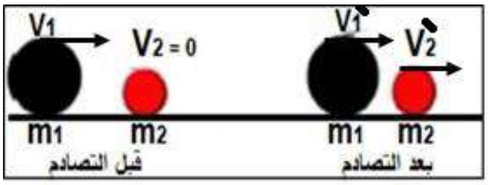
2- يحدث فقد في طاقة حركة جملة جسمين في التصادم اللامرن .

لأن الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة ويتحول جزء منها لحرارة ويحدث تشوه

3- تصادم كرتين من المطاط يعتبر تصادماً مرناً .

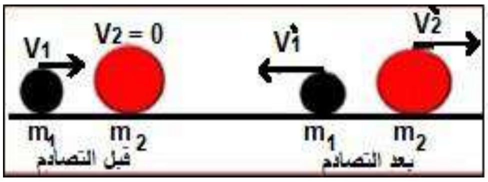
لأن الطاقة الحركية للنظام تكون محفوظة ولا ينتج تشوه ولا يولد حرارة

ماذا يحدث عند حدوث التصادم في الحالات الأتية



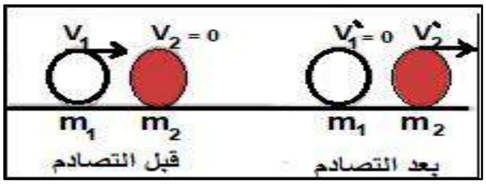
1- إذا كانت الكتلة المتحركة (m_1) أكبر من الكتلة الساكنة (m_2) :

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



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

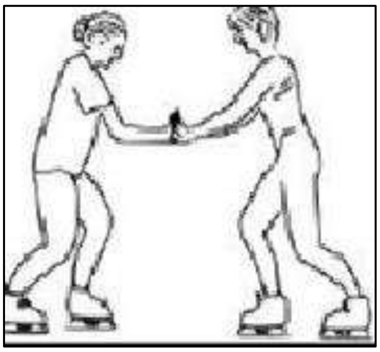
سترتد الكتلة m_1 باتجاه عكس $\vec{v}_1$ فيما تتحرك الكتلة m_2 باتجاه $\vec{v}_1$



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



** تدافع صديقان عندما كانا في صالة التزلج فتحركا في اتجاهين متعاكسين وكانت كتلة أحدهما (50 kg) وتحرك بسرعة (3 m/s) وكتلة الأخر (75 kg) وتحرك بسرعة (2 m/s). فان التغير في كميه حركة الشخص الأول تساوي **(150 kg.m/s)** والشخص الثاني تساوي **(- 150 kg.m/s)**

والتغير في كميه حركة الصديقين معاً تساوي **صفر**

** ملاحظة هامة : إذا تدافع جسمان فإن :

الجسم الأول يؤثر على الجسم الثاني بدفع = الدفع الذي يتلقاه الجسم الأول من الجسم الثاني،

ولكن بعكس الاتجاه $(\vec{I}_{1\to2} = -\vec{I}_{2\to1})$

التغير في كمية الحركة الخطية للجسم الأول = التغير في كمية الحركة الخطية للجسم الثاني،

ولكن بعكس الاتجاه $(\Delta\vec{P}_2 = -\Delta\vec{P}_1)$

تطبيقات على التصادمات

مثال 1 : 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 :

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

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

ب) صف اتجاه حركة الكرتين بعد التصادم :

تتحرك الكرتان في اتجاه واحد في اتجاه المحور الأفقي الموجب

ج) صف اتجاه حركة الكرتين بعد التصادم إذا كانت الكرة الثانية تتحرك بعكس الكرة الأولى بسرعة (5 m/s) :

$$v_1' = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)\, v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{2 \times 0.4 \times\ -5 + (\,0.6\ - 0.4\,)\ x\ 10}{(0.6\ +\ 0.4)} = -\ 2\ \ m/s$$

$$v_2' = \frac{2m_1v_1 - (m_1 - m_2)\, v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{2 \times 0.6 \times 10 -\ (\,0.6\ - 0.4\,)\ x - 5}{(0.6\ +\ 0.4)} = 13\ \ m/s$$

تتحرك الكرة الأولى في اتجاه المحور الأفقي السالب بينما الكرة الثانية في اتجاه المحور الأفقي الموجب

مثال 2 : 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 :

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

$$(\,0.25 \times 6\,) + (\,0.95\ \times 0\,) = 0.25 \times v_1' + 0.95 \times 3$$

$$v_1' = -5.4\ \ m/s$$

مثال 3 : سمكة كبيره كتلتها (5 kg) تتحرك بسرعة (1 m/s) باتجاه سمكة صغيرة ساكنة كتلتها (1 kg) . احسب :

أ) سرعة السمكة الكبيرة بعد ابتلاعها السمكة الصغيرة :

$$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{5 \times 1 + 1 \times 0}{5 + 1} = 0.83\ \ m/s$$

ب) سرعة السمكة الكبيرة في حال كانت السمكة الصغيرة تسبح بعكس اتجاه السمكة الكبيرة بسرعة (4 m/s) :

$$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{5 \times 1 + 1 \times -4}{5 + 1} = 0.16\ \ m/s$$

مثال 4 : 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 :

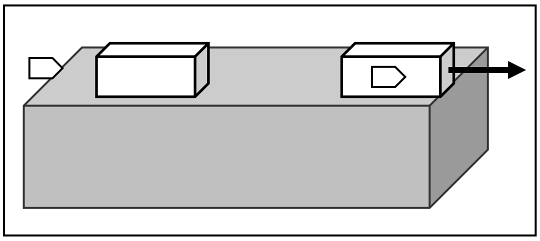
أ) سرعة النظام بعد التصادم :

$$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0.5 \times 4 + 0.25 \times -3}{0.5 + 0.25} = 1.67 \quad m/s$$

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

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

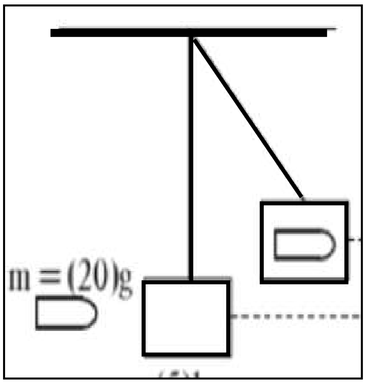
$$KE_f = \left[\frac{1}{2} \times 0.75 \times 1.67^2\right] = -1 \ J$$



مثال 5 : أطلقت رصاصة كتلتها (200 g) بسرعة (140 m/s) على لوح سميك من الخشب كتلته (6.5 Kg) ساكن فإذا استقرت الرصاصة داخل لوح الخشب وتحركت المجموعة على سطح أفقي أملس .

احسب سرعة النظام المؤلف من الكتلتين بعد التصادم :

$$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0.2 \times 140 + 0}{0.2 + 6.5} = 4.17 \ m/s$$



مثال 6 : أطلقت رصاصة كتلتها (20 g) على بندول قذفي ساكن كتلته (5 kg) فارتفع مسافة (10 cm) عن المستوي الأفقي بعدما انغرزت الرصاصة في داخله . احسب :

أ) حدد نوع التصادم . مع ذكر السبب :

تصادم لأمرن كليا لأن الجسمان يتحركان كجسم واحد وبسرعة واحدة

ب) سرعة جملة الجسيمين معاً :

$$ME_i = ME_f \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} m_T V'^2 = m_T g\, h$$

$$\frac{1}{2} \times 5.02 \times V'^2 = 10 \times 5.02 \times 0.1 \quad \Rightarrow \quad V' = \sqrt{2} \ m/s$$

ج) سرعة الرصاصة عند أطلاقها :

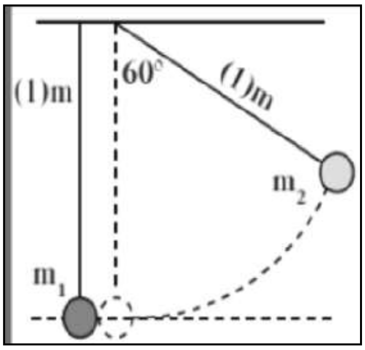
$$v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1 + m_2)} \quad \Rightarrow \sqrt{2} = \frac{0.02 \times V_1 + 0}{0.02 + 5} \quad \Rightarrow \quad V_1 \approx 355 \ m/s$$

د) الفقد في طاقة الحركة (الطاقة المبددة) :

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = \left[\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v'^2\right] - \left[\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2\right]$$

$$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} \times 5.02 \times (\sqrt{2})^2\right] - \left[\frac{1}{2} \times 0.02 \times 355^2 + 0\right] = -1255 \ J$$

تابع تطبيقات على التصادمات



مثال 7 : كرتان كتله الأولي $(m_1 = 200\ g)$ وكتلة الثانية $(m_2 = 400\ g)$ معلقتان ومتزنتان بخيطين طول كل خيط $(1\ m)$ بجانب بعضهما البعض سحبت الكرة الثانية بحيث بقي الخيط مشدوداً وصنع زاوية (60^o) مع الخيط العمودي وتركت للتحرك من السكون نحو الكره (m_1) الساكنة . احسب :

أ) سرعة الكرة (m_2) قبل لحظة التصادم :

$$v_2 = \sqrt{2gL\,(1 - \cos\theta)} = \sqrt{2 \times 10 \times 1 \times (1 - \cos 60)} = 3.16\ \ m/s$$

ب) سرعة الكرتين بعد التصادم بافتراض أن التصادم مرن :

$$v'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{2 \times 0.4 \times 3.16 + 0}{(0.2 + 0.4)} = 4.2\ \ m/s$$

$$v'_2 = \frac{2m_1v_1 - (m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0 - (0.2 - 0.4) \times 3.16}{(0.2 + 0.4)} = 1\ \ m/s$$

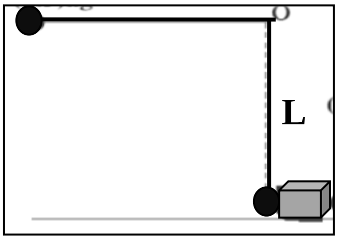
ج) الارتفاع عن المستوي المرجعي المار بمركز ثقليهما الذي ستصل إليه كلا الكرتين بعد التصادم :

$$ME_i = ME_f \qquad \Rightarrow \qquad \frac{1}{2}m_1V'^2_1 = m_1gh_1$$

$$\frac{1}{2} \times 4.2^2 = 10 \times h_1 \qquad \Rightarrow \qquad h_1 = 0.88\ m$$

$$ME_i = ME_f \qquad \Rightarrow \qquad \frac{1}{2}m_2V'^2_2 = m_2gh_2$$

$$\frac{1}{2} \times 1^2 = 10 \times h_2 \qquad \Rightarrow \qquad h_2 = 0.05\ \ m$$



مثال 8 : كرة حديدية مصمتة كتلتها $(2.5\ kg)$ مربوطة بخيط عديم الوزن لا يتمدد طوله $(100\ cm)$ ومثبت بطرفه الأخر بشكل راسي فوق سطح أملس وسحبت الكرة ليصبح الحبل أفقيا مشدوداً وتركت لتتحرك من السكون لتصطدم تصادما مرناً بمكعب حديدي ساكن كتلته $(5\ kg)$. احسب : أ) سرعة الكرة قبل لحظة أصطدامها بالمكعب :

$$v_1 = \sqrt{2gL\,(1 - \cos\theta)} = \sqrt{2 \times 10 \times 1 \times (1 - \cos 90)} = 4.47\ m/s$$

ب) احسب سرعة الكرة والمكعب مباشرة بعد التصادم :

$$v'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{0 + (2.5 - 5) \times 4.47}{(2.5 + 5)} \approx -1.5\ \ m/s$$

$$v'_2 = \frac{2m_1v_1 - (m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{2 \times 2.5 \times 4.47 - 0}{(2.5 + 5)} \approx 3\ \ m/s$$

العلاقات الرياضية المستخدمة في المنهج

التحويلات			
الطول	$cm \times 10^{-2} \to m$ $mm \times 10^{-3} \to m$	الكتلة	$gm \times 10^{-3} \to Kg$ $mg \times 10^{-6} \to Kg$
المساحة	$cm^2 \times 10^{-4} \to m^2$ $mm^2 \times 10^{-6} \to m^2$	الزمن	$min \times 60 \to S$ $hr \times 3600 \to S$
الحجم	$cm^3 \times 10^{-6} \to m^3$ $mm^3 \times 10^{-9} \to m^3$	السرعة	$Km/h \times \frac{1000}{3600} \to m/s$

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	$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gL\,(1 - \cos\theta)}$

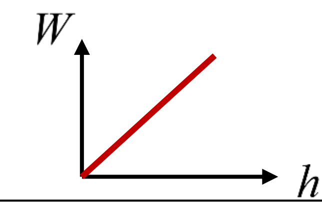
	غياب الاحتكاك (سطح مائل أملس)	وجود الاحتكاك (سطح مائل خشن)
التغير في الطاقة الميكانيكية (ΔME)	$\Delta ME = 0$ $ME_i = ME_f$ $KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$	$\Delta ME \neq 0$ $\Delta ME = + W_f$ $ME_f - ME_i = - f\, d$ $(KE_f + PE_f) - (KE_i + PE_i) = - f\, d$
حساب الشغل الكلي (W_T)	$W_w = \pm\, m\, g\, h$ $W_f = 0$ $W_T = W_w$	$W_w = \pm\, m\, g\, h$ $W_f = - f\, d$ $W_T = W_w + W_f$

قوانين ميكانيكا الدوران	
عزم القوة (عزم الدوران)	$\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d} = F d \sin\theta$
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)	$I = I_0 + m d^2$

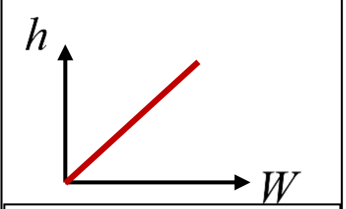
قوانين حفظ كمية الحركة والتصادمات	
كمية الحركة الخطية	$\vec{P} = m \,.\, \vec{v}$
الدفع الذي يتلقاه الجسم	$\vec{I} = \Delta\vec{P} = \vec{F} \,.\, \Delta t = m \,.\, \Delta V$
سرعة الارتداد للمدفع وسرعة الإطلاق للقذيفة	$m_1 . v_1' = - m_2 . v_2'$

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

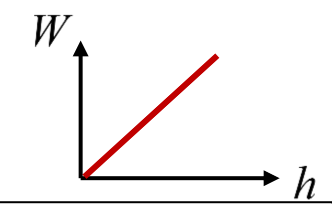
الرسوم البيانية في المنهج



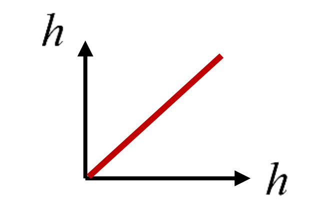
الشغل والقوة



الشغل والإزاحة



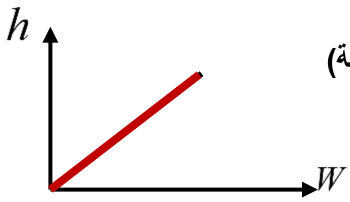
الشغل والإزاحة الراسية



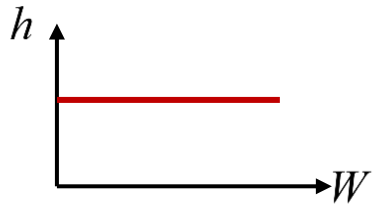
الشغل ومربع الاستطالة

** الميل يمثل **ثابت هوك**

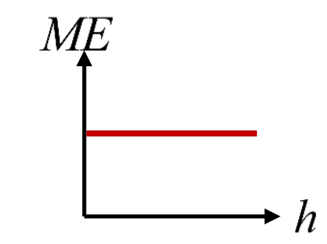
** المساحة تحت منحني (القوة – الإزاحة) تمثل **الشغل**



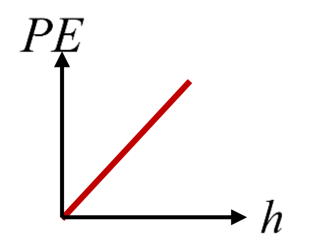
القوة المتغيرة والاستطالة



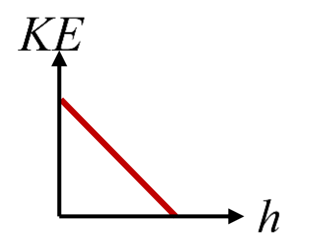
القوة المنتظمة والإزاحة



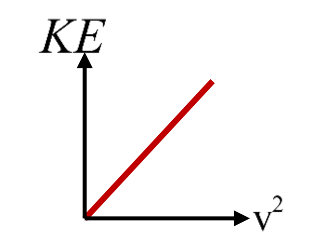
الطاقة الميكانيكية والارتفاع لجسم يقذف لأعلى



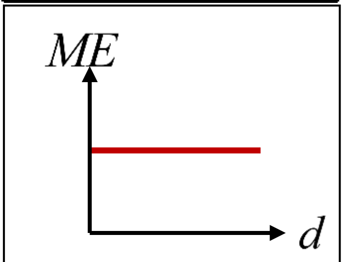
طاقة الوضع التثاقلية والارتفاع لجسم يقذف لأعلى



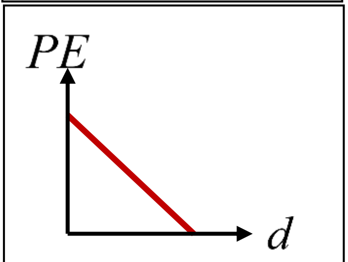
الطاقة الحركية والارتفاع لجسم يقذف لأعلى



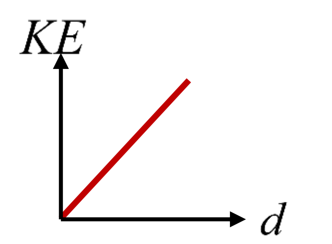
الطاقة الحركية ومربع سرعة



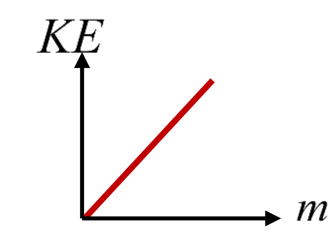
الطاقة الميكانيكية والمسافة لجسم يسقط لأسفل من موضع السقوط



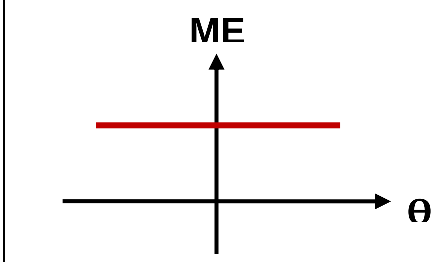
طاقة الوضع التثاقلية والمسافة لجسم يسقط لأسفل من موضع السقوط



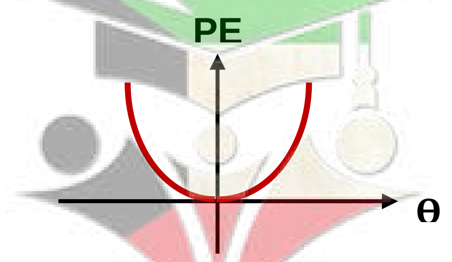
الطاقة الحركية والمسافة لجسم يسقط لأسفل من موضع السقوط



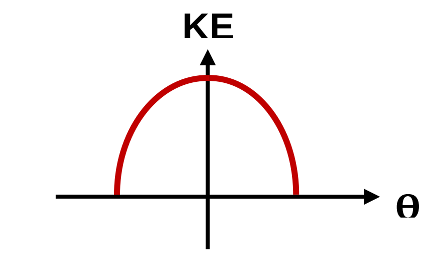
الطاقة الحركية وكتلة الجسم



الطاقة الميكانيكية وزاوية البندول

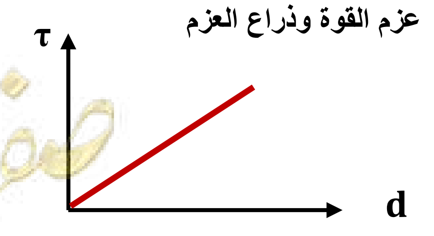


طاقة الوضع وزاوية البندول

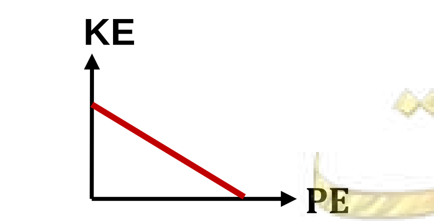


طاقة الحركة وزاوية البندول

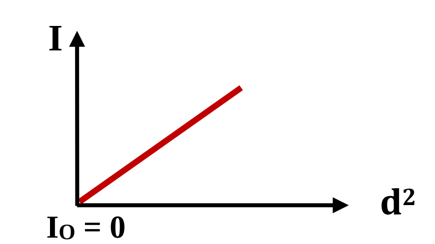
عزم القوة وذراع العزم



عزم القوة والقوة

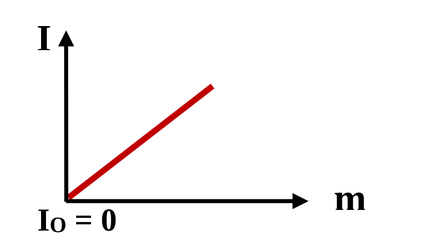


طاقة الوضع وطاقة الحركة للبندول



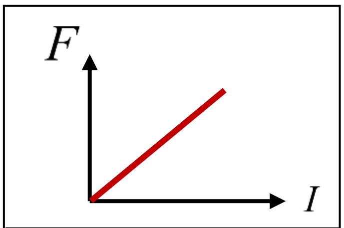
القصور الذاتي الدوراني ومربع البعد لكتلة نقطية عن محور الدوران

الميل يمثل **m**

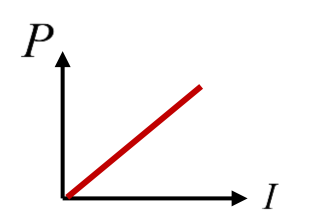


القصور الذاتي الدوراني والكتلة لعدة كتل نقطية

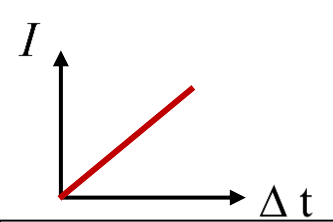
الميل يمثل **d^2**



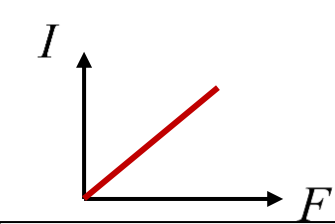
كمية الحركة وكتلة الجسم



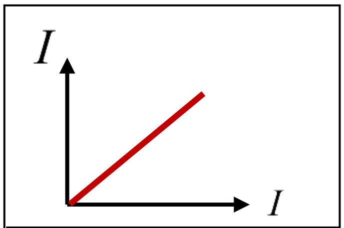
كمية الحركة ومتجه السرعة



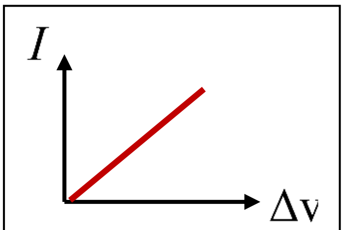
الدفع وزمن التأثير



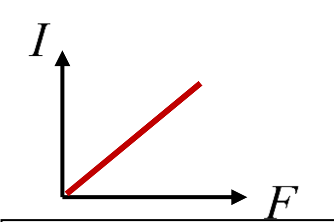
الدفع والقوة المؤثرة



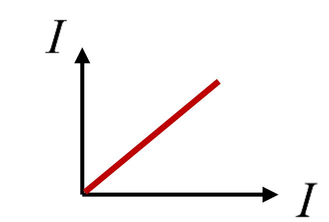
التغير في كمية الحركة وكتلة الجسم



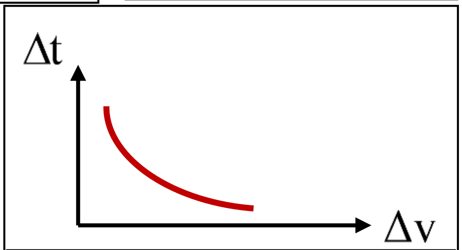
التغير في كمية الحركة والتغير في متجه السرعة



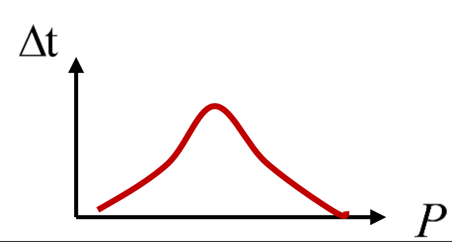
التغير في كمية الحركة وزمن التأثير



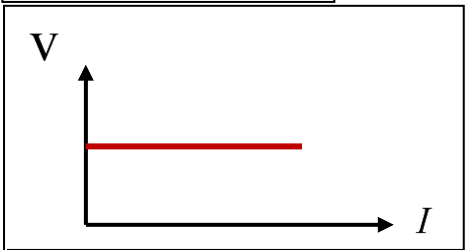
التغير في كمية الحركة والقوة المؤثرة



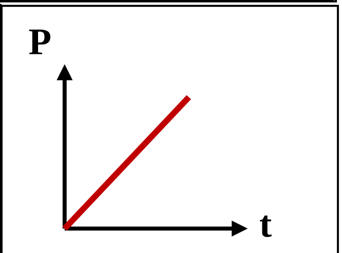
القوة المؤثرة وزمن تأثيرها عند ثبات الدفع



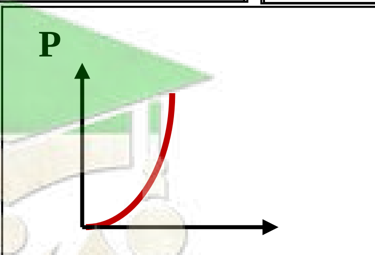
القوة المؤثرة وزمن تأثيرها عند ركل لاعب لكرة قدم



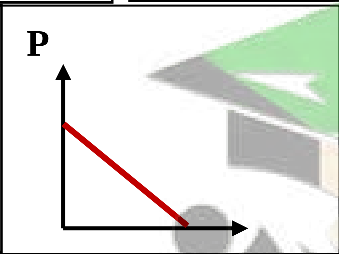
متوسط القوة المؤثرة وزمن تأثيرها أثناء الدفع



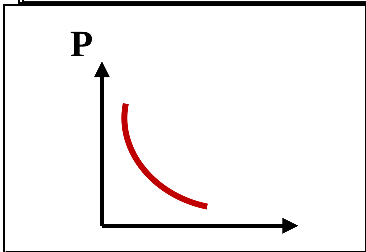
كمية الحركة والزمن لجسم يتحرك بعجلة تسارع منتظمة



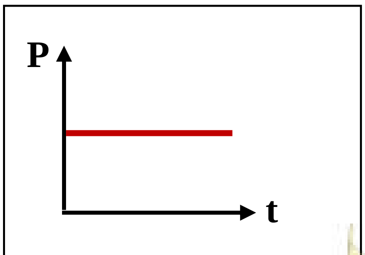
كمية الحركة والزمن لجسم يتحرك بعجلة تسارع غير منتظمة



كمية الحركة والزمن لجسم يتحرك بعجلة تباطؤ منتظمة



كمية الحركة والزمن لجسم يتحرك بعجلة تباطؤ غير منتظمة



كمية الحركة والزمن لجسم يتحرك بسرعة ثابتة