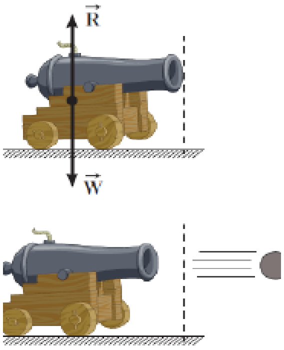
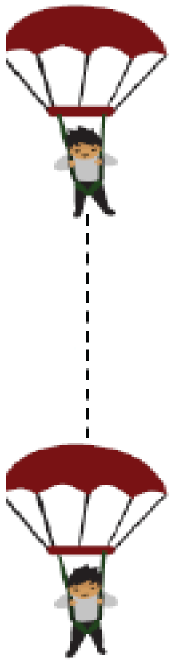
وزارة التربية
منطقة حولي التعليمية
ثانوية فهد الدويري بنين

نموذج الاجابة

قسم الفيزياء و الكيمياء





دفتر المتابعة

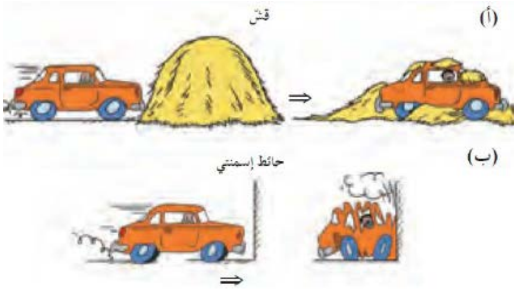
فيزياء الصف الثاني عشر (12)

الفصل الدراسي الأول

العام الدراسي 2019 / 2020 م

أسم الطالب / ....

الصف / ....



إعداد

أ/ يوسف بدر عزمي

رئيس القسم	الموجه الفني	مدير المدرسة
أ/نبيل الدالي	أ/محمود الحمادي	د/عبد العزيز الجاسم

دفتر المتابعة لا يغني عن كتاب الطالب

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الأول : الطاقة

الدرس (1-1) : الشغل

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

أو كمية عددية تساوي حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة و الإزاحة

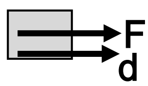
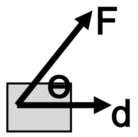
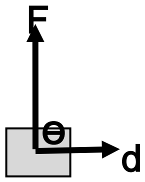
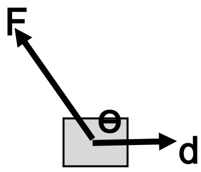
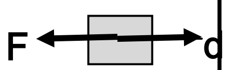
$$W = \vec{F}.\vec{d} = F.d\cos\theta$$

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

ما المقصود : الشغل المبذول علي جسم ما = **10** جول .

الشغل الذي تبذله قوة (10 N) تُحرك الجسم في اتجاهها إزاحة (1m)

قيمة (Ө)	Ө = 0	0 < Ө < 90	Ө = 90	90 < Ө < 180	Ө = 180
رسم متجهي القوة والإزاحة					
قيمة (cos Ө)	1	$0 \langle \cos\theta \langle 1$	0	$-1 \langle \cos\theta \langle 0$	-1
مقدار ونوع الشغل	**(أكبر ما يمكن) موجب**	**موجب**	**(ينعدم) صفر**	**سالب**	**(أكبر ما يمكن) سالب**
منتجاً أو مقاوماً للحركة	**منتج للحركة**	**منتج للحركة**	**ينعدم**	**مقاوم للحركة**	**مقاوم للحركة**
اتجاه مركبة القوة مع اتجاه الإزاحة	**القوة نفس اتجاه الإزاحة**	**المركبة الأفقية للقوة في نفس اتجاه الإزاحة**	**القوة عمودية علي الإزاحة**	**المركبة الأفقية للقوة معاكسة لاتجاه الإزاحة**	**القوة عكس اتجاه الإزاحة**

محصلة الشغل لمجموعة من القوي المنتظمة :

$$W_{Net} = \vec{F}_{Net}.\vec{d} = F_{Net} \times d\cos\theta$$

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

علل لما يأتي :

1- الشغل كمية عددية .

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

2- شغل قوة الاحتكاك يكون دائماً سالب .

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

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

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) و بالتالي القوة (F = 0) و بالتالي الشغل صفر $W = Fd\cos\theta = 0$

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

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

6- 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 $W = mgh = 0$

7- وجود نوعين من الشغل الناتج عن القوي المؤثرة .

لاختلاف أنواع القوي المؤثرة علي الجسم (قوة منتظمة - قوة متغيرة)

8- الشغل الذي يبذله حمال المطار والذي يحمل حقيبة علي كتفه و ينقلها مسافة أفقية ما يساوي الصفر .

أو لا تبذل شغلا عندما ترفع حقيبتك بقوة إلي أعلي و تتحرك باتجاه أفقي عمودي علي اتجاه القوة .

أو ينعدم الشغل المبذول (الشغل يساوي صفر) من وزن السيارة عندما تتحرك على طريق أفقي .

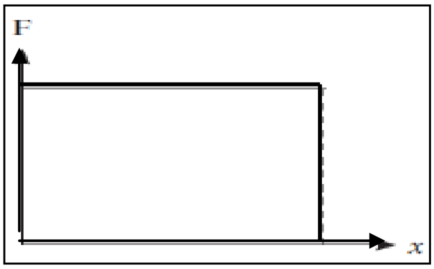
أو قوة جذب الأرض للقمر الصناعي لا تبذل شغلا في تحريكه أثناء دورانه حول الأرض .

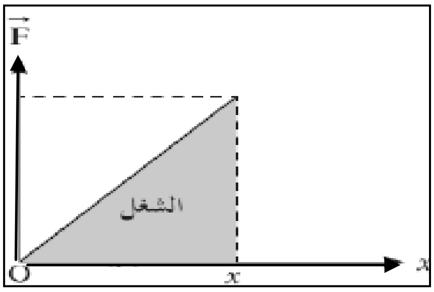
أو إذا تحرك الجسم في اتجاه عمودي علي اتجاه القوة ينعدم الشغل المبذول (الشغل يساوي صفر) .

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

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

تابع الشغل





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

** أستنتج أن الشغل المبذول علي 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 :

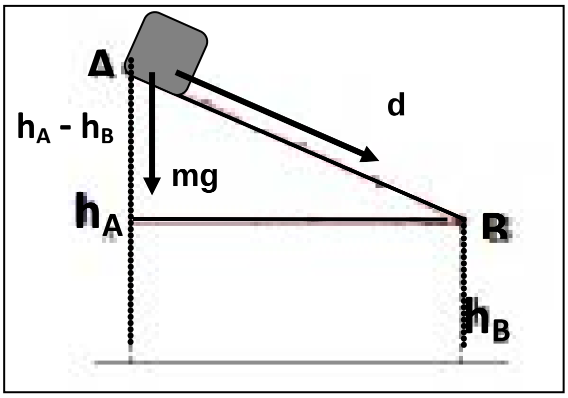
1- لمقدار الشغل المبذول لاستطالة زنبرك ثابت مرونته (K) عند زيادة استطالة الزنبرك إلي مثلي ما كانت عليه .

يزداد الشغل المبذول إلي أربعة أمثال

2- لمقدار الشغل المبذول لاستطالة زنبرك تؤثر عليه قوة (F) عند زيادة استطالة الزنبرك إلي مثلي ما كانت عليه .

يزداد الشغل المبذول إلي المثلي

** أستنتج أن الشغل الناتج عن وزن الجسم لا يرتبط بشكل المسار بين النقطتين ولكن يرتبط بمقدار الإزاحة الرأسية .



$$*W = Fd\cos\theta$$

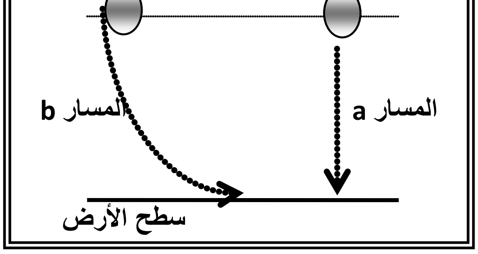
$$*W_w = mg\,d\cos\theta$$

$$*W_w = mg\,d\,(\frac{h_A - h_B}{d})$$

$$*W_w = mg(h_A - h_B)$$

$$*W_w = mgh$$

حركة الجسم	إلي نقطة أدني من موقعه الابتدائي	إلي نقطة علي نفس مستوي موقعه الابتدائي	إلي نقطة أعلي من موقعه الابتدائي
نوع الشغل الناتج عن الوزن	**موجب**	**صفر**	**سالب**
قانون الشغل الناتج عن الوزن	$W = mgh$	$W = 0$	$W = -mgh$



** في الشكل المقابل :

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

ب) بم تفسر : **الشغل الناتج عن وزن الجسم لا يرتبط بشكل المسار و لكن يرتبط بمقدار الإزاحة الرأسية و النقطتين لهما نفس الإزاحة الراسية**

** **أذكر العوامل التي يتوقف عليها كل من :**

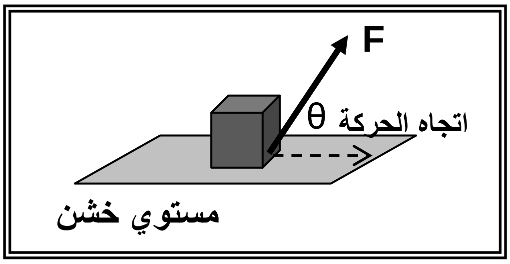
1- الشغل الذي تبذله قوة في إزاحة جسم أفقياً : 1- **القوة** 2- **الإزاحة** 3- **الزاوية بينهما**

2- الشغل الناتج عن وزن جسم عند إزاحته رأسياً : 1- **كتلة الجسم** 2- **عجلة الجاذبية** 3- **الإزاحة الراسية**

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

** مستعيناً بالبيانات علي الشكل المقابل . أجب عن الأسئلة التالية ؟

أولاً : المكعب الموضح بالشكل موضوع علي سطح أفقي خشن وتؤثر عليه قوة منتظمة (F) بحيث تصنع زاوية (θ)



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

المركبة الأفقية $F \cos \Theta$

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

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

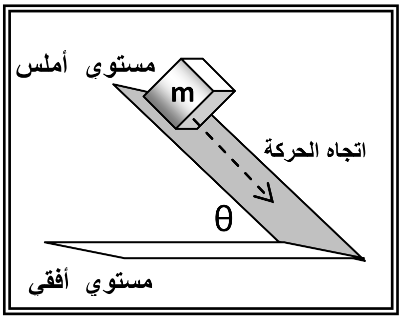
ج) هل توجد للقوة (F) مركبة أخري ؟ وهل تبذل هذه المركبة شغلاً علي الجسم ؟ علل لإجابتك :

نعم و لكنها لا تبذل شغلا وهي المركبة الراسية ($f \sin \Theta$) لأنها عمودية علي الإزاحة

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

نعم توجد قوى الاحتكاك (عكس اتجاه الإزاحة) و قوى الجاذبية (لأسفل) و رد الفعل (لأعلى)

ثانياً: المكعب الموضح بالشكل موضوع علي سطح مائل بزاوية (θ) مع المستوى الأفقي وأملس تماماً والمطلوب :



أ) حدد القوي المؤثرة علي المكعب ، ثم حلل هذه القوي إلي مركبتيها :

$$W \sin \Theta \quad , \quad W \cos \Theta$$

ب) من هي مركبة القوة التي تبذل شغلاً علي الجسم :

$$W \sin \Theta = mg \sin\Theta$$

ج) أكتب المعادلة العامة لحساب الشغل بدلالة المركبة السابقة وإزاحة الجسم :

$$W = F\, d \sin \Theta = mg\, d \sin \Theta$$

د) هل توجد مركبة أخري تبذل شغلاً علي الجسم ؟ علل لإجابتك :

لا توجد لعدم وجود قوة احتكاك

هـ) هل يتوقف الشغل المبذول علي المكعب أثناء حركته علي طول المستوي الذي يتحرك عليه ؟ علل لإجابتك :

لا يتوقف على طول المسار بل يتوقف على الإزاحة الراسية

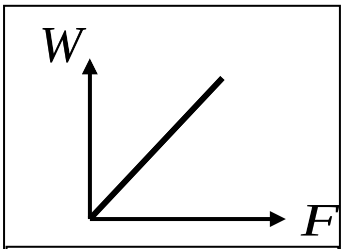
علل لما يأتي :

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

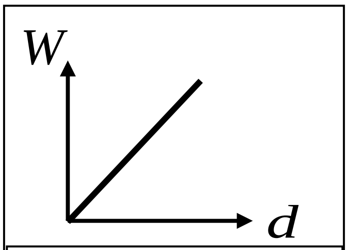
لأن مركبة القوة العمودية لا تسبب إزاحة في اتجاه الحركة بينما مركبة القوة الأفقية تسبب إزاحة في اتجاهها

تطبيقات علي الشغل

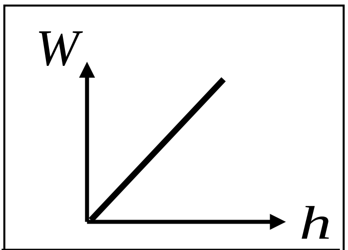
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة علي المطلوب بين العلاقات التالية :



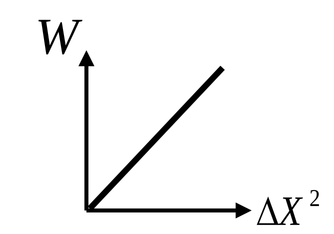
الشغل والقوة



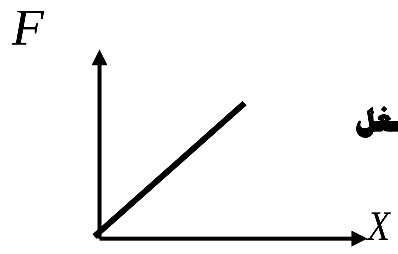
الشغل والإزاحة



الشغل والإزاحة الراسية



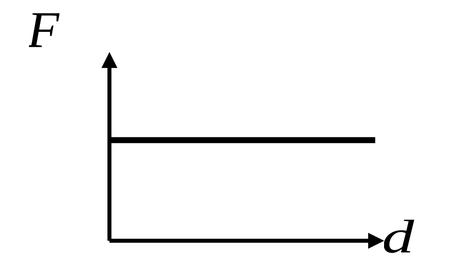
الشغل ومربع الاستطالة



الميل يمثل **ثابت هوك**

المساحة تحت المنحني تمثل **الشغل**

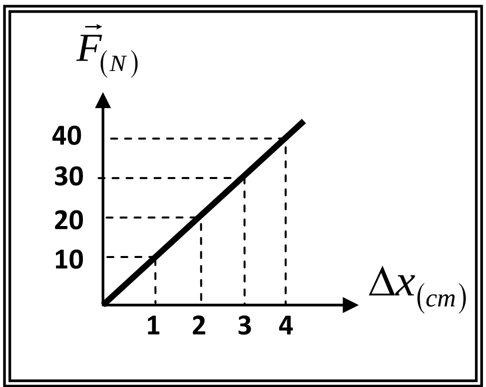
القوة المتغيرة والاستطالة



القوة المنتظمة والإزاحة

مثال 1 : يحمل رجل حقيبة وزنها (400 N) ويتحرك بها <u>أفقياً</u> (10 m) . أحسب الشغل الناتج من وزن الحقيبة ؟

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



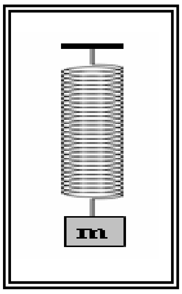
مثال 2 : من الشكل المقابل . أحسب :

أ) ثابت القوة للزنبرك :

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

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

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



مثال 3 : الشكل المقابل يمثل نابض مرن ثابت القوة له (k =100 N/m) علقت به كتلة (m)

فاستطال النابض بتأثيرها مسافة (Δx) مقدارها (5 cm) . أحسب :

أ) مقدار القوة المحدثة للاستطالة :

$$F = K.\Delta X = 100 \times 0.05 = 5\ \mathrm{N}$$

ب) مقدار الكتلة المعلقة في النابض :

$$\mathrm{m} = \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{g}} = \frac{5}{10} = 0.5\ Kg$$

ج) الشغل المبذول من الكتلة علي النابض لإحداث الاستطالة السابقة :

$$\mathrm{W} = \frac{1}{2} K\Delta X^{2} = \frac{1}{2} \times 100 \times 0.05^{2} = 0.125\ \mathrm{J}$$

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

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

W = 0 لان الكرة لم تتحرك d = 0

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

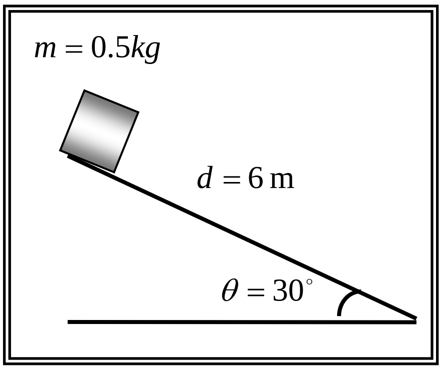
$$W = F\,d\cos\theta = m\,g\,d\cos\theta = 2 \times 10 \times 3 \cos 0 = 60\ J \quad \text{أو} \quad W = mgh$$

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

$$W = f\,d\cos\theta = 1 \times 3 \cos 180 = -3\ J$$

د) أحسب مقدار الشغل الكلي المبذول علي الكرة نتيجة القوي المؤثرة فيها :

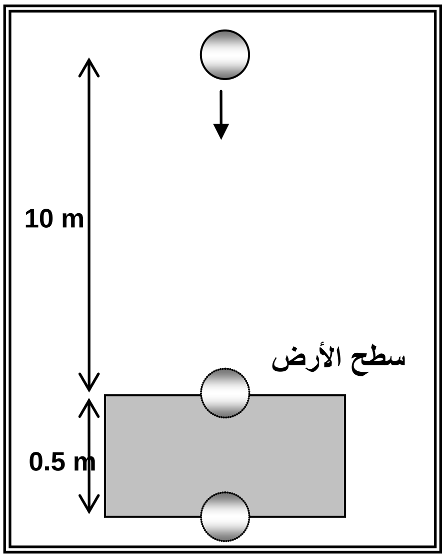
$$W_T = W_1 + W_2 = 60 + (-3) = 57\ J$$



مثال 5 : وضع صندوق كتلته (0.5 kg) عند قمة مستوي أملس يميل علي الأفق بزاوية (30^{o}) كما بالشكل فإذا تحرك الصندوق علي المستوي مسافة (6 m) . أحسب الشغل الناتج عن وزن الصندوق .

$$h = d\sin\theta = 6 \sin 30 = 3\ m$$

$$W_w = mgh = 0.5 \times 10 \times 3 = 15\ J$$



مثال 6 : كرة كتلتلتها (200 gm) سقطة سقوطاً حراً من ارتفاع (10 m) عن الأرض ونفذت في باطن الأرض مسافة (0.5 m) بإهمال مقاومة الهواء

أ) الشغل المبذول بفعل الجاذبية علي الكرة من سقوطها حتى ملامسة الأرض :

$$W_1 = mgh = 0.2 \times 10 \times 10 = 20\ J$$

ب) الشغل المبذول علي الكرة نتيجة اختراقها سطح الأرض :

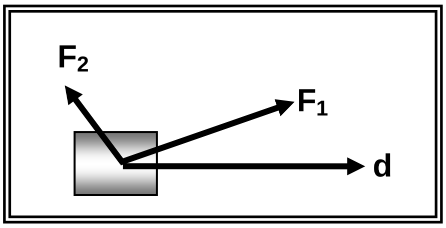
$$W_1 = -W_2 = -20\ J$$

ج) ما التغير المتوقع حدوثه في سرعة الكرة أثناء سقوطها بالهواء وأثناء اختراقها الأرض :

في الهواء تزداد السرعة لأن الشغل موجب و في الأرض تقل السرعة لأن الشغل سالب

تابع تطبيقات علي الشغل

مثال 7 : قوتان تعملان علي 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 . أحسب مقدار الشغل الناتج من هذه القوي :



$$W_1 = F_1\, d \cos \Theta = 10 \times 2.5 \cos 30 = 21.65\ \text{J}$$

$$W_2 = F_2\, d \cos \Theta = 7 \times 2.5 \cos 150 = -15.15\ \text{J}$$

W_1 **مساعد للحركة لأنه موجب** ، W_2 **مقاوم للحركة لأنه سالب**

مثال 8 : ضغط زنبرك (2 cm) عن طوله الأصلي في مرحلة أولى و من ثم ضغط (6 cm) إضافية في مرحلة ثانية .

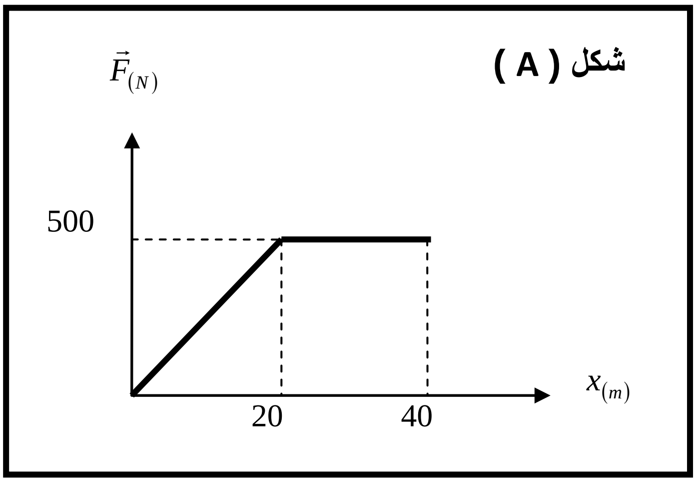
ما مقدار الشغل الإضافي المبذول في خلال عملية الضغط الثانية مقارنة بالعملية الأولى.علماً بأن (K = 100 N/m) :

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

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

$$W_T = W_2 - W_1 = 0.32 - 0.02 = 0.3\ J$$

مثال 9 : أحسب الشغل الكلي الناتج في كل شكل :



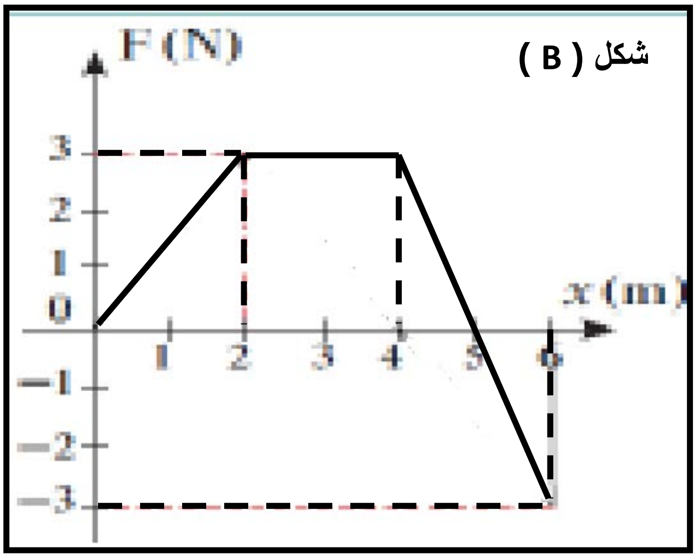
** الشكل (A) :

مساحة المثلث = ½ **القاعدة** X **الارتفاع**

مساحة المستطيل = **الطول** X **العرض**

الشغل الكلي = **مساحة المثلث** + **مساحة المستطيل**

W=(½ X 20 X 500)+(20 X 500)=15000 J



** الشكل (B) :

$W_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times 3 = 3$ J

$W_2 = 2 \times 3 = 6$ J

$W_3 = \frac{1}{2} \times 1 \times 3 = 1.5$ J

$W_4 = 0.5 \times 1 \times -3 = -1.5$ J

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

الدرس (1 - 2) : الشغل والطاقة

الطاقة : **المقدرة علي إنجاز شغل**

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

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

** تقاس الطاقة بوحدة **الجول** (J)

علل لما يأتي :

1- الكرة المقذوفة بسرعة أفقية كبيرة علي مستوي أفقي تستطيع أن تقطع مسافة اكبر قبل أن تتوقف من كرة مماثلة لها قذفت علي نفس المستوي بسرعة أقل قبل أن تتوقف .

لأن الكرة في الحالة الأولي تمتلك طاقة حركية أكبر

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

لأن المطرقة في الحالة الأولي تمتلك طاقةكامنة تثاقليةأكبر فتبذل شغل أكبر علي المسمار

==

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 علي مسار مستقيم علي **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 : $v = \sqrt{\frac{2KE}{m}}$

** لحساب الطاقة الحركية الدورانية نستخدم العلاقة : $KE = \frac{1}{2}I\omega^2$

(I) يمثل **القصور الذاتي الدوراني** (ω) تمثل **السرعة الزاوية**

A و B جسمان متماثلان	طاقة حركة الجسم (A)	طاقة حركة الجسم (B)
سرعة (A) مثلي سرعة (B)	$KE_A = 4\,KE_B = 2\,mV^2$	$KE_B = \frac{1}{2}mV^2$
يتحرك (A) شمالا و (B) جنوبا	**لا تتغير**	**لا تتغير**
يقذف (A) لأعلى و (B) لأسفل	**تقل الطاقة الحركية** (KE_A)	**تزداد الطاقة الحركية** (KE_B)

$$\Delta KE = W$$

العلاقة بين الطاقة الحركية والشغل :

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

$$*W = F.d = W = m.a.d$$

$$*V_f^2 = V_i^2 + 2ad$$

$$*\frac{1}{2}mV_f^2 = \frac{1}{2}mV_i^2 + mad$$

$$*\,m.a.d = \frac{1}{2}m.V_f^2 - \frac{1}{2}m.V_i^2$$

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

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

===

الطاقة الكامنة **طاقة يختزنها الجسم وتسمح له بانجاز شغل للتخلص منها**

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

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

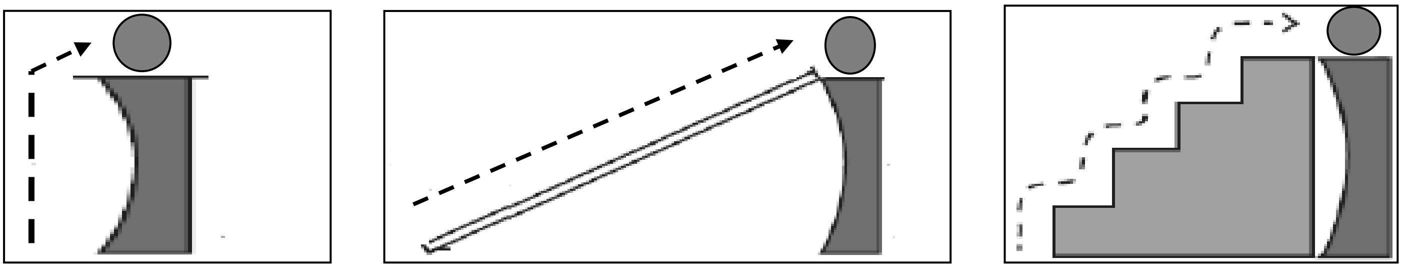
** من أمثلة الطاقة الكامنة التثاقلية **الطاقة المختزنة في مياه الشلالات**

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

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

المستوي المرجعي **المستوي الذي نبدأ منه قياس الطاقة الكامنة التثاقليو تساوي عنده صفر**

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



رفع الحجر على سلم مدرج — رفع الحجر على سطح مائل — رفع الحجر مرة واحدة

أ) من الشكل نلاحظ أن مقدار الطاقة الكامنة التثاقلية **لا يتغير**

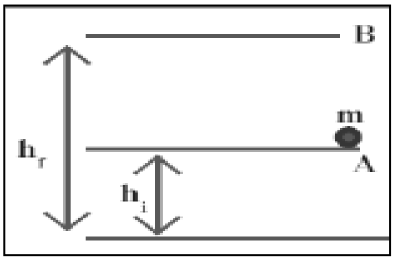
ب) نستنتج أن الطاقة الكامنة التثاقلية لا ترتبط **شكل و طول المسار** وتتوقف علي **الارتفاع الرأسي عن الأرض**

تابع الشغل والطاقة

التغير في طاقة الوضع التثاقلية والشغل :

$$\Delta PE_g = -W_w$$

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



$$*W_w = -mgh$$
$$*\Delta PE = PE_f - PE_i = mgh_f - mgh_i$$
$$*\Delta PE = mg(h_f - h_i) = mgh$$
$$*\Delta PE = -W_w$$

تحرك الجسم رأسياً إلي أسفل	تحرك الجسم رأسياً إلي أعلي	وجه المقارنة
سالب	**موجب**	مقدار ($h_f - h_i$)
سالب	**موجب**	مقدار (ΔPE_g)
$W_w = mgh$	$W_w = -mgh$	مقدار الشغل (W)

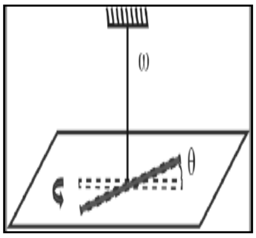
** لحساب السرعة النهائية لجسم بدأ حركته من السكون بدلالة الإزاحة الراسية : $v = \sqrt{2g.h}$

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

** 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 **$N.m/rad^2$**

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



أحسب 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 : يعود الزنبرك إلي وضعه الأصلي عند إفلاته

بسبب الشغل المبذول في الزنبرك يختزن علي شكل طاقة كامنة مرنة

==

الطاقة الميكانيكية **مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة**

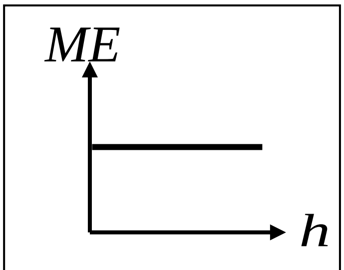
$$ME = KE + PE$$

** الطاقة الميكانيكية للجسم تظل **ثابتة** مهما أختلف الارتفاع

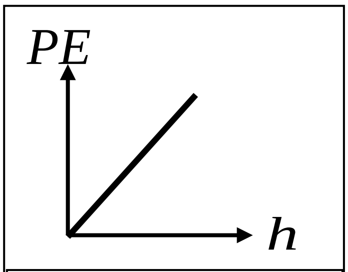
** عند أقصي ارتفاع تكون الطاقة الكامنة التثاقلية للجسم **أكبر ما يمكن** بينما تكون الطاقة الحركية **صفر**

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

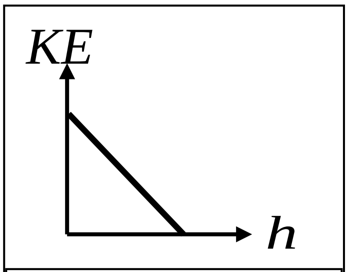
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة علي المطلوب بين العلاقات التالية :



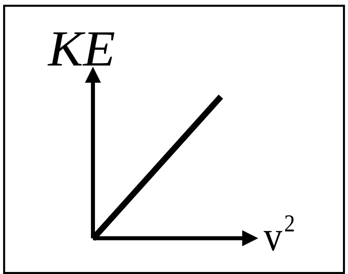
الطاقة الميكانيكية
والارتفاع لجسم يقذف لأعلي



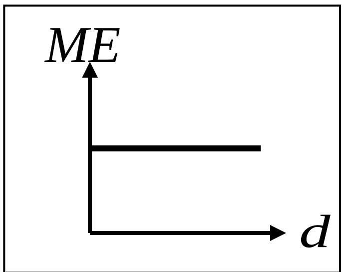
طاقة الوضع التثاقلية
والارتفاع لجسم يقذف لأعلي



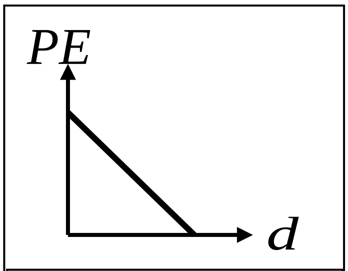
الطاقة الحركية
والارتفاع لجسم يقذف لأعلي



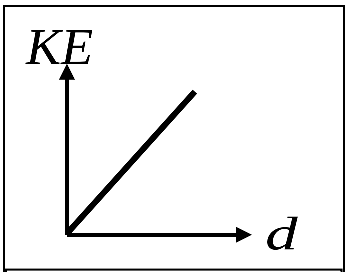
الطاقة الحركية ومربع سرعة



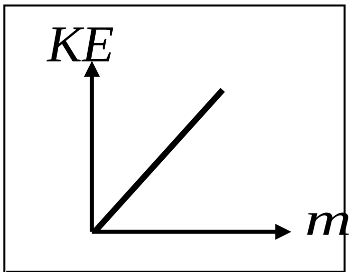
الطاقة الميكانيكية
والمسافة لجسم يسقط لأسفل
من موضع السقوط



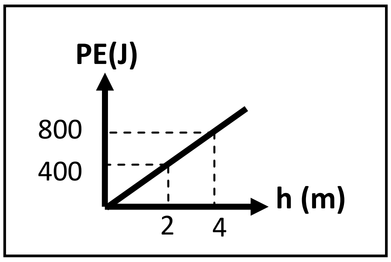
طاقة الوضع التثاقلية
والمسافة لجسم يسقط لأسفل
من موضع السقوط



الطاقة الحركية
والمسافة لجسم يسقط لأسفل
من موضع السقوط

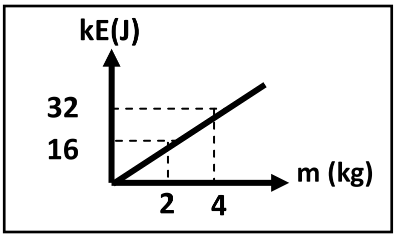


الطاقة الحركية و كتلة الجسم



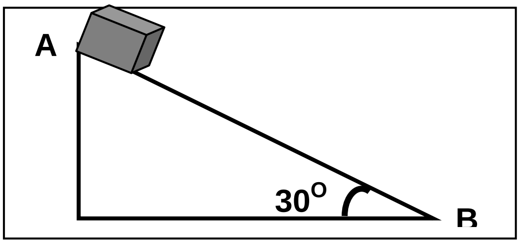
مثال 1 : الشكل المقابل يمثل التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية لجسم بتغير ارتفاعه عن سطح الأرض (المستوي المرجعي) . أحسب وزن الجسم :

$PE_g = mgh$ $\quad$ $800 = mg \times 4$ $\quad$ $mg = 200\ N$



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

$$v = \sqrt{\frac{2KE}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 32}{4}} = 4\ m/s$$



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

أ) الشغل الناتج عن وزن الصندوق :

$$W = mgh = mgd\sin\theta = 1 \times 10 \times 4 \times \sin 30 = 20\ J$$

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

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

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

تطبيقات علي الشغل والطاقة

مثال 4 : سقطت تفاحة كتلتها (0.15 kg) من ارتفاع (3 m) إلي أسفل ليصل في غياب الاحتكاك إلي الأرض .أحسب

أ) طاقة الوضع التثاقلية عند أقصي ارتفاع :

$$\mathrm{PE} = \mathrm{mgh} = 0.15 \times 10 \times 3 = 4.5\ \mathrm{J}$$

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

$$\frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 = \mathrm{mgh} \Rightarrow \mathrm{v} = \sqrt{2\mathrm{gh}} = \sqrt{2 \times 10 \times 2} = 6.32\ \mathrm{m/s}$$

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

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

د) الطاقة الحركية للتفاحة عند اصطدامها بالأرض :

$$\mathrm{KE_F} = \mathrm{PE_i} = 4.5\ \mathrm{J}$$

هـ) سرعة التفاحة لحظة اصطدامها بالأرض :

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{2\mathrm{KE}}{\mathrm{m}}} = \sqrt{\frac{2 \times 4.5}{0.15}} = 7.74\ \mathrm{m/s}$$

مثال 5 : قذف جسم كتلته (200 g) من نقطة (A) رأسياً إلي أعلي بسرعة ابتدائية (20 m/s) ليصل في غياب الاحتكاك إلي أقصي ارتفاع عند النقطة (B) . أحسب :

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

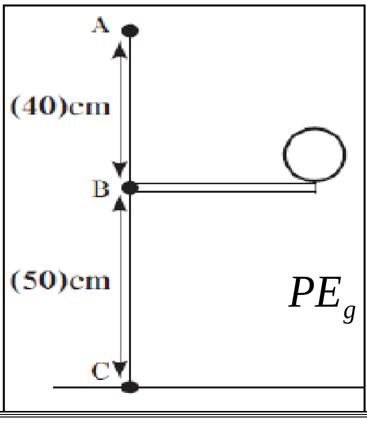
$$KE_{\mathrm{i}} = \frac{1}{2}\mathrm{mV_i^2} = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 20^2 = 40\ \mathrm{J}$$

ب) الشغل المبذول :

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

ج) المسافة التي قطعها الجسم :

$$\mathrm{W} = -\mathrm{mgh} \Rightarrow -40 = -0.2 \times 10 \times \mathrm{h} \Rightarrow \mathrm{h} = 20\ \mathrm{m}$$



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

أ) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (A) : $PE_g = mgh_A = 1 \times 10 \times 0.4 = 4\ \mathrm{J}$

ب) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (B) : $PE_g = mgh_B = 1 \times 10 \times 0 = 0$

ج) عند المستوي الأفقي المار بالنقطة (C) : $PE_g = mgh_C = 1 \times 10 \times -0.5 = -5\ \mathrm{J}$

مثال 7 : دراجة كتلتها وكتلة سائقها معاً (100 kg) تتحرك علي طريق أفقية بسرعة (2 m/s) فإذا قلت سرعتها وأصبحت (1 m/s) بعد أن قطعت مسافة (20 m) . أحسب :

أ) الشغل المبذول علي الدراجة :

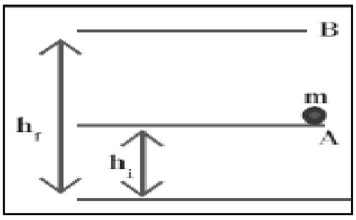
$$W = \Delta KE = \frac{1}{2}mV_F^2 - \frac{1}{2}mV_i^2 = \frac{1}{2}\times 100\times 1^2 - \frac{1}{2}\times 100\times 2^2 = -150\ J$$

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

$$F = \frac{W}{d\cos\theta} = \frac{-150}{20\times\cos 180} = 7.5\ N$$

ج) الشغل المبذول من وزن الدراجة :

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



مثال 8 : كتلة مقدارها (5 kg) تم رفعها رأسياً من النقطة (A) التي ترتفع (2 m) عن سطح الأرض إلي نقطة (B) التي ترتفع (12 m) عن سطح الأرض .

أ) أحسب الشغل المبذول من وزن الجسم خلال الإزاحة من (A) إلي (B) :

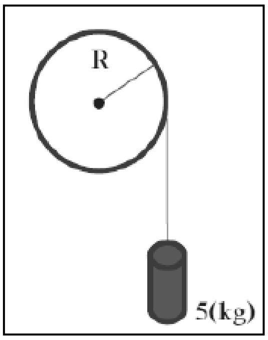
$$W_w = -mgh = -5\times 10\times(12-2) = -500\ J$$

ب) أحسب التغير في طاقة الوضع التثاقلية للجسم خلال تحريكه من (A) إلي (B) :

$$PE_g = mg(h_B - h_A) = 5\times 10\times(12-2) = 500\ J$$

ج) قارن بين الشغل المبذول للوزن و التغير في طاقة الوضع التثاقلية :

$$\Delta PE_g = -W_w$$



مثال 9 : كتلة مقدارها (5 kg) ربطت بخيط عديم الكتلة يمر في تجويف بكرة كتلتها (2 kg) ونصف قطرها (25 cm) مثبتة لتدور من دون احتكاك حول محور يمر بمركزها في لحظة (t = 0) أفلت الجسم من ارتفاع (1.5 m) من سكون ليسقط باتجاه سطح الأرض جاعلاً البكرة تدور بسرعة زاوية (ω) حول محورها والقصور الذاتي الدوراني للبكرة = $I = \frac{1}{2}M.R^2$

أ) أحسب الشغل الناتج عن وزن الجسم الساقط :

$$W_w = mgh = 5\times 10\times 1.5 = 75\ J$$

ب) أحسب الشغل الناتج عن وزن البكرة حول المحور الحامل للنظام :

$$W_w = mgh = 0$$

ج) استخدم قانون الطاقة الحركية لحساب سرعة الجسم لحظة ارتطامه بالأرض :

$$I = \frac{1}{2}M.R^2 = \frac{1}{2}\times 2\times 0.25^2 = 0.0625\ \ Kg.m^2$$

$$W_W = \Delta KE = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}I(\frac{V^2}{R^2})$$

$$75 = \frac{1}{2}\times 5\times V^2 + \frac{1}{2}\times 0.0625\times\frac{V^2}{0.25^2} \Rightarrow V = 5\ \ m/s$$

الدرس (3-1) : حفظ (بقاء) الطاقة

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

** لحساب الطاقة الحركية الماكروسكوبية نستخدم العلاقة : $KE = \frac{1}{2}mV^2$

** لحساب الطاقة الكامنة التثاقلية الماكروسكوبية نستخدم العلاقة : $PE_g = mgh$

** لحساب الطاقة الكامنة المرونة الماكروسكوبية نستخدم العلاقة : $PE_e = \frac{1}{2}K\Delta X^2$

وجه المقارنة	الطاقة الميكانيكية الماكروسكوبية (ME)	الطاقة الميكانيكية الميكروسكوبية (الطاقة الداخلية U)
التعريف	**مجموع طاقة الوضع وطاقة الحركة للجسم**	**مجموع طاقة الوضع و طاقة الحركة لجسيمات النظام**
العلاقة الرياضية	$ME_{macro} = KE_{macro} + PE_{macro}$	$U = KE_{micro} + PE_{micro}$

الطاقة الكامنة الميكروسكوبية | **طاقة يتبادلها جسيمات النظام و تؤدي 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 آخرو الطاقة الكلية للنظام ثابتة**

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

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

أ) طاقة داخلية ثابتة وطاقة ميكانيكية متغيرة :

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

ب) طاقة داخلية متغيرة وطاقة ميكانيكية ثابتة :

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

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

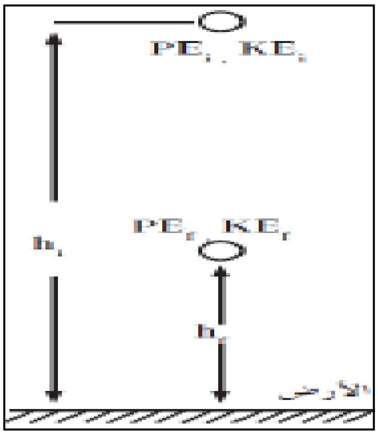
أولاً : **حفظ الطاقة الميكانيكية في نظام معزول(بدون الاحتكاك)**

** بإهمال قوي الاحتكاك : أ) الطاقة الميكانيكية تظل **محفوظة** (ΔME = 0)

ب) الطاقة الداخلية تظل **محفوظة** (ΔU = 0)

ج) الطاقة الكلية تظل **محفوظة** (ΔE = 0)

** أستنتج أن 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 هبط مسافة (¼ h) ويكون على ارتفاع من الأرض يساوي (¾ h)

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 $\Delta ME = -W_f$

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

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

$$* \Delta E = \Delta ME + \Delta U = 0$$

$$* \Delta ME = -\Delta U$$

$$* W_f = \Delta U$$

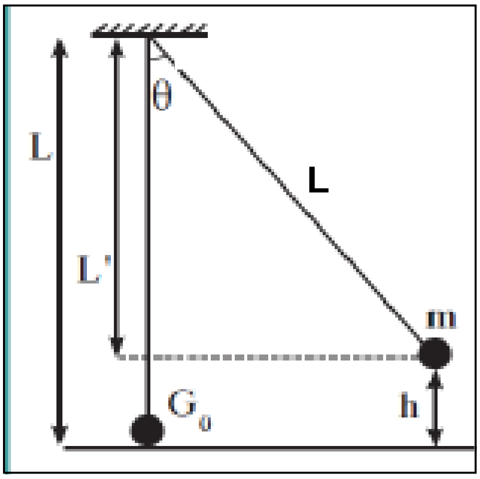
$$* \Delta ME = -W_f = -f.d$$

تابع حفظ (بقاء) الطاقة

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)	$\Delta ME = 0$ $ME_i = ME_f$ $KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$	$\Delta ME \neq 0$ $\Delta ME = -W_f$ $ME_f - ME_i = -f\,d$ $(KE_f + PE_f) - (KE_i + PE_i) = -f\,d$
حساب الشغل الكلي (W_T)	$W_w = \pm\, m\,g\,h$ $W_f = 0$ $W_T = W_w$	$W_w = \pm\, m\,g\,h$ $W_f = -f\,d$ $W_T = W_w + W_f$

البندول البسيط

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



$$*\cos\theta = \frac{L'}{L} \Rightarrow L' = L\cos\theta$$

$$*h = L - L' = L - L\cos\theta = L(1-\cos\theta)$$

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

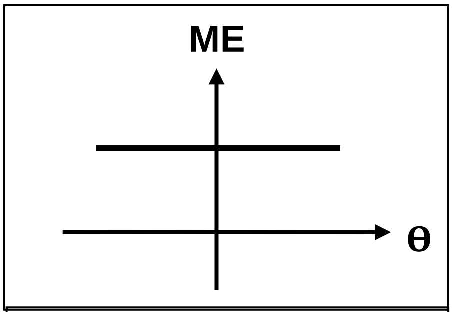
$$*ME = KE + PE$$

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

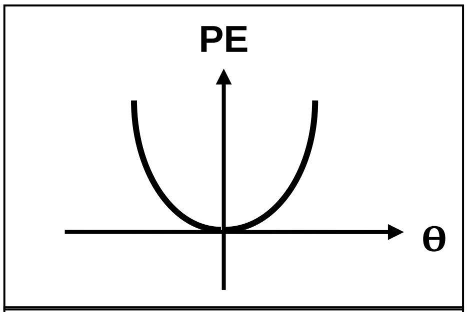
وجه المقارنة	عند أقصي ارتفاع	عند موضع الاستقرار
الطاقة الميكانيكية	**ثابتة**	**ثابتة**
الطاقة الحركية	**صفر**	**أكبر ما يمكن**
طاقة الوضع التثاقلية	**أكبر ما يمكن**	**صفر**

** لحساب السرعة النهائية في البندول البسيط عند موضع الاستقرار : $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gL(1-\cos\theta)}$

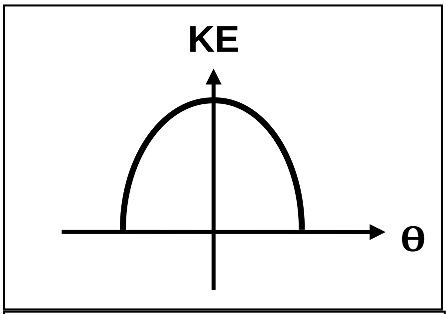
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة علي المطلوب بين العلاقات التالية :



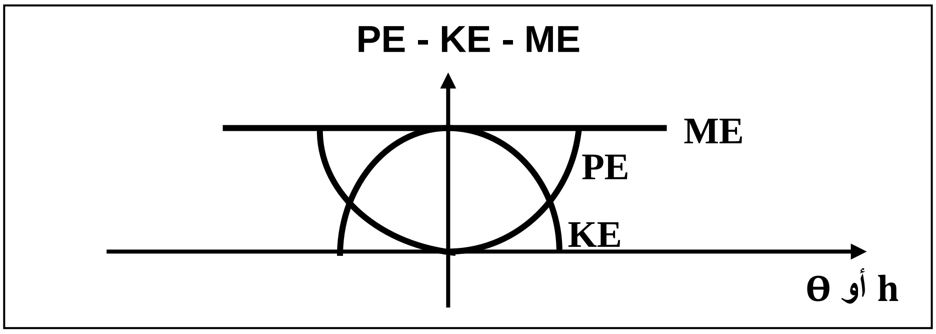
الطاقة الميكانيكية وزاوية البندول

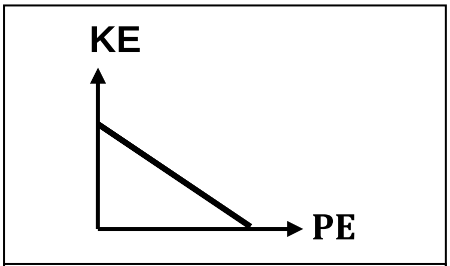


طاقة الوضع وزاوية البندول



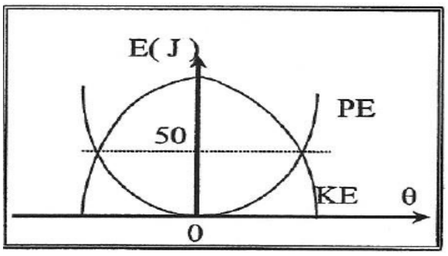
طاقة الحركة وزاوية البندول





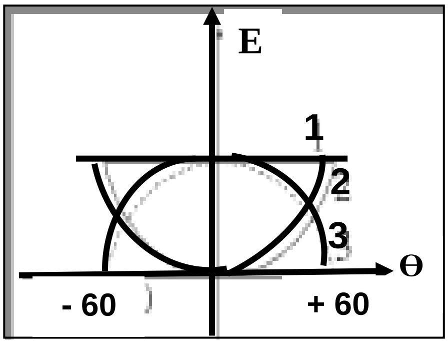
طاقة الوضع وطاقة الحركة للبندول

** المنحني البياني في الشكل يمثل تبادل الطاقة الحركية وطاقة الوضع التثاقلية بدلالة تغير الزاوية لبندول بسيط متحرك كنظام معزول أحسب 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) أحسب مقدار الطاقة الميكانيكية للنظام :

$$ME = \frac{1}{2}mv^2 + mgL(1-\cos\theta) = 0 + 0.2\times10\times1\times(1-\cos 60) = 1\,J$$

ج) أحسب سرعة الكتلة عند مرورها المستوي المرجعي :

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

$$v = \sqrt{2gL(1-\cos\theta)} = \sqrt{2\times10\times1\times(1-\cos 60)} = 3.16\text{ m/s}$$

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

$$ME = 2PE = 2mgL(1-\cos\theta) \Rightarrow 1 = 2\times0.2\times10\times1\times(1-\cos\theta) \Rightarrow \theta = 41.4^O$$

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

$$ME = 2KE = 2\times\frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow 1 = 2\times\frac{1}{2}\times0.2\times V^2 \Rightarrow V = 2.2\text{ m/s}$$

تطبيقات علي حفظ (بقاء) الطاقة

علل لما يأتي :

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

بسبب زيادة سرعة حركة الجزئيات

2- في الأنظمة المعزولة المغلقة تكون الطاقة الكلية محفوظة .

لأنه نظام لا تتبادل فيه الطاقة مع الوسط المحيط

3- وجود زنبرك في بعض أنواع الساعات ولعب الأطفال .

لأن الطاقة الكامنة المرونية في النابض تتحول إلي طاقة حركية

4- الطاقة الكلية للنظام المعزول المؤلف من الأرض و السيارة الصغيرة والهواء المحيط لم تتغير .

لأن الطاقة الكامنة المرونية في النابض تتحول إلي طاقة حركية و جزء منها يتحول إلي طاقة حرارية بسبب الاحتكاك

5- الطاقة الميكانيكية للنظام المعزول (الصندوق – المستوى المائل – الأرض) غير محفوظة على المستوى الخشن .

لأن الطاقة الكامنة التثاقلية تتحول إلي طاقة حركية و جزء منها يتحول إلي طاقة حرارية بسبب الاحتكاك

6- تكون درجة حرارة المياه عند قاعدة مسقط شلال مائي أعلي منها عند قمة المسقط نفسه .

لأن الطاقة الكامنة التثاقلية تتحول إلي طاقة حركية و جزء منها يتحول إلي طاقة حرارية بسبب الاحتكاك

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

لأن الطاقة الكامنة التثاقلية تتحول إلي طاقة حركية وتقوم بإدارة التوربينات

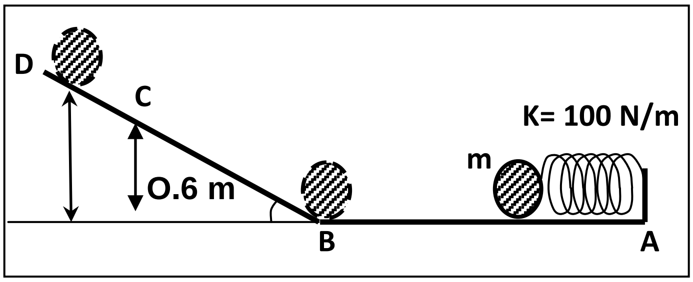
8- عند التصفيق ترتفع درجة حرارة يديك .

لأن الطاقة الحركية لليدين تتحول لطاقة حرارية

9- ارتفاع درجة حرارة المظلة والهواء المحيط أثناء هبوط المظلي باستخدام المظلة .

لأن المظلة تتحرك بسرعة حدية ثابتة و الطاقة الحركية ثابتة و تتحول طاقة الوضع التثاقلية إلي طاقة حرارية

مثال 1 : الشكل المقابل يوضح مستوي أملس(A,B,C) ضغط النابض الموجود عند الطرف (A) لمسافة (0.2m) ثم وضع أمامه الجسم (m) الذي كتلته تساوي(0.25Kg) فإذا أفلت النابض .أحسب : أ) سرعة الجسم عند النقطة (B)



$$ME_A = ME_B \Rightarrow \frac{1}{2}KX^2 = \frac{1}{2}mV^2 \Rightarrow \frac{1}{2}\times 100\times 0.2^2 = \frac{1}{2}\times 0.25\times V_B{}^2 \Rightarrow V_B = 4\,m/s$$

ب) سرعة الجسم عند النقطة (C) :

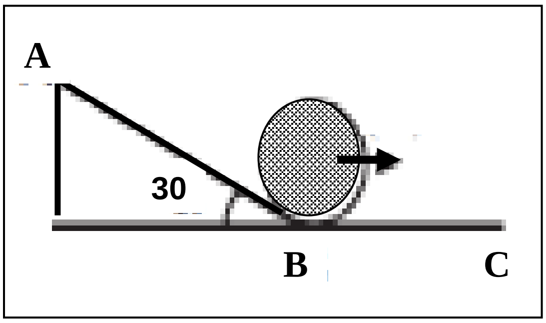
$$ME_B = ME_C \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B{}^2 + mgh_B = \frac{1}{2}mV_C{}^2 + mgh_C$$

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

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

$$ME_B = ME_D \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B{}^2 = mgh_D \Rightarrow \frac{1}{2}\times 0.25\times 4^2 = 0.25\times 10\times h \Rightarrow h = 0.8\,m$$

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 :

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

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

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

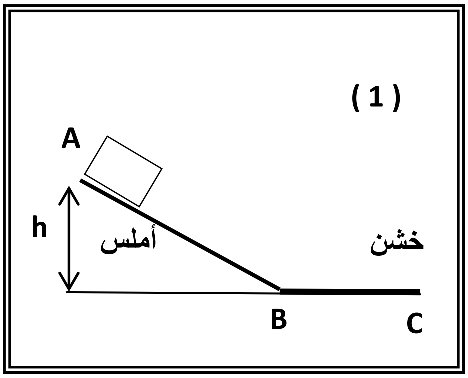
ب) أكمل الجسم مساره على المسار BC ليتوقف عند النقطة C أحسب طول المسار BC :

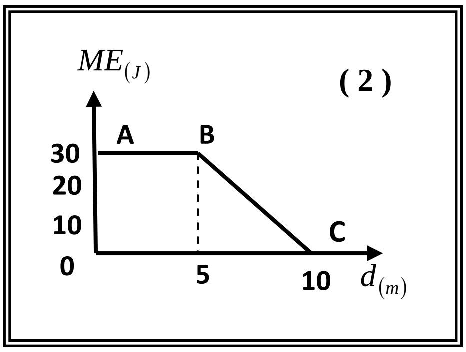
$$ME_C - ME_B = -W_f$$

$$(\frac{1}{2}mV_C{}^2 + mgh_C) - (\frac{1}{2}mV_B{}^2 + mgh_B) = -f d_{BC}$$

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

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) . أحسب :





أ) ارتفاع المستوى المائل (h) :

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

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

ب) مقدار سرعة الجسم عند نهاية المستوى المائل :

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

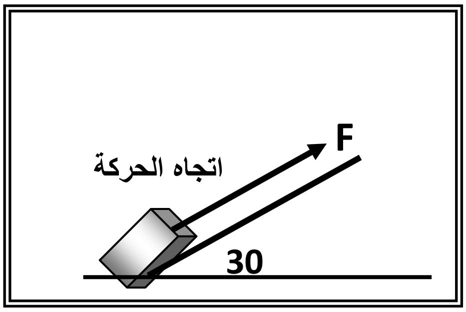
$$30 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times V_B{}^2 \Rightarrow V_B = 3.46\,m/s$$

ج) مقدار قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح الأفقي (f) :

$$ME_C - ME_B = -f d_{BC} \quad \Rightarrow \quad 0 - 30 = -f \times (10-5) \quad \Rightarrow \quad f = 6\,N$$

تابع تطبيقات علي حفظ (بقاء) الطاقة

مثال 4 : تم رفع جسم كتلته (6 kg) من أسفل سطح مستوى مائل خشن بفعل قوة موازية للمستوى المائل مقدارها (80 N) ليصل لقمة المستوى بعدما قطع مسافة (4m) فإذا علمت أن قوة الاحتكاك بين الجسم وسطح المستوى المائل تعادل ثلث وزنه . أحسب :



$W = mg = 6 \times 10 = 60\ N$

$f = \frac{1}{3} \times 60 = 20\ N$

أ) الشغل الذي بذلته تلك القوة :

$W = Fd\cos\Theta = 80 \times 4 \cos 0 = 320\ J$

ب) الشغل الناتج عن وزن الجسم :

$W_w = -mgh = -mgd\sin\Theta = 6 \times 10 \times 4 \times \sin 30 = -120\ J$

ج) الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك :

$W = fd\cos\Theta = 20 \times 4 \cos 180 = -80\ J$

د) الشغل الكلي المبذول :

$W_T = W_1 + W_2 + W_3 = (320) + (-120) + (-80) = 120\ J$

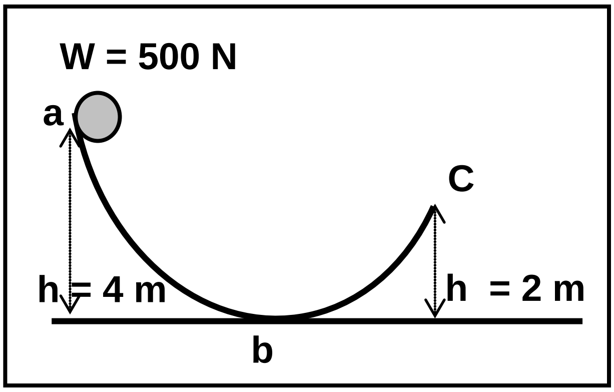
هـ) طاقة الوضع التثاقلية وهو أعلى المستوى :

$PE_g = mgh = mgd\sin\Theta = 6 \times 10 \times 4 \times \sin 30 = 120\ J$

و) التغير في طاقة حركة الجسم :

$W_T = \Delta KE$ $\Delta KE = 120\ J$

مثال 5 : كرة وزنها (500 N) تنزلق علي سطح أملس .أحسب :



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

$PE_g = mgh = 500 \times 4 = 2000\ J$

ب) سرعة الكرة لحظة مرورها بالنقطة (b) :

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

$$500 \times 4 = \frac{1}{2} \times 50 \times V_B{}^2 \Rightarrow V_B = 8.9\ m/s$$

ج) سرعة الكرة عند وصولها إلي نقطة (c) :

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

$$\frac{1}{2} \times 50 \times 8.9^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 50 \times V_C^2 + 50 \times 10 \times 2 \Rightarrow V_C = 6.32\ m/s$$

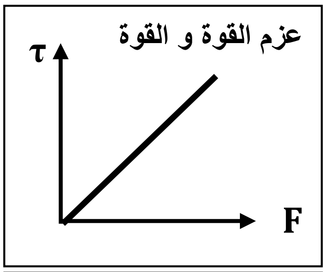
الفصل الثاني : ميكانيكا الدوران

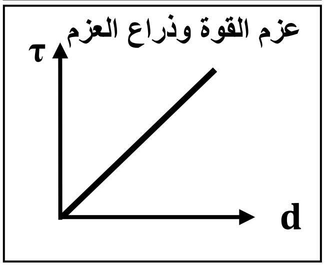
الدرس (2 - 1) : عزم الدوران (عزم القوة)

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

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

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**

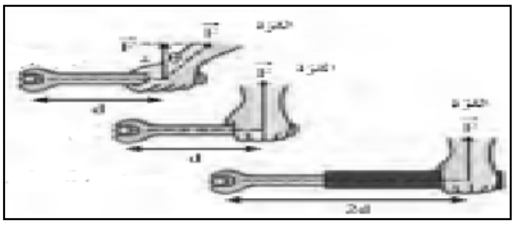
** عزم القوة كمية **متجهة** ويحدد اتجاهه بـ **قاعدة اليد اليمني**

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

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

** من التطبيقات العملية علي 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**

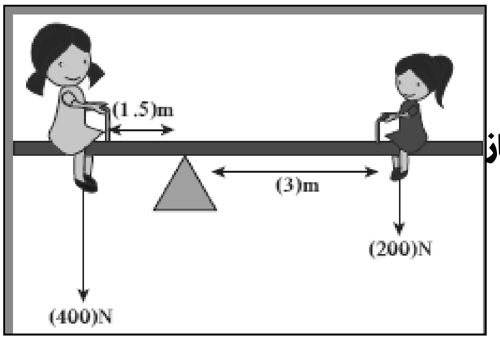
قاعدة اليد اليمني: **قاعدة تحدد اتجاه عزم القوة والإبهام يشير إلى عزم القوة و الأصابع تشير إلى اتجاه الدوران**

دوران الجسم	مع عقارب الساعة	عكس عقارب الساعة
اتجاه عزم القوة بالنسبة للصفحة	**عمودي علي الصفحة نحو الداخل**	**عمودي علي 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 علي مسافة أقصر و الأخف يجلس علي مسافة أبعد من نقطة الارتكاز

ب) ما هي الشروط الضرورية لتحقيق الاتزان الدورائي :

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

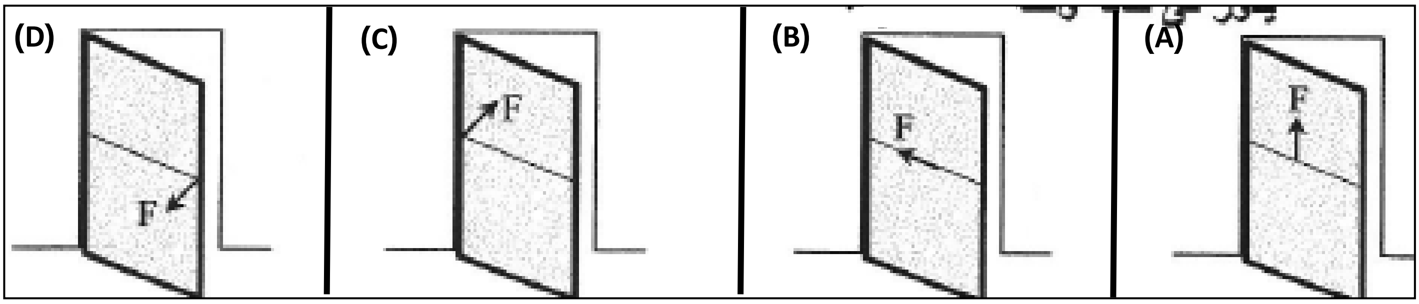
ج) هل الوزن هو الذي يسبب الدوران ؟ مع ذكر السبب :

لا - العزم هو الذي يسبب الدوران

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

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

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



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

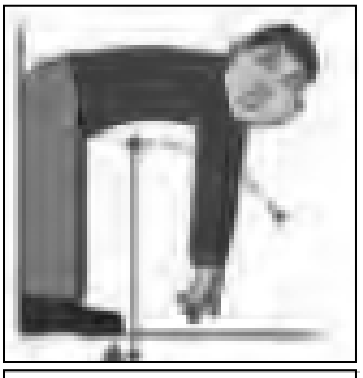
** شكل (B) : **الباب لا يدور لأن القوة توازي ذراع القوة و عزم القوة يساوي صفر**

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

** شكل (D) : **الباب يدور لأن القوة عمودية علي ذراع القوة و عزم القوة لا يساوي صفر**

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

ماذا يحدث مع ذكر السبب

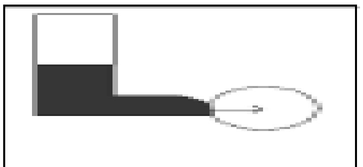


1- عند وجود موقع مركز الثقل خارج المساحة الحاملة للجسم :

ينقلب الجسم بسبب وجود عزم القوة يسبب دوران الجسم

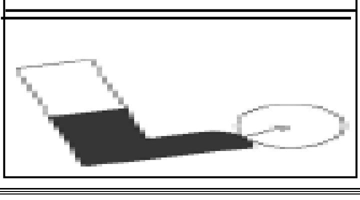
2- إذا كان خط عمل القوة يمر بمركز ثقل الكرة :

تتحرك الكرة حركة خطية بسبب عدم وجود عزم القوة



3- إذا كان خط عمل القوة لا يمر بمركز ثقل الكرة :

تتحرك الكرة حركة دورانية وخطية بسبب وجود عزم القوة



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

** عندما لا يدور الجسم تكون محصلة العزوم **تساوي صفر**

تابع عزم الدوران (عزم القوة)

علل لما يأتى :

1- العزم كمية متجهه .

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 و ذراع القوة و اختلاف 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 $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$

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 وتبذل قوة أقل $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d}$

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) و بالتالي يكون عزم القوة صفر $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{d} = 0$

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

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

7- حدوث الأتزان الدوراني للجسم المعلق حول مركز ثقله .

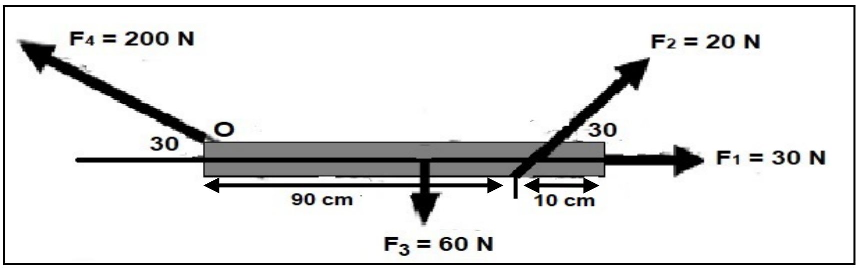
لأن محصلة عزوم قوة الجاذبية المؤثرة في الجسم تساوي صفر

مثال 1 : ساق متجانسة طولها (100 cm)

وزنها (60 N) تؤثر عليها ثلاث قوي .

أ) أحسب محصلة العزوم علي الساق :

ب) أستنتج اتجاه دوران الساق :



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

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

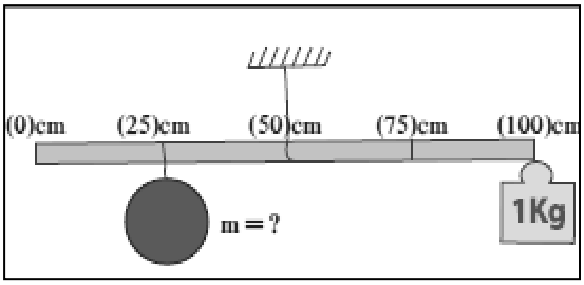
$\tau_3 = F_3\ d_3 \sin \Theta_3 = -60 \times 0.5 \times \sin(90) = -30$ N.m

$\tau_4 = F_4\ d_4 \sin \Theta_4 = 200 \times 0 \times \sin(30) = 0$ 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 : أحسب كتلة الصخرة (m) حيث النظام في حالة اتزان :



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

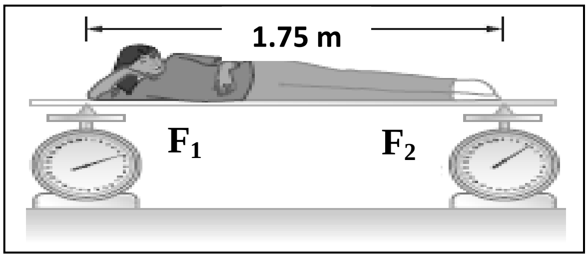
$$F_1d_1 = F_2d_2$$

$$m_1gd_1 = m_2gd_2$$

$$m_1 \times 0.25 = 1 \times 0.5 \qquad m_1 = 2\ kg$$

مثال 3 : إذا كان طول الشخص (1.75 m) وكانت قراءة الميزان عند الرأس (380N) وقراءة الميزان عند القدم (320N)

أحسب بُعد مركز الثقل للرجل عن رأسه :



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

$$F_1d_1 = F_2d_2$$

$$380 \times (1.75 - d_2) = 320 \times d_2 \qquad d_2 = 0.95\ m$$

$$d_1 = 1.75 - d_2 = 1.75 - 0.95 = 0.8\ m$$

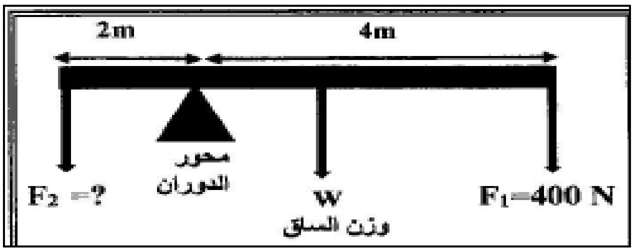
مثال 4 : قضيب معدني متجانس طوله m (8) ووزنه N (40) يستند بإحدى نقاطه على رأس مدبب علق في إحدى نهايته ثقل قدره N (40) فإذا اتزن القضيب أفقيا . أحسب بعد نقطة الإسناد عن الثقل المعلق .

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

$$F_1d_1 = F_2d_2$$

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

مثال 5 : الشكل المجاور يمثل ساق متجانسة طولها m (6) وزنها N (100) ترتكز علي حاجز وتؤثر فيها قوتان للأسفل F_1 = (400) N و F_2 مجهولة والنظام في حالة اتزان .



أ) أحسب عزم الدوران للقوة (F_1) :

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

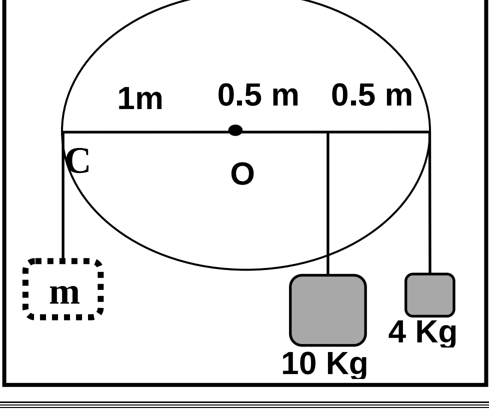
ب) أحسب مقدار القوة (F_2) :

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

$$Wd_3 + F_1d_1 = F_2d_2$$

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

مثال 6 : بالشكل القرص لا يدور . أحسب الكتلة عند النقطة (C) :



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

$$F_3d_3 = F_1d_1 + F_2d_2$$

$$m_3gd_3 = m_1gd_1 + m_2gd_2$$

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

عزم الازدواج

الازدواج: **قوتين متساويتين في المقدار ومتوازيتين و متعاكستين بالاتجاه وليس لهما خط عمل واحد**

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

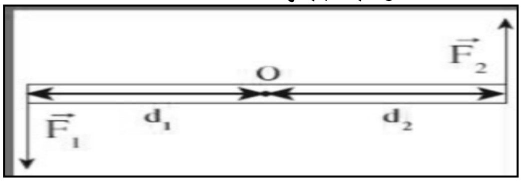
أو حاصل ضرب مقدار أحد القوتين في المسافة العمودية بينهما

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

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

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

** أستنتج أن 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 علي الازدواج : **صنبور المياه - مقود السيارة - المفتاح الرباعي لفك الصواميل- مقود الدراجة**

علل لما يأتى :

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

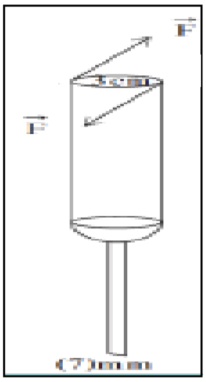
لكي يزيد طول ذراع الازدواج و يزداد عزم الازدواج وتبذل قوة أقل $\vec{C} = \vec{F} \times \vec{d}$

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



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 . أ) أحسب عزم الازدواج المؤثر في مقبض المفك :

C = F x d = 49 x 0.03 = 1.47 N.m

ب) أحسب مقدار القوة التي تؤدي إلي دوران البرغي المراد تثبيته :

C = F x d **1.47 = F x 0.007** **F = 210 N**

مثال 2 : قوتان متساويتين قيمة كل منهما (50 N) تؤثران علي مسطرة خشبية قابلة للدوران حول محور في منتصفها طولها (20 cm) . أ) أحسب مقدار عزم الازدواج المؤثر في المسطرة ويجعلها تدور حول محورها .

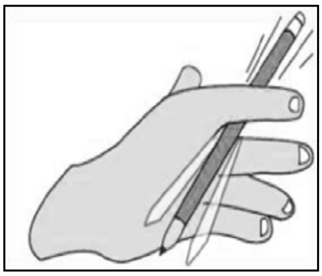
C = F d = 50 x 0.2 = 10 N.m

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

نؤثر بازدواج أخر مقداره 10 N.m و يعاكسه بالاتجاه

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 . m2**
العوامل التي يتوقف عليها	1- **كتلة الجسم**	1- **كتلة الجسم** 2- **بعد الكتلة عن محور الدوران** 3- **شكل الجسم وتوزيع الكتلة**



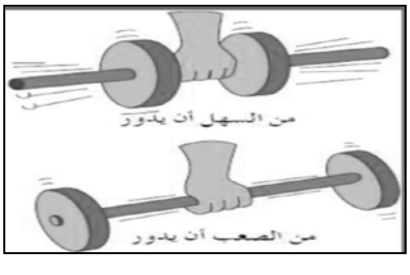
** يشبه القصور الذاتي الدوراني القصور الذاتي في **الاتجاه الخطي**

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

** أرجح قلمك بين أصابعك إلي الأمام وإلي 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**
سهولة الحركة الدورانية	**أصعب**	**أسهل**
زيادة سرعته أثناء دورانه	**أقل**	**أكبر**
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 و يسهل الدوران**

الحالة الثانية : **يزداد القصور الذاتي الدوراني و يصعب 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 منهماحول 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 إلي 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 و الغزال 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 و تتحرك بسرعة أكبر

7- البهلوان المتحرك علي سلك رفيع يمد يديه ليحافظ علي اتزانه او يمسك بيده عصا طويلة .

لكي يزيد قصوره الذاتي الدوراني و يقاوم الدوران و يحافظ علي اتزانه

نظرية المحور الموازي
(نظرية هوغنس)

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

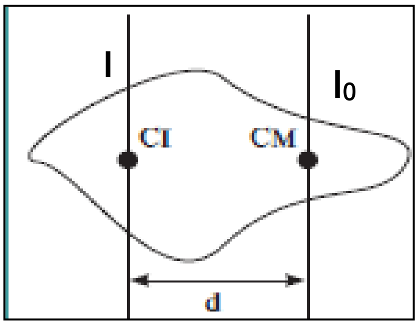
$$I = I_0 + md^2$$

(I) تمثل **القصور الذاتى الدورانى عندأي محور موازى للمحور المار بمركز الثقل**

(I_0) تمثل **القصور الذاتى الدورانى عند المحور المار بمركز ثقله**

(m) تمثل **كتلة الجسم**

(d) تمثل **المسافة بين المحور المار بمركز ثقل الجسم والمحور الموازى 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 اكبر 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 علي منحدر فأن ($d = 0$) وبالتالي ($I = I_0$)

تابع القصور الذاتي الدوراني

مثال 1 : اربعة جسيمات متساوية الكتلة كل منها (100 g) مثبته عند اركان مربع بواسطة اطار خفيف مهمل الوزن وطول ضلع المربع (80 cm) اذا علمت ان القصور الذاتي الدوراني لجسيم كتلته (M) حول نقطة على بعد (R) تعطى بالعلاقة ($I = MR^2$) .

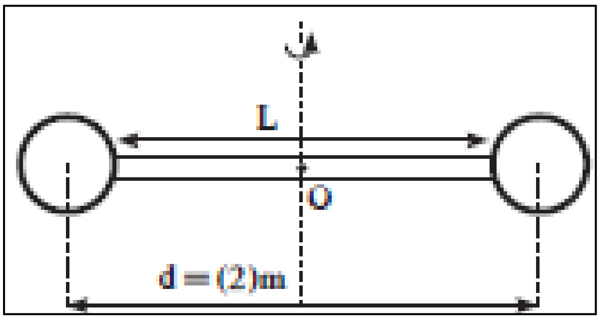
أحسب عزم القصور الذاتي الدوراني للأربعة جسيمات حول محورعمودي يمر بنقطة تقاطع قطري المربع :

$$2R = \sqrt{0.8^2 + 0.8^2} = 1.13 \;\; \Rightarrow \;\; R = \frac{1.13}{2} = 0.56\,\text{m}$$

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

$$I_1 = 0 + 0.1 \times 0.56^2 = 0.03\,\text{Kg.m}^2$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 4 \times 0.03 = 0.12\,\text{Kg.m}^2$$



مثال 2 : احسب القصور الذاتي الدوراني للنظام المؤلف من كرتين من الحديد متماثلتين كتلة الواحدة (m = 5 kg) ونصف قطرها (r = 5 cm) مثبتتين علي 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 بلن مقدار القصور الذاتي الدوراني كل من الأجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقل كل منها يساوي بالنسبة للكرة : $I_{0sphere} = \frac{2}{5}mr^2$ **وبالنسبة للعصا :** $I_{0rod} = \frac{1}{12}mL^2$

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

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

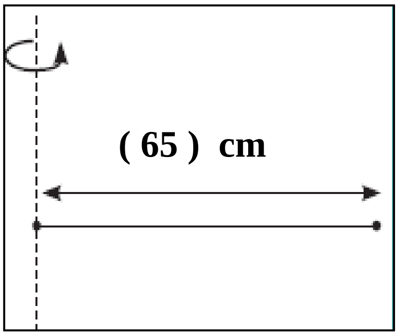
$$I_1 = I_2 = \frac{2}{5} \times 5 \times 0.05^2 + 5 \times 1^2 = 5\,\text{Kg.m}^2$$

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

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

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

مثال 3 : في الشكل المقابل :

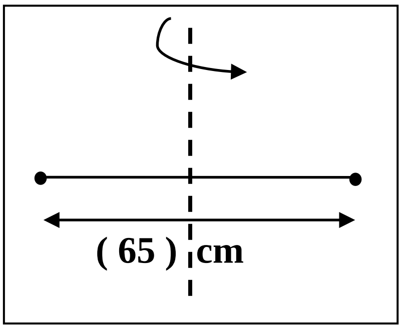


أ) أحسب القصور الذاتي الدوراني لعصا طولها (65 cm) وكتلتها مهملة تنتهي بكتلتين مقدار كل منها (0.3 kg) وتدور حول احد طرفيها علما بأن ($I = MR^2$)

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

$$I_1 = 0 + 0.03 \times 0.65^2 = 0.126\ Kg.m^2$$

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



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

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

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

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

ج) قارن بين نتيجة (أ) ونتيجة (ب) :

القصور الذاتى الدورانى للنظام عندما يدور حول محور علىالطرف أكبر منه عندما يدور حول محور يمر بمركزالكتلة

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

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

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

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

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

مثال 5 : أسطوانة مصمتة كتلتها (3 kg) وقطرها (20 cm) وتتدحرج على منحدر وحيث ($I = ½\ MR^2$)

أحسب القصور الذاتي الدوراني :

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

مثال 6 : قرص كبير أفقى يدور على محور رأسى يمر خلال مركزه اذا كان القصور الذاتي الدوراني للقرص ($I = 4000\ kg.m^2$) وعندما سقط عليه شخص كتلته (90 kg) من فرع شجرة معلق . استقر الشخص عند نقطة على بعد (3 m) من محور الدوران .احسب عزم القصور الذاتي الجديد للمجموعة علما بان ($I = MR^2$) :

$$I = I_0 + md^2 = 4000 + 90 \times 3^2 = 4810\ \ Kg.m^2$$

الدرس (2 - 3) : ديناميكا الدوران

وجه المقارنة	حركة دورانية منتظمة السرعة	حركة دورانية منتظمة العجلة
التعريف	**الجسم يقطع أقواساً متساوية في أزمنة متساوية أو نصف القطر يمسح زوايا متساوية في أزمنة متساوية**	**السرعة الزاوية تتغير بانتظام بالنسبة للزمن**
السرعة الزاوية	**ثابتة**	**متغيرة**
العجلة الزاوية	$\theta'' = \dfrac{\Delta\omega}{\Delta t} = 0$	**ثابتة** $\theta'' = \dfrac{\Delta\omega}{\Delta t}$

** عند تسارع الجسم تكون إشارة (Ө'') **موجبة** وعند تباطؤ الجسم تكون إشارة (Ө'') **سالبة**

** إذا أنطلق الجسم من السكون فتكون (ω_0) تساوي **صفر** وإذا توقف فتكون (ω) تساوي **صفر**

وجه المقارنة	القانون الأول لنيوتن للحركة الخطية	القانون الأول لنيوتن للحركة الدورانية
التعريف	**يبقي الجسم الساكن ساكناً والجسم المتحرك متحركاً في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته**	**يبقي الجسم الساكن ساكناً والجسم المتحرك متحركاً في حركته الدورانية ما لم يؤثر عليه عزم قوة يغير من حالته**
وجه المقارنة	القانون الثاني لنيوتن للحركة الخطية	القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية
التعريف	**محصلة القوى الخارجية تساوي حاصل ضرب الكتلة في العجلة الخطية**	**محصلة عزوم القوى الخارجية تساوي حاصل ضرب القصور الذاتي الدوراني في العجلة الدورانية**
القانون	$\vec{F} = m.\vec{a}$	$\vec{\tau} = I.\theta''$
وجه المقارنة	القانون الثالث لنيوتن للحركة الخطية	القانون الثالث لنيوتن للحركة الدورانية
التعريف	**كل فعل له رد فعل يساويه في المقدار و يعاكسه في الاتجاه**	**كل عزم قوة له عزم قوة يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه**

الجسم المصمت **نظام من الجزيئات تبعد عن بعضها مسافات ثابتة ولا يتغير شكله بتأثير القوى أو عزوم القوى و غير قابل للتشكيل أو التشويه**

علل لما يأتي :

1- عند دراسة معادلات الحركة الخطية ليس من المهم أم نفرق بين كتلة نقطية أو جسم مصمت .

لأن ليس لشكل الجسم تأثير في دراسة حركته الخطية

2- عند تطبيق معادلات الحركة الدورانية علي كتلة نقطية يختلف عن تطبيقها علي جسم مصمت .

لاختلاف القصور الذاتي الدوراني بينهما

3- لا يمكن تمثيل الحركة الدورانية لجسم مصمت بحركة مركز ثقله .

لأن لشكل الجسم و توزيع كتلته تأثير علي حركته الدورانية بسبب اختلاف القصور الذاتي الدوراني

4- زمن وصول أسطوانة مفرغة إلي أسفل المنحدر يختلف عن زمن وصول أسطوانة مصمتة لها نفس الكتلة والقطر .

لاختلاف القصور الذاتي الدوراني و اختلاف توزيع الكتلة بالنسبة لمحور الدوران

5- حاصل جمع العزوم المؤثرة في جسم يدور بسرعة زاوية ثابتة يساوي صفر .

لأن العجلة الزاوية تساوي صفر و بالتالي محصلة عزوم القوة يساوي صفر $\theta''=0 \Rightarrow \tau = I\theta''=0$

6- تدوير عجلة مسننة في اتجاه معين يجعل عجلة مسننة أخري متداخلة معها تدور في اتجاه معاكس .

لأن كل عزم قوة له عزم قوة يساويه في المقدار و يعاكسه في الاتجاه

وجه المقارنة	معادلات الحركة الخطية	معادلات الحركة الدورانية (الزاوية)
الإزاحة	$S = \theta . r$	$\theta = \frac{S}{r} = 2\pi . N$
السرعة	$V = \omega . r$	$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
العجلة	$a = \theta'' . r$	$\theta'' = \frac{a}{r} = \frac{\tau}{I} = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\theta}$
القوة وعزم القوة	$F = m . a$	$\tau = I . \theta'' = F . r$ r نصف القطر تمثل طول ذراع القوة
الشغل	$W = F . d$	$W = \tau . \theta$
طاقة الحركة	$KE = \frac{1}{2} m v^2$	$KE = \frac{1}{2} I \omega^2$
القدرة	$P = F . v$	$P = \frac{W}{t} = \tau \cdot \omega$
معادلات الحركة	$v = v_0 + at$ $v^2 = v_0^2 + 2ad$ $d = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$	$\omega = \omega_0 + \theta'' t$ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\theta''\theta$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$

أ) استنتاج القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية	ب) استنتاج الشغل الناتج عن عزم قوة منتظمة
$* F = m.a$ $* a = \theta''.r$ $* F = m.\theta''.r$ $* F.r = m.\theta''.r^2$ $* \tau = I.\theta''$	$*S = \theta.r$ $*W = F.S = F.\theta.r$ $*\tau = F.r$ $*W = \tau.r$
ج) استنتاج الطاقة الحركية الدورانية	**د) استنتاج القدرة الناتجة عن عزم قوة دورانيz**
$* KE = \frac{1}{2} mV^2$ $* V = \omega r$ $* KE = \frac{1}{2} m\omega^2 r^2$ $* I = mr^2$ $* KE = \frac{1}{2} I\omega^2$	$* P = \frac{dw}{dt} = \frac{d(\tau.\theta)}{dt}$ $* P = \tau.\frac{d\theta}{dt}$ $* \omega = \frac{d\theta}{dt}$ $* P = \tau.\omega$

تابع ديناميكا الدوران

القدرة | **المعدل الزمني لإنجاز الشغل أو الشغل المبذول خلال وحدة الزمن**

** تقاس القدرة بحسب النظام الدولي للوحدات بوحدة **الوات W** وتكافئ **J/S**

** أذكر العوامل التي يتوقف عليها كل من :

أ) الشغل الناتج عن عزم قوة منتظمة : 1- **عزم القوة** 2- **الإزاحة الزاوية**

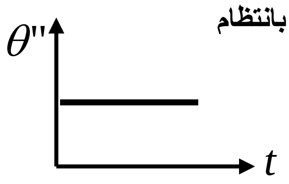
ب) الطاقة الحركية الدورانية : 1- **القصور الذاتي الدوراني** 2- **السرعة الزاوية**

ج) القدرة الناشئة عن عزم القوة الدورانية : 1- **عزم القوة** 2- **السرعة الزاوية**

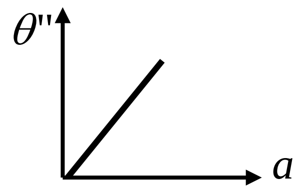
ماذا يحدث : لمقدار الطاقة الحركية الدورانية إذا زادت السرعة الزاوية إلي المثلي

تزداد الطاقة الحركية الدورانية إلي أربعة أمثال

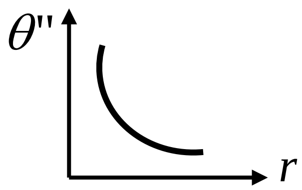
العجلة الزاوية والزمن لجسم يدور بسرعة زاوية متغيرة بانتظام



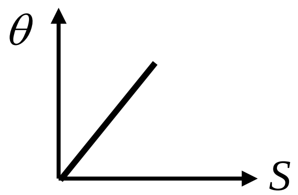
العجلة الزاوية والعجلة الخطية عند ثبوت نصف القطر



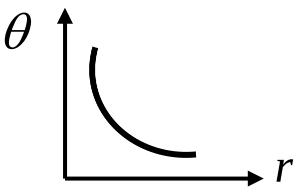
العجلة الزاوية ونصف القطر عند ثبوت العجلة الخطية



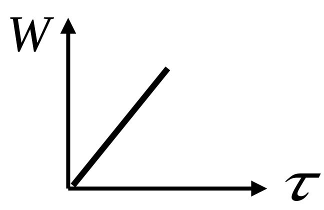
الإزاحة الزاوية وطول القوس عند ثبوت نصف القطر



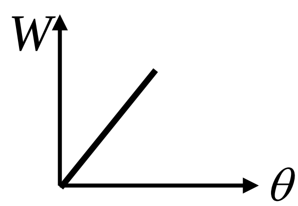
الإزاحة الزاوية ونصف القطر عند ثبوت طول القوس



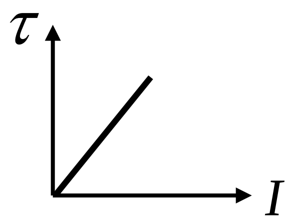
الشغل وعزم القوة
الميل الإزاحة الزاوية



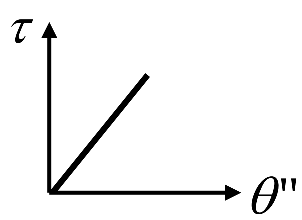
الشغل والإزاحة الزاوية
الميل عزم القوة



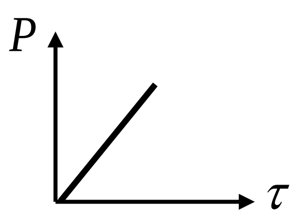
عزم القوة والقصور الذاتي
الميل العجلة الزاوية



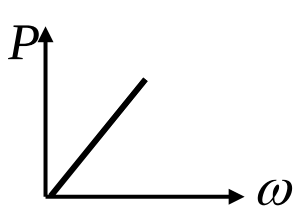
عزم القوة والعجلة الزاوية
الميل القصور الدوراني



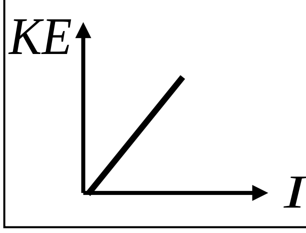
القدرة وعزم القوة
الميل السرعة الزاوية



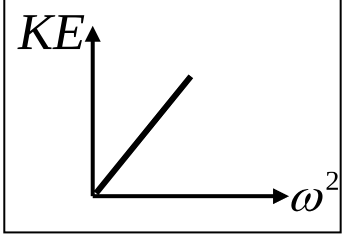
القدرة والسرعة الزاوية
الميل عزم القوة



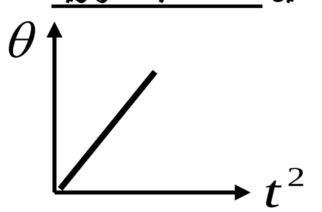
الطاقة الحركية والقصور الذاتي
الميل ½ مربع السرعة الزاوية



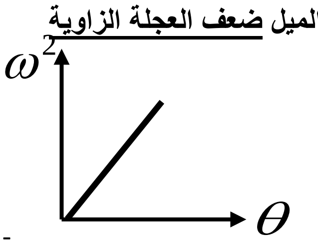
الطاقة الحركية ومربع السرعة
الميل نصف القصور الدوراني



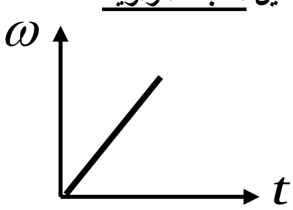
الإزاحة الزاوية ومربع الزمن لجسم يدور من السكون
الميل نصف العجلة الزاوية



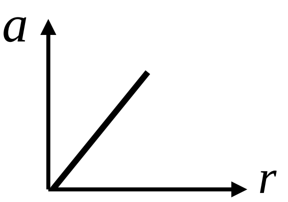
مربع السرعة الزاوية والإزاحة الزاوية لجسم يدور من السكون
الميل ضعف العجلة الزاوية



السرعة الزاوية والزمن لجسم يدور من السكون
الميل العجلة الزاوية



العجلة الخطية ونصف القطر
الميل العجلة الزاوية



مثال 1 : طبقت قوة ثابتة (40 N) مماسياً على حافة قرص قطره (200 cm) وعزم القصور الذاتي للقرص يساوي ($50\ kg.m^2$) . أحسب :

أ) عزم القوة الناتج عن القوة :

$$\boxed{r = 100\ cm = 1\ m}$$

$$\tau = F \cdot r = 40 \times 1 = 40\ N.m$$

ب) العجلة الزاوية للقرص :

$$\theta'' = \frac{\tau}{I} = \frac{40}{50} = 0.8\ rad/s^2$$

ج) السرعة الزاوية بعد (4 s) من السكون :

$$\omega = \omega_0 + \theta''\, t = 0 + 0.8 \times 4 = 3.2\ rad/s$$

د) الأزاحة الزاوية خلال هذه الفترة الزمنية :

$$\Theta = \omega_0 t + \tfrac{1}{2}\theta'' t^2 = 0 + \tfrac{1}{2} \times 0.8 \times 4^2 = 6.4\ rad$$

س) عدد اللفات خلال هذه الفترة الزمنية :

$$N = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{6.4}{2\pi} = 1\ \text{rev}$$

ص) الشغل الناتج عن عزم القوة :

$$W = \tau \cdot \theta = 40 \times 6.4 = 256\ J$$

و) الطاقة الحركية الدورانية :

$$KE = \tfrac{1}{2} I \omega^2 = \tfrac{1}{2} \times 50 \times (3.2)^2 = 256\ J$$

ي) القدرة الناتجة عن عزم قوة دورانية :

$$P = \tau \times \omega = 40 \times 3.2 = 128\ W$$

مثال 2 : يدور برغي حول محور يمر بمركز كتلته بسرعة زاوية (12 rad/s) وفي لحظة (t = 0) أثر عليه عزم ازدواج ثابت بعكس اتجاه الدوران ادي الي توقفه بعد (3 s) والقصور الذاتي الدوراني للبرغي ($0.2\ Kg.m^2$)

أ) أحسب عزم الدوران الذي أدي إلي توقفه :

$$\theta'' = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{0 - 12}{3} = -4\ rad/s^2$$

$$\tau = I.\theta'' = -4 \times 0.2 = -0.8\ N.m$$

ب) أحسب عدد الدورات التي أكملها البرغي من لحظة تأثير الازدواج حتي توقفه :

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\theta'' t^2 = 12 \times 3 + \frac{1}{2} \times -4 \times 3^2 = 18\ rad$$

$$N = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{18}{2\pi} = 2.86\ rev$$

تطبيقات علي ديناميكا الدورن

مثال 3 : ساق معدني مصمت كتلته (2 Kg) وطوله (0.5 m) يدور (10 rev/s) حول محور يمر في نقطة الوسط

إذا علمت قصوره الذاتي الدوراني يعطى بالعلاقة $I = \frac{1}{12} ML^2$ **أحسب :**

أ) الطاقة الحركية الدورانية للساق :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 10 = 62.8 \text{ rad/s}$$

$$I = \frac{1}{12} ML^2 = \frac{1}{12} \times 2 \times 0.5^2 = 0.04 \text{ Kg.m}^2$$

$$KE = \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 0.04 \times (62.8)^2 = 78.8 \text{ J}$$

ب) مقدار الطاقة الحركية الدورانية التي يطلقها الساق إذا قلت سرعته الزاوية إلي نصف ما كانت عليه :

تقل الطاقة الحركية الدورانيةالي الربع وتصبح (19.7 J)

ج) مقدار الشغل المبذول لإيقاف الساق المعدني عن الدوران :

$$W = \Delta KE = KE_f - KE_i = 0 - 78.8 = -78.8 \text{ J}$$

مثال 4 : تدور كتلة نقطية (m = 2 kg) حول محور ثابت يبعد عنها (50 cm) بتأثير محصلة عزوم قوي ثابتة بدات الكتلة حركتها من السكون واكتسبت سرعة بتردد مقداره (120 rev/min) في خلال (3.14 S) . أحسب :

أ) العجلة الزاوية :

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times \frac{120}{60} = 12.56 \text{ rad/s}$$

$$\theta'' = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{12.56 - 0}{3.14} = 4 \text{ rad/s}^2$$

ب) محصلة عزوم القوي الخارجية :

$$I = I_0 + md^2 = 0 + 2 \times 0.5^2 = 0.5 \text{ Kg.m}^2$$

$$\tau = I.\theta'' = 0.5 \times 4 = 2 \text{ N.m}$$

مثال 5 :عجلة لها قصور ذاتي (3 kg.m^2) ويزداد ترددها من (20 rev/s) إلى (40 rev/s) في ست دورات .أحسب

أ) الازاحة الزاوية :

$$\theta = 2\pi.N = 2\pi \times 6 = 37.68 \text{ rad}$$

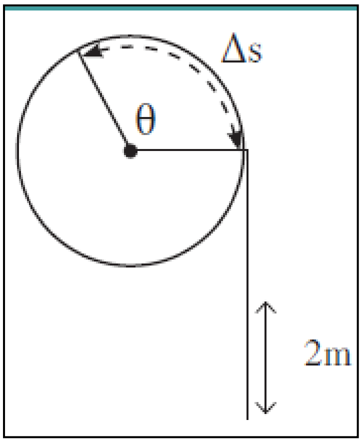
ب) عزم القوة الثابت اللازم لزيادة ترددها :

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times 20 = 40\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 40 = 80\pi \text{ rad/s}$$

$$\theta'' = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\theta} = \frac{(80\pi)^2 - (40\pi)^2}{2 \times 37.68} = 628 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau = I.\theta'' = 3 \times 628 = 1884 \text{ N.m}$$



مثال 6 : حبل ملفوف حول قرص حديدي نصف قطره (1 m) وكتلته (5 kg) وسحب الحبل بقوة ثابتة (50 N) لمسافة (2 m) إلي الأسفل . أحسب :

أ) عزم القوة اللازم لدوران القرص :

$$\tau = F.r = 50 \times 1 = 50 \text{ N.m}$$

ب) الازاحة الزاوية الناتجة عن دوران الحبل :

$$\theta = \frac{S}{r} = \frac{2}{1} = 2 \text{ rad/s}$$

ج) الشغل الناتج عن سحب الحبل :

$$W = \tau.\theta = 50 \times 2 = 100 \text{ J} \quad \Leftrightarrow \quad W = F.d = 50 \times 2 = 100 \text{ J}$$

مثال 7 : قرص مصمت كتلته (1 kg) ونصف قطره (50 cm) . حيث $\left(I = \frac{1}{2} mr^2 \right)$ وطبق عليه عزم قوة منتظمة مقداره (5 N.m) ويبدأ دورانه من سكون . أحسب :

أ) العجلة الزاوية للقرص :

$$I = \frac{1}{2} mr^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 0.5^2 = 0.125 \text{ kg.m}^2$$

$$\theta'' = \frac{\tau}{I} = \frac{5}{0.125} = 40 \text{ rad/s}^2$$

ب) القدرة التي يبذلها عزم القوة في ثانيتين :

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t = 0 + 40 \times 2 = 40 \text{ rad/s}$$

$$P = \tau.\omega = 5 \times 40 = 200 \text{ W}$$

مثال 8 : تطلق صخرة كروية الشكل قطرها (30 cm) صعوداً علي منحدر يميل علي الأفق بزاوية (15^{o}) بسرعة زاوية (40 r/s) من دون أن تنزلق . أحسب الارتفاع الذي وصلت اليه الصخرة عند توقفها . حيث $\left(I = \frac{2}{5} MR^2 \right)$

** نفترض أن كتلة الصخرة (m = 1 kg)

$$I = \frac{2}{5} MR^2 = \frac{2}{5} \times 1 \times 0.15^2 = 0.009 \text{ kg.m}^2$$

$$V = \omega.r = 40 \times 0.15 = 6 \text{ m/s}$$

$$ME_i = ME_f$$

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

$$\frac{1}{2} \times 1 \times 6^2 + \frac{1}{2} \times 0.009 \times 40^2 + 0 = 0 + 0 + 1 \times 10 \times h_f$$

$$h_f = 2.52 \text{ m}$$

الفصل الثالث : كمية الحركة الخطية

الدرس (3 - 1) : كمية الحركة و الدفع

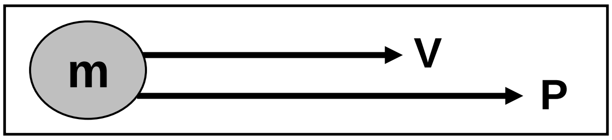
وجه المقارنة	طاقة الحركة الخطية	كمية الحركة الخطية
التعريف	**الشغل الذي يبذله الجسم بسبب حركته** **أو** **حاصل ضرب نصف الكتلة في مربع السرعة**	**القصور الذاتي للجسم المتحرك** **أو** **حاصل ضرب الكتلة في متجه السرعة**
القانون	$KE = \frac{1}{2} m . v^2$	$\vec{P} = m . \vec{v}$
وحدة القياس	$J = kg.m^2/S^2$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

** 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**

** 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 تساوي **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**

متجه الوحدة **متجه له مقدار يساوي وحدة واحدة من وحدات القياس ويشير إلي الاتجاه في الفضاء**

1- متجه الوحدة على محور x'x هو $\vec{i}$ وعلي محور y'y هو $\vec{j}$ وعلى محور z'z هو $\vec{k}$

2- الضرب النقطى (العددي) لمتجهين متعامدين ($\vec{j}.\vec{k}$ أو $\vec{i}.\vec{k}$ أو $\vec{j}.\vec{i}$) يساوى <u>صفر</u>

3- الضرب النقطى (العددي) للمتجه نفسه ($\vec{k}.\vec{k}$ أو $\vec{i}.\vec{i}$ أو $\vec{j}.\vec{j}$) يساوى <u>1</u>

** نظام مؤلف من ثلاث كتل نقطية كمية الحركة الخطية لكلٍ منهما $P_1 = 3j$ و $P_2 = 5i$ و $P_3 = -4j$

فإن كمية الحركة المتجهة للنظام تساوي $\vec{P}_T = 5\vec{i} - 1\vec{j}$

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

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

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**

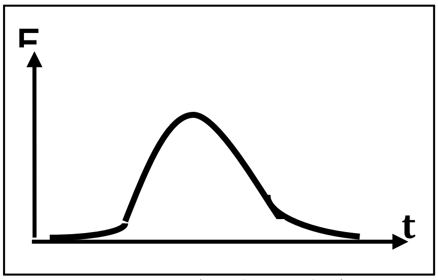
6- المساحة تحت منحني (القوة – الزمن) تمثل **الدفع عددياً**

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

9- كرة سرعتها (V) ترتد من الحائط في الاتجاة المعاكس فأن التغير في كمية الحركة (الدفع) يساوي **2mv**

10 - الدفع الذي يتلقاه جسم يتحرك حركة دائرية منتظمة بسرعة (v) عندما يكمل نصف دورة يساوى **2mv**



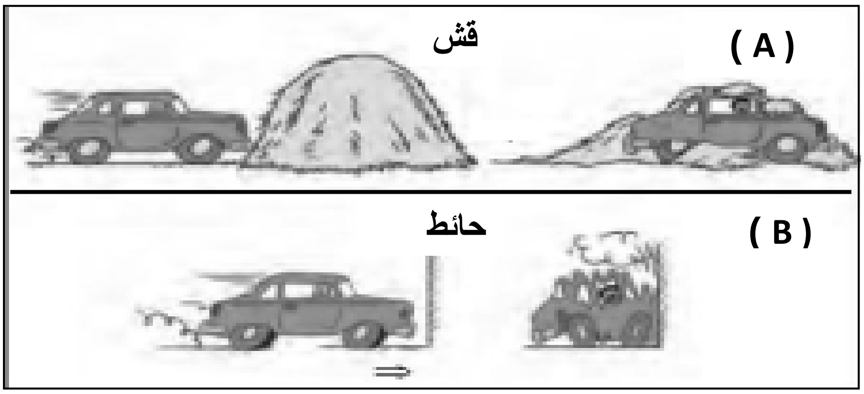
** أشرح ماذا يحدث في كرة قدم تتلقي دفع من قدم اللاعب ؟

تزداد القوة من صفر لحظة تلامس القدم بالكرة إلي 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**

1- أستنتج أن الدفع يساوي التغير في كمية حركته $\vec{I} = \Delta\vec{P}$	2- أستنتج أن قوة الدفع تساوي المعدل الزمني للتغير في كمية حركته $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$	3- استنتج أن مشتق كمية الحركة بالنسبة للزمن يساوي محصلة القوي الخارجية مستخدماً القانون الثاني لنيوتن $\sum\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$
$*\ \vec{F} = m.\vec{a}$ $*\ a = \dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$ $*\ \vec{F} = \dfrac{m.\Delta\vec{V}}{\Delta t}$ $*\ \vec{F}.\Delta t = m.\Delta\vec{V}$ $*\ \vec{I} = \Delta\vec{P}$	$*\ \vec{I} = \Delta\vec{P}$ $*\ \vec{I} = \vec{F}.\Delta t$ $*\ \Delta\vec{P} = \vec{F}.\Delta t$ $*\ \vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$	$*\sum\vec{F} = m.\vec{a}$ $*\ a = \dfrac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$ $*\sum\vec{F} = \dfrac{m.\Delta\vec{V}}{\Delta t}$ $*\sum\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

تابع كمية الحركة و الدفع



علل لما يأتي :

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

لأن التغير في كمية الحركة يتم في زمن أطول

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

لأن التغير في كمية الحركة يتم في زمن أقل

3- الدفع كمية متجهه .

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

4- كمية الحركة الخطية كمية متجهه .

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

5- التغير فى السرعة المتجهة يسبب تغير في كمية الحركة .

لان الكتلة ثابتة و تغير السرعة المتجهة يغير العجلة والقوة تغير كمية الحركة

6- إيقاف شاحنة كبيرة أصعب من ايقاف سيارة صغيرة تسير بنفس السرعة .

لأن كمية الحركة للشاحنة أكبر أو القصور الذاتي للشاحنة أكبر

7- التغير في كمية الحركة الخطية للجسم المتحرك بسرعة ثابتة المقدار و الاتجاه يساوي صفراً .

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

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

لأن زمن التغير في كمية الحركة يقل وتزداد تأثير قوة الدفع . $\vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$

9- السقوط علي أرض خشبية أقل ألماً من السقوط علي أرض إسمنتية .

لأن التغير بكمية الحركة يحدث في زمن أقل و يكون تأثير قوة الدفع أكبر في الأرض الأسمنتية

10- قوة التأثير علي كوب زجاجي عندما يسقط علي أرض صلبة أكبر منه في حالة سقوطه علي وسادة أسفنجية .

لأن التغير بكمية الحركة يحدث في زمن أقل ويكون تأثير قوة الدفع أكبر في الأرض الصلبة

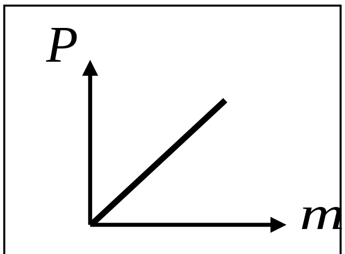
11- وجود أكياس هوائية داخل السيارات كوسائل أمان .

بسبب زيادة زمن التلامس وبالتالي يقل تأثير القوة و يقلل احتمال إصابة السائق

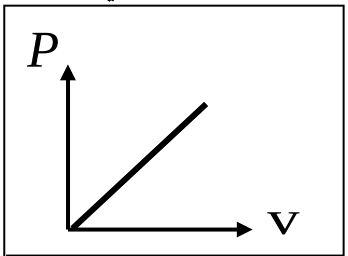
12- الدفاعات المطاطية التي تلف سيارات اللعب في مدينة الملاهي تحمي الأولاد أثناء التصادم .

لأن زمن التغير في كمية الحركة يزداد وتقل قوة التأثير

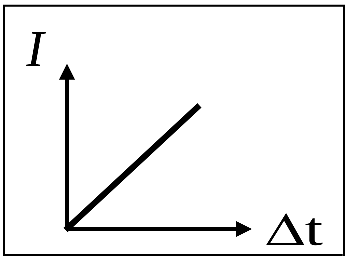
** أرسم المنحنيات أو الخطوط البيانية الدالة علي المطلوب بين العلاقات التالية :



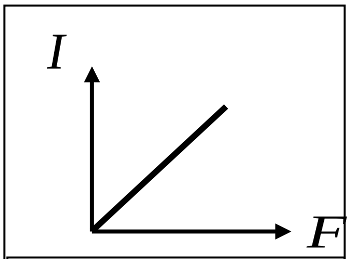
كمية الحركة وكتلة الجسم



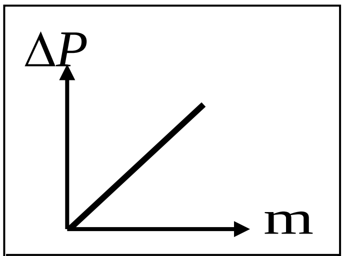
كمية الحركة ومتجه السرعة



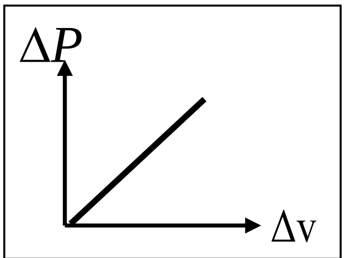
الدفع وزمن التأثير



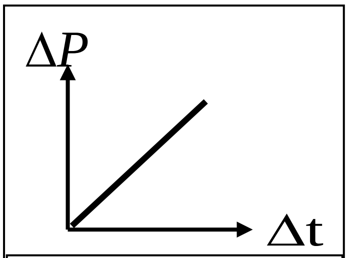
الدفع والقوة المؤثرة



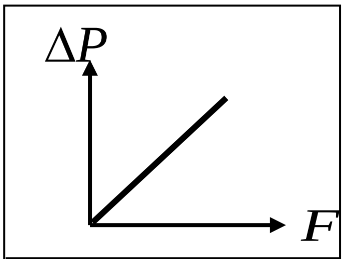
التغير في كمية الحركة
وكتلة الجسم



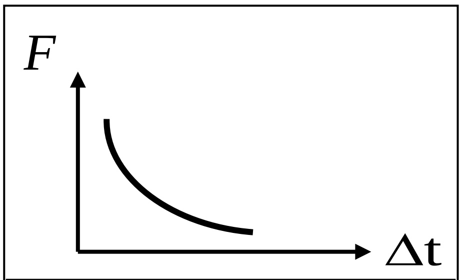
التغير في كمية الحركة
والتغير في متجه السرعة



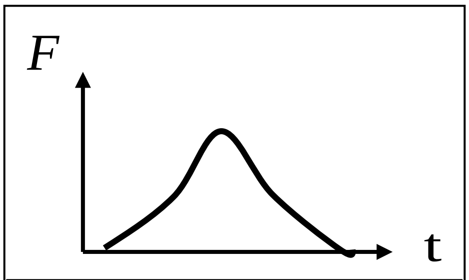
التغير في كمية الحركة
وزمن التأثير



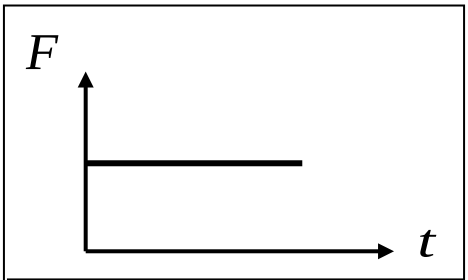
التغير في كمية الحركة
والقوة المؤثرة



القوة المؤثرة وزمن تأثيرها
عند ثبات الدفع



القوة المؤثرة وزمن تأثيرها
عند ركل لاعب لكرة قدم



متوسط القوة المؤثرة وزمن تأثيرها
أثناء الدفع

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

أ) أحسب كمية الحركة لمركز كتلة الأرض :

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

ب) هل كمية الحركة محفوظة ؟ مع تعليل إجابتك ؟

غير محفوظة بسبب تغير اتجاه الأرض أثناء الدوران

مثال 2 : كرة كتلتها (0.5 kg) اصطدمت بالأرض بسرعة (8 m/s) وارتدت بسرعة (4 m/s) فإذا أستمر الاصطدام زمن قدره (0.001S) . أحسب : أ) مقدار واتجاه القوة المؤثرة في الأرض نتيجة هذا الاصطدام :

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m.\Delta V}{\Delta t} = \frac{0.5 \times 4\vec{J} - (-8\vec{J})}{0.001} = (6000\vec{J}) \ \ N$$

القوة المؤثرة من الكرة في الأرض في الاتجاه الراسي السالب و من الأرض في الكرة في الاتجاه الراسي الموجب

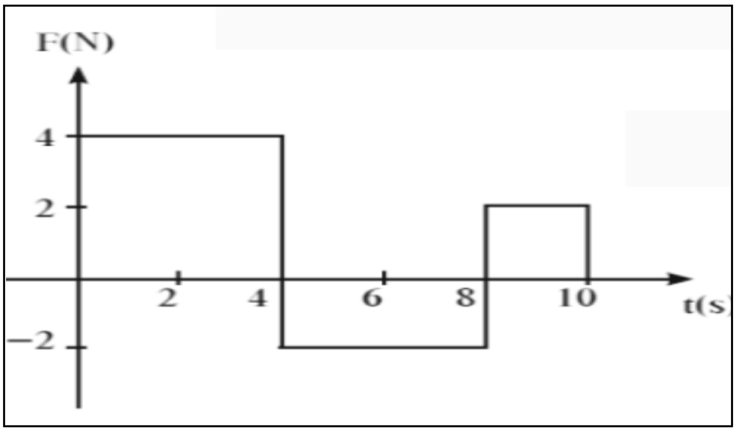
ب) الارتفاع الذي ستبلغه الكرة بعد ارتدادها من الأرض :

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

$$\frac{1}{2} \times 0.5 \times 4^2 + 0 = 0 + 0.5 \times 10 \times h_f \quad \Rightarrow \quad h_f = 0.8 \ \ m$$

تطبيقات علي كمية الحركة والدفع

مثال 3 : قوة متغيره تتمثل بالرسم البياني التالي تؤثر في جسم ساكن كتلتة (2 kg) . أحسب :



أ) الدفع عند نهاية كل مرحلة :

الدفع = مساحة المستطيل = الطول X العرض

$$I_1 = 4 \times 4 = 16 \text{ N.S}$$

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

$$I_3 = 2 \times 2 = 4 \text{ N.S}$$

ب) دفع القوة الكلي :

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

ج) سرعة الجسم عند نهاية الثانية الرابعة :

$$I_1 = m \cdot \Delta V = m(V_f - V_i) \qquad 16 = 2(V_f - 0) \qquad V_f = 8 \text{ m/s}$$

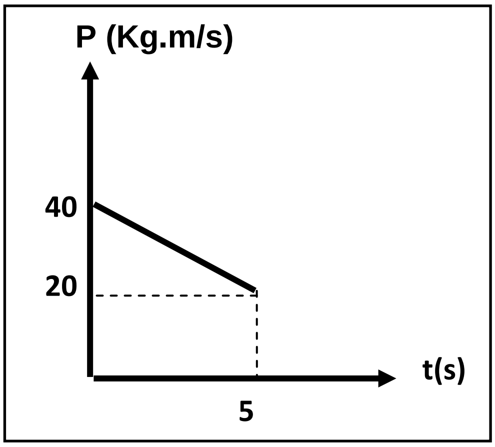
د) سرعة الجسم عند نهاية مدة التأثير :

$$I_1 = m \cdot \Delta V = m(V_f - V_i) \qquad 12 = 2(V_f - 0) \qquad V_f = 6 \text{ m/s}$$

هـ) الطاقة الحركية في نهاية مدة التاثير :

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

مثال 4 : الخط البياني الموضح بالشكل يبين التغير في كمية الحركة لجسم كتلته (2 kg) يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس . أحسب :



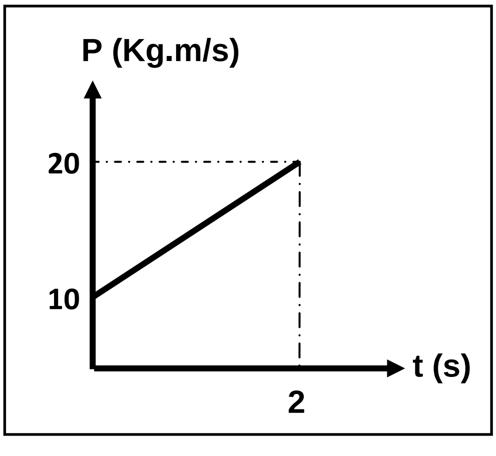
أ) الدفع الذي تلقاه الجسم :

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

ب) مقدار متوسط القوة المؤثرة عليه :

$$I = F \cdot \Delta t \qquad -20 = F \times 5 \qquad F = -4 \text{ N}$$

مثال 5 : الخط البياني الموضح بالشكل يبين التغير في كمية الحركة لجسم كتلته (2 Kg) يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس . أحسب :

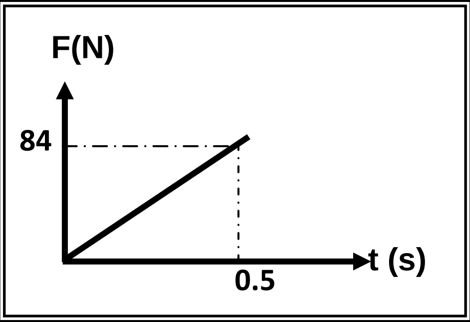


أ) الدفع الذي تلقاه الجسم :

$$I = \Delta P = P_f - P_i = 20 - 10 = 10 \text{ N.S}$$

ب) مقدار التغير في سرعة الجسم :

$$I = m \cdot \Delta V \qquad 10 = 2 \times \Delta V \qquad \Delta V = 5 \text{ m/s}$$



مثال 6 : أثرت قوة متغيرة بانتظام علي جسم ساكن كتله (3 Kg) . أحسب :

أ) مقدار التغير في كمية حركة الجسم :

$$\Delta P = I = \tfrac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع} = \tfrac{1}{2} \times 0.5 \times 84 = 21\ N.S$$

ب) مقدار التغير في سرعة الجسم :

$$\Delta P = m \,.\, \Delta V \qquad 21 = 3 \times \Delta V \qquad \Delta V = 7\ m/s$$

مثال 7 : 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) . أحسب :

أ) كمية الحركة الابتدائية :

$$P_i = m\, v_i = 4 \times 10 = 40\ kg.m/s$$

ب) كمية الحركة النهائية :

$$P_f = m\, v_f = 4 \times 8 = 32\ Kg.m/s$$

ج) الدفع الذي تلقاه الجسم :

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

د) مقدار متوسط القوة المؤثرة :

$$I = F \,.\, \Delta t \qquad -8 = F \times 2 \qquad F = -4\ N$$

مثال 8 : 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 . أحسب :

أ) الدفع الناشئ عن التصادم :

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

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

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

مثال 9 : سقطت كرة كتلتها (2 Kg) من السكون من ارتفاع (10 m) عن سطح الأرض في غياب قوة الاحتكاك .

أ) احسب سرعة لحظة اصطدامها بسطح الأرض :

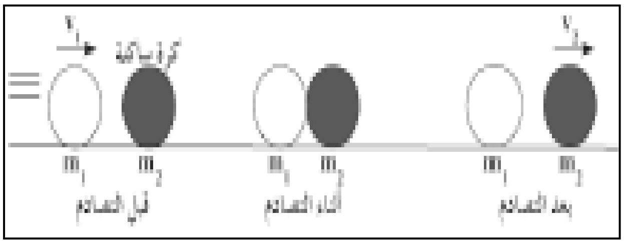
$$ME_i = ME_f \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} m V_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2} m V_f^2 + mgh_f$$

$$0 + 2 \times 10 \times 10 = \frac{1}{2} \times 10 \times V_f^2 + 0 \quad \Rightarrow \quad V_f = 6.32\ m/s$$

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

$$I = m \,.\, \Delta V = m\,(V_f - V_i) = 2 \times \left\{ (2\vec{J}\,) - (-6.32\vec{J}\,) \right\} = (16.64\,\vec{J}\,)\ N.S$$

الدرس (3 - 2) : حفظ كمية الحركة والتصادمات



** في الشكل كرة بلياردو ساكنة (A) علي 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) هل كمية الحركة التي اكتسبتها الكرة (A) تساوي في المقدار كمية الحركة التي خسرتها الكرة (B) : **نعم**

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 علي المقعد الخلفي لا تحدث تغييرا في كمية حركة السيارة.

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

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

2- كمية الحركة هي كمية محفوظة في النظام المعزول .

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

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 علي 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 علي زلاجة في حالة سكون وأحمل جسما له كتلة ما ثم اقذف بالجسم إلي الأمام أو إلي الخلف .

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

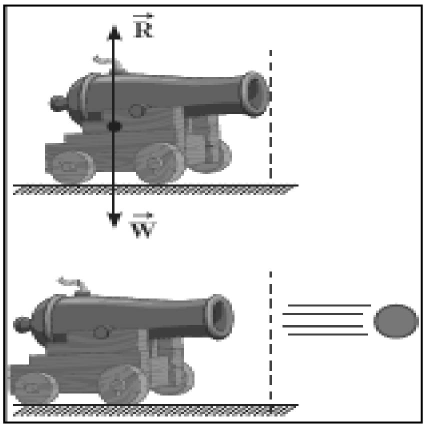
ب) ماذا تستنتج : **كمية حركة الجسم المقذوف تساوي كمية حركة الجسم المرتد و محصلة كمية الحركة تساوي صفر**

سرعة ارتداد المدفع :

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

** القوة التي تؤثر في القذيفة لدفعها إلي الأمام **تساوي** قوة ارتداد المدفع إلي الخلف و **تعاكسها** في الاتجاه

** إذا تدافع جسمان كتلة الأول (m) وكتلة الثاني (3m) على سطح أملس فأن : $\Delta P_2 = -\Delta P_1$



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

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

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

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

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

علل لما يأتي :

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

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

2- سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة .

لأن كتلة المدفع أكبر من كتلة القذيفة وكمية الحركة للنظام محفوظة (ΔP = 0)

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

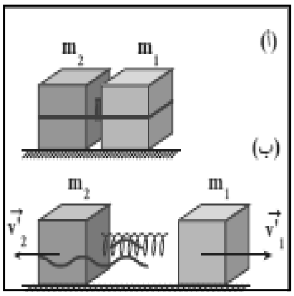
بحسب القانون الثالث لنيوتن لكل فعل له رد فعل مساوي له في المقدار و معاكس له بالاتجاه

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

لان قوة الغاز علي القذيفة و المدفع قوي داخلية و بالتالي محصلة القوي الخارجية تساوي صفر $\sum\vec{F}_{ext}=0$

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

لأن النظام في حالة سكون قبل الانفجار وكمية الحركة محفوظة وسرعة مركز الثقل تساوي صفر



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

أ) هل كمية حركة النظام محفوظة ؟ علل أجابتك :

نعم لأن محصلة القوي الخارجية تساوي صفر

ب) أحسب السرعة المتجهة (V_2') مقداراً واتجاهاً :

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

$$1\times1.8\vec{i}=-2\times v'_2 \quad \Rightarrow \quad v'_2=(-0.9\vec{i})\ \ m/s$$

في اتجاه المحور الأفقي السالب

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

$$m_1v_1'=-m_2v_2'$$

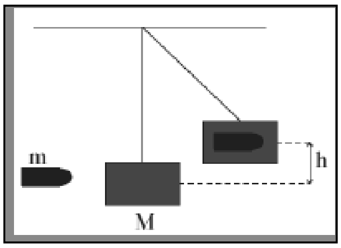
$$76\times2.5=-45\times v_2' \quad \Rightarrow \quad v_2'=(-4.2)\ \ m/s$$

تابع حفظ كمية الحركة والتصادمات

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

وجه المقارنة	التصادم المرن (تام المرونة)	التصادم اللامرن (اللامرن كلياً)
مثال	**تصادم الجزئيات والذرات**	**تصادم السيارات**
التعريف	**تصادم تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة ولا ينتج تشوه ولا يولد حرارة**	التصادم اللامرن : **تصادم تكون الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة و يتحول جزء لحرارة ويحدث تشوه** التصادم اللامرن كلياً : **تصادم يلتحم فيه الجسمان معاً و يتحركان بسرعة واحدة**
حفظ طاقة الحركة	**محفوظة**	**غير محفوظة**
معادلة طاقة الحركة	$KE_i = KE_f$ $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2$	$\Delta KE = KE_f - KE_i$ $= \left[\frac{1}{2}(m_1+m_2)v'^2\right] - \left[\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2\right]$
حفظ كمية الحركة	**محفوظة**	**محفوظة**
معادلة كمية الحركة	$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v'_2$	$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1+m_2)v'$
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**
حساب سرعة الجسمين بعد التصادم	سرعة الجسم الأول : $v'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1-m_2)v_1}{(m_1+m_2)}$ سرعة الجسم الثاني : $v'_2 = \frac{2m_1v_1 - (m_1-m_2)v_2}{(m_1+m_2)}$	سرعة الجسمين معاً : $v' = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{(m_1+m_2)}$

البندول القذفي | **جهاز يستخدم لقياس سرعة القذائف السريعة**



** يقوم مبدأ عمل البندول القذفي علي **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 و يتحول جزء منها لحرارة و يحدث تشوه

3- تصادم كرتين من المطاط يعتبر تصادماً مرناً .

لأن الطاقة الحركية للنظام تكون محفوظة و لا ينتج تشوه و لا يولد حرارة

**** إذا كان الجسم الأول ساكنا قبل التصادم أي ($v_1 = 0$) فأن :**

أ) سرعة الجسم الأول بعد التصادم تحسب من العلاقة : $v'_1 = \frac{2m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}$

ب) سرعة الجسم الثاني بعد التصادم تحسب من العلاقة : $v'_2 = \frac{-(m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{(m_2 - m_1)v_2}{(m_1 + m_2)}$

**** إذا كان الجسم الثاني ساكنا قبل التصادم أي ($v_2 = 0$) فأن :**

أ) سرعة الجسم الأول بعد التصادم تحسب من العلاقة : $v'_1 = \frac{2m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}$

ب) سرعة الجسم الثاني بعد التصادم تحسب من العلاقة : $v'_2 = \frac{2m_1 v_1}{(m_1 + m_2)}$

**** إذا كانت الكتلة المتحركة (m_1) أكبر من الكتلة الساكنة (m_2) ستتحرك الكتلتان بعد التصادم باتجاه** $\underline{\vec{v}_1}$

**** إذا كانت الكتلة المتحركة (m_1) اصغر من الكتلة الساكنة (m_2) سترتد الكتلة (m_1) باتجاه عكس** $\underline{\vec{v}_1}$

فيما تتحرك الكتلة (m_2) باتجاه $\underline{\vec{v}_1}$

**** إذا كانت ($m_1 = m_2$) والكتلة الثانية ساكنة نجد أن الكتلة الأولي بعد التصادم تصبح ساكنة**

فيما تتحرك الكتلة الثانية بسرعة متجهة تساوي سرعة الكتلة الأولي $\underline{\vec{v}_1}$

وبالتالي نستنج أن كمية الحركة انتقلت كليا من الكتلة الأولي إلي الكتلة الثانية

**** القوي الداخلية في النظام نتيجة التفاعل بين مكونات النظام**

**** تدافع صديقان عندما كانا في صالة التزلج فتحركا في اتجاهين متعاكسين وكانت كتلة احدهما (50 kg) وتحرك بسرعة (3 m/s) وكتلة الأخر (75 kg) وتحرك بسرعة (2 m/s) فان التغير في كميه حركة الصديقين معاً صفر**

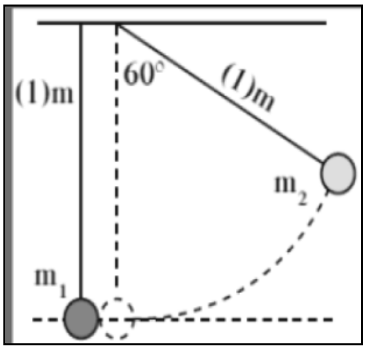
تطبيقات علي حفظ كمية الحركة والتصادمات

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

أ) سرعة السمكة الكبيرة بعد ابتلاعها السمكة الصغيرة :

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{5\times1+1\times0}{5+1} = 0.83\ \ m/s$$

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



$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{5\times1+1\times-4}{5+1} = 0.16\ \ m/s$$

مثال 2 : كرتان كتله الأولي (m_1 = 200 g) وكتلة الثانية (m_2 = 400 g) معلقتان ومتزنتان بخيطيين 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 . أحسب : أ) سرعة الكرة (m_2) قبل لحظة التصادم

$$v_2 = \sqrt{2gL(1\text{-}\cos\theta)} = \sqrt{2\times10\times1\times(1-\cos 60)} = 3.16\ m/s$$

ب) سرعة الكرتين بعد التصادم بافتراض أن التصادم مرن :

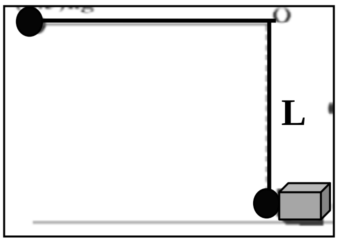
$$v'_1 = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{2\times0.4\times3.16+0}{(0.2+0.4)} = 4.21\ \ m/s$$

$$v'_2 = \frac{2m_1 v_1 - (m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0-(0.2-0.4)\times3.16}{(0.2+0.4)} = -1\ \ m/s$$

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

$$ME_i = ME_f \ \Rightarrow\ \frac{1}{2}m_1 V_1'^2 = m_1 g h_1 \Rightarrow \frac{1}{2}\times 4.21^2 = 10\times h_1 \Rightarrow h_1 = 0.88\,m$$

$$ME_i = ME_f \ \Rightarrow\ \frac{1}{2}m_2 V_2'^2 = m_2 g h_2 \Rightarrow \frac{1}{2}\times 1^2 = 10\times h_2 \Rightarrow h_2 = 0.05\ \ m$$



مثال 3 : 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 ليصحب الحبل أفقيا مشدوداً وتركت لتتحرك من السكون لتصطدم تصادما مرناً بمكعب حديدي ساكن كتلته (5 kg) . أحسب : أ) سرعة الكرة قبل لحظة أصطدامها بالمكعب :

$$v_2 = \sqrt{2gL(1\text{-}\cos\theta)} = \sqrt{2\times10\times1\times(1-\cos 90)} = 4.47\ m/s$$

ب) أحسب سرعة الكرة والمكعب مباشرة بعد التصادم :

$$v'_1 = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{0+(2.5-5)\times4.47}{(2.5+5)} = \text{-}1.49\ \ m/s$$

$$v'_2 = \frac{2m_1 v_1 - (m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{2\times5\times4.47-0}{(2.5+5)} = 5.96\ \ m/s$$

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) . أحسب :

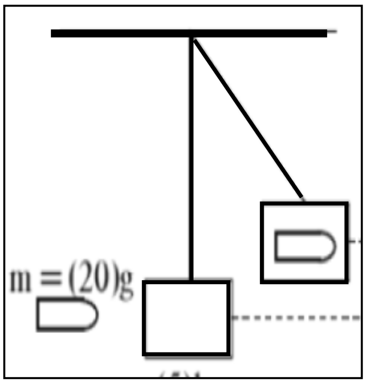
أ) سرعة النظام بعد التصادم :

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0.5 \times 4 + 0.25 \times 3}{0.5 + 0.25} = 3.67 \ \ m/s$$

ب) أحسب مقدار التغير في مقدار الطاقة الحركية :

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

$$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} \times 0.75 \times 3.67^2\right] - \left[\frac{1}{2} \times 0.5 \times 4^2 + \frac{1}{2} \times 0.25 \times 3^2\right] = 0.125 \ \ J$$



مثال 5 : أطلقت رصاصة كتلتها (20 g) علي بندول قذفي ساكن كتلته (5 kg) فارتفع مسافة (10 cm) عن المستوي الأفقي بعدما انغزرت الرصاصة في داخله . أحسب :

أ) سرعة جملة الجسيمين معاً :

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

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

ب) سرعة الرصاصة عند أطلاقها :

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} \quad \Rightarrow \quad \sqrt{2} = \frac{0.02 \times V_1 + 0}{0.02 + 5} \quad \Rightarrow \quad V_1 \approx 355 \, m/s$$

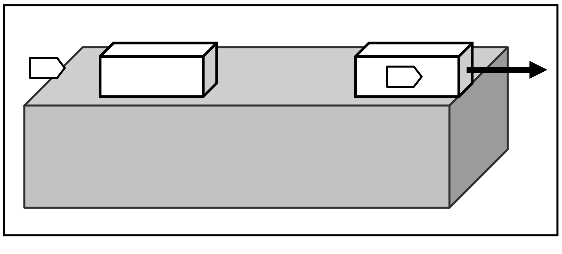
ج) الفقد في طاقة الحركة (الطاقة المبددة) :

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

$$\Delta KE = \left[\frac{1}{2} \times 5.02 \times (\sqrt{2})^2\right] - \left[\frac{1}{2} \times 0.2 \times 355^2 + 0\right] = 12597.5 \ \ J$$

د) حدد نوع التصادم . مع ذكر السبب :

تصادم لأمرن كليا لأن الجسمان يتحركان كجسم واحد و بسرعة واحدة



مثال 6 : 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 .

أحسب سرعة النظام المؤلف من الكتلتين بعد التصادم :

$$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{0.2 \times 140 + 0}{0.2 + 6.5} = 4.17 \, m/s$$

العلاقات الرياضية المستخدمة في المنهج

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

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

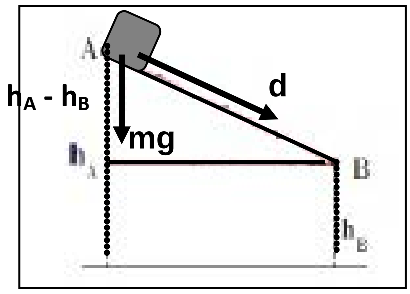
قوانين الحركة الدورانية (الحركة الزاوية)	
الإزاحة في الحركة الدورانية	$\theta = \frac{S}{r} = 2\pi.N$
السرعة في الحركة الدورانية	$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
العجلة في الحركة الدورانية	$\theta'' = \frac{a}{r} = \frac{\tau}{I} = \frac{\omega - \omega_0}{t} = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\theta}$
عزم القوة في الحركة الدورانية	$\tau = I . \theta'' = F . r$
الشغل في الحركة الدورانية	$W = \tau . \theta$
طاقة الحركة في الحركة الدورانية	$KE = \frac{1}{2} I \omega^2$
القدرة في الحركة الدورانية	$P = \tau . \omega$
معادلات الحركة الدورانية	$\omega = \omega_0 + \theta'' t$ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\theta''\theta$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$

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	$v'_1 = \frac{2m_2 v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)}$ $v'_2 = \frac{2m_1 v_1 - (m_1 - m_2)v_2}{(m_1 + m_2)}$	$v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}$

الاستنتاجات في المنهج

1- الشغل الناتج عن وزن الجسم لا يرتبط بالمسار بين النقطتين و لكن بمقدار الإزاحة الرأسية بين النقطتين .



$$*W = F.d$$

$$*\mathrm{W} = \mathrm{mg\ d} \cos\theta$$

$$*\mathrm{W} = \mathrm{mg\ d}\ (\frac{h_A - h_B}{d})$$

$$*W = mg(h_A - h_B) = mgh$$

2- الشغل الناتج عن محصلة القوة الخارجية المؤثرة في الجسم يساوي التغير في طاقته الحركية .

$$*W = F.d$$

$$*W = m.a.d$$

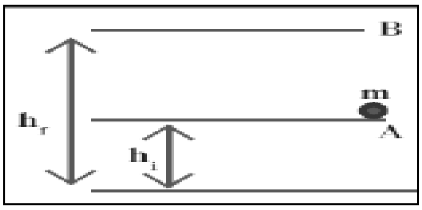
$$*V_f^2 = V_i^2 + 2ad$$

$$*\frac{1}{2} mV_f^2 = \frac{1}{2} mV_i^2 + mad$$

$$*\mathrm{mad} = \frac{1}{2}\mathrm{m.V_f^2} - \frac{1}{2}\mathrm{m.V_i^2}$$

$$*\mathrm{W} = \mathrm{KE_f} - \mathrm{KE_i} = \Delta\mathrm{KE}$$

3- الشغل المبذول علي الجسم لرفعه إلي نقطة ما يساوي معكوس التغير في الطاقة الكامنة له عند هذه النقطة .



$$*W = \mathrm{-mgh}$$

$$*\Delta\mathrm{PE} = \mathrm{PE_f} - \mathrm{PE_i}$$

$$*\Delta\mathrm{PE} = \mathrm{mgh_f} - \mathrm{mgh_i}$$

$$*\Delta\mathrm{PE} = \mathrm{mg(h_f} - \mathrm{h_i}) = \mathrm{mgh}$$

$$*W = -\Delta\mathrm{PE}$$

4- التغير في الطاقة الكامنة يساوى معكوس التغير في الطاقة الحركية في الأنظمة المعزولة بإهمال الاحتكاك مع الهواء .

$$*\Delta\mathrm{ME} = 0$$

$$*\mathrm{ME_i} = \mathrm{ME_f}$$

$$*\mathrm{KE_i} + \mathrm{PE_i} = \mathrm{KE_f} + \mathrm{PE_f}$$

$$*\mathrm{PE_f} - \mathrm{PE_i} = \mathrm{KE_i} - \mathrm{KE_f}$$

$$*\Delta\mathrm{PE} = -\Delta\mathrm{KE}$$

5- التغير في الطاقة الميكانيكية في نظام معزول يساوى الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك المؤثرة .

$$*\Delta\mathrm{E} = \Delta\mathrm{ME} + \Delta\mathrm{U} = 0$$

$$*\Delta\mathrm{ME} = -\Delta\mathrm{U}$$

$$*\mathrm{W} = \Delta\mathrm{U}$$

$$*\Delta\mathrm{ME} = -\mathrm{W_f} = -\mathrm{f.d}$$

6- الطاقة الميكانيكية للنظام محفوظة في البندول البسيط في غياب الاحتكاك .

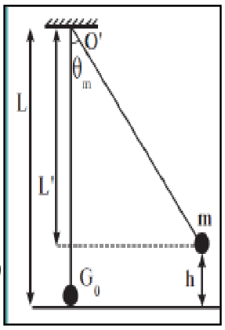
$$*\mathrm{h} = \mathrm{L} - \mathrm{L'}$$

$$*\mathrm{h} = \mathrm{L} - \mathrm{L}\cos\theta = L(1 - \cos\theta)$$

$$*\mathrm{PE} = mgh = \mathrm{mg}L(1 - \cos\theta)$$

$$*\mathrm{ME} = KE + \mathrm{PE} =$$

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



7- الشغل الناتج عن عزم قوة منتظمة

$$*W = F.S$$
$$*S = \theta.r$$
$$*W = F.\theta.r$$
$$*\tau = F.r$$
$$*W = \tau.\theta$$

8- الطاقة الحركية الدورانية

$$*KE = \frac{1}{2}mV^2$$
$$*V = \omega r$$
$$*KE = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2$$
$$*I = mr^2$$
$$*KE = \frac{1}{2}I\omega^2$$

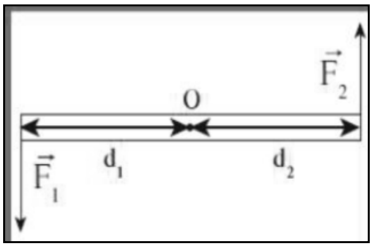
9- القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية

$$*\vec{F} = m.\vec{a}$$
$$*\vec{a} = \theta''.r$$
$$*\vec{F} = m.\theta''.r$$
$$*\vec{F}.r = m.\theta''.r^2$$
$$*I = mr^2$$
$$*\vec{\tau} = I.\theta''$$

10- القدرة الناتجة عن عزم قوة دورانية

$$*P = \frac{\Delta w}{\Delta t}$$
$$*W = \tau.\theta$$
$$*P = \frac{\Delta(\tau.\theta)}{\Delta t}$$
$$*\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$
$$*P = \tau.\omega$$

11- عزم الازدواج يساوي حاصل ضرب مقدار أحدي القوتين بالمسافة العمودية بينهما .



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

12- قوة الدفع المؤثرة علي جسم ما تساوي المعدل الزمني للتغير في كمية الحركة .

$$*\vec{I} = \Delta\vec{P}$$
$$*\vec{I} = \vec{F}.\Delta t$$
$$*\Delta\vec{P} = \vec{F}.\Delta t$$
$$*\vec{F} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$$

13- مشتق كمية الحركة بالنسبة إلى الزمن يساوى محصلة القوى الخارجية المؤثرة مستخدما القانون الثاني لنيوتن .

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

14- سرعة الانطلاق و سرعة الارتداد متعاكستان في الاتجاه بإهمال كمية حركة الغاز الناتج عن الانفجار بالنسبة للقذيفة

$$*\Delta\vec{P} = 0$$
$$*\vec{P}_i = \vec{P}_f$$
$$*m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$$
$$*0 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$$
$$*m_1\vec{v}'_1 = -m_2\vec{v}'_2$$