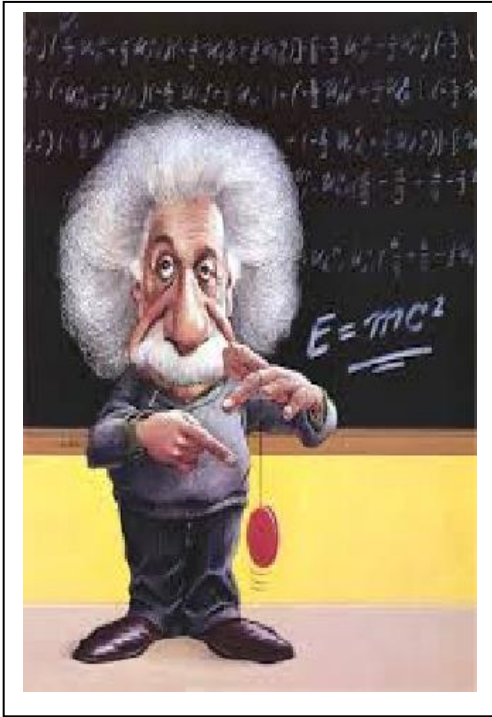


وزارة التربية
منطقة العاصمة التعليمية
ثانوية جاسم الخرافي

2017 /2016

الفيزياء



اعداد / محمد نبيل

..... / أسم الطالب

..... / الصف

الصف الثاني عشر

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الأول : الطاقة

الدرس 1 - 1 : الشغل

الطاقة :

امكانية انجاز شغل .

الشغل :

عملية تقوم فيها قوة مؤثرة بأزاحة جسم في اتجاهها .
حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة والازاحة .

- لذلك اذا دفع عامل صندوق من دون تحريكه فانه يجهد نفسه دون بذل شغل لأن الازاحة تساوي صفر
- عند حملك حقيبة ثقيلة دون تحريكها فانك لا تبذل شغل.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

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

W	الشغل	====>	J
F	القوة	====>	N
d	الأزاحة	====>	m
θ	الزاوية بين القوة والازاحة	====>	درجة

الجول :

هو الشغل الذي تبذله قوة مقدارها 1 N تحرك الجسم في اتجاهها مسافة واحد متر.

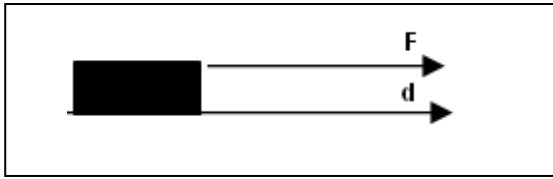
العوامل التي تتوقف عليها مقدار الشغل :

- 1- القوة
- 2- الأزاحة
- 3- الزاوية بين القوة و الازاحة .

س: ما المقصود أن الشغل المبدول علي جسم يساوي 100 J

اي أنه اذا اثرت علي الجسم قوة مقدارها 100 N تسبب للجسم ازاحة مقدارها 1 M في اتجاهها .

حالات تغير الزاوية بين القوة والازاحة :

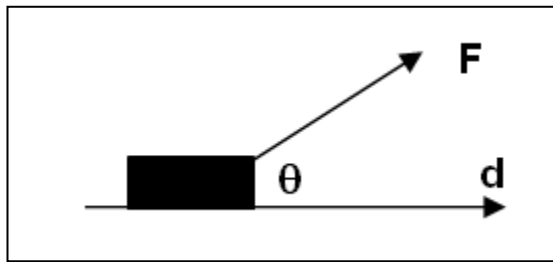


1- اذا كانت القوة والازاحة في نفس الاتجاه :

$$\theta = \text{zero} \quad \cos(0) = 1$$

$$W = Fd$$

تكون أكبر قيمة للشغل
الشغل = قيمة موجبة

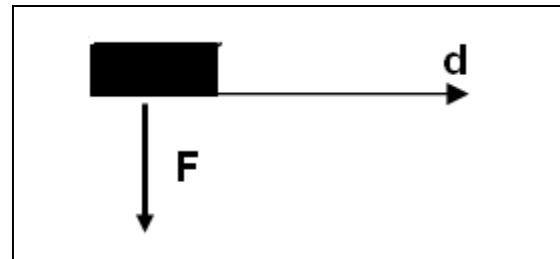


2- اذا كانت الزاوية بين القوة والازاحة $0 < \theta < 90^\circ$

$$\cos\theta = +$$

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

تكون قيمة الشغل موجبة

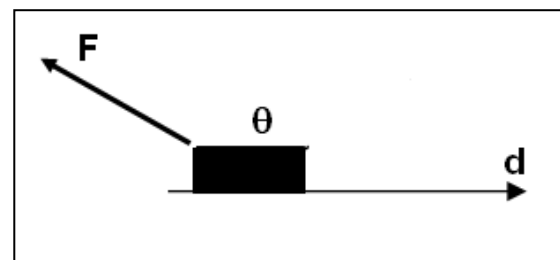


3- اذا كانت القوة عمودية علي اتجاه الأزاحة $\theta = 90^\circ$

$$\theta = 90 \quad \cos(90) = \text{zero}$$

$$w = \text{zero}$$

تتعدم قيمة الشغل

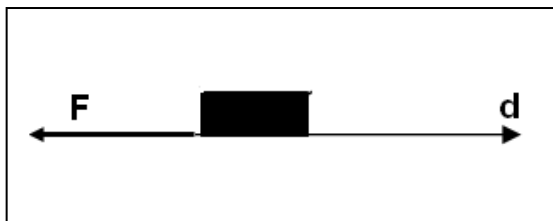


4- اذا كانت الزاوية بين القوة والازاحة $90 < \theta < 180^\circ$

$$\cos\theta = -$$

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

تكون قيمة الشغل سالب



5- اذا كانت القوة اتجاهها معاكس لاتجاه الازاحة .

$$\theta = 180^\circ \quad \cos(180) = -1$$

$$W = - Fd$$

الشغل = قيمة سالبة

ملاحظات :

1- الشغل كمية عددية و ليس كمية متجهة , لانه حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة والازاحة .

2- يقاس الشغل بوحدة قياس تسمى الجول J وهي تكافئ N.M

3- الشغل بمفهومه الفيزيائي لا يعني بذل الجهد أو التعب .

4- اكبر قيمة للشغل عندما تكون القوة نفس اتجاه الازاحة .

$$W = Fd \quad \theta = \text{zero} \quad \cos(0) = 1$$

الشغل = قيمة موجبة تكون أكبر قيمة للشغل

5- تنعدم قيمة الشغل عندما تكون الزاوية بين القوة والازاحة 90°

$$w = \text{zero} \quad \theta = 90 \quad \cos(90) = \text{zero}$$

مثال : الشغل المبذول من وزن السيارة عندما تتحرك علي طريق أفقي يساوي صفر.
- الشغل المبذول من الوزن عند حمل حقيبة ثقيلة والتحرك بها علي مسار أفقي يساوي صفر.

6- يكون الشغل قيمة سالبة عندما تكون الزاوية بين القوة و الازاحة 180°

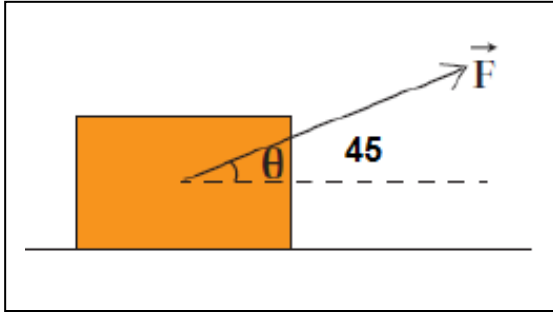
$$W = - Fd$$

لذلك يكون شغل قوة الاحتكاك دائما سالب . لان قوة الاحتكاك تعمل دائما عكس اتجاه الحركة

7- اذا كان الشغل قيمة موجبة يسمى شغل منتج او شغل منجز او شغل مفيد
واذا كان الشغل ينتج عنه حركة تزداد سرعة الجسم .

8- اذا كان الشغل قيمة سالبة يسمى شغل معيق او شغل مقاوم
واذا كان الشغل ينتج عنه حركة تقل سرعة الجسم .

مثال - صندوق خشبي موضوع علي مستوي افقي ينزلق مسافة 5 M بالاتجاه الموجب للمحور الأفقي أحسب الشغل الناتج عن كل من القوي التالية وحدد اذا كان الشغل منتج ام مقاوم .
1- قوة $F_1 = 10 \text{ N}$ منتظمة تصنع زاوية مقدارها 45° مع المحور الأفقي كما بالرسم .

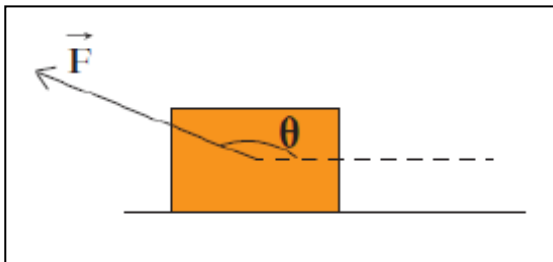


$$W = F d \cos \theta$$

$$W = (10) (5) \cos(45)$$

$$W = + 35.35 \text{ J}$$

2- قوة $F_2 = 15 \text{ N}$ منتظمة تصنع زاوية مقدارها 120° مع المحور الأفقي كما بالرسم .



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

$$W = (15) (5) \cos(120)$$

$$W = -37.5 \text{ J}$$

مثال $\frac{1}{20}$ الهامش : قوتان تعملان علي صندوق , وضع فوق سطح أفقي أملس لينزلق مسافة 2.5 M , F_1 قوة منتظمة مقدارها 10 N و تصنع زاوية مقدارها 30° , و F_2 مقدارها 7 N و تصنع زاوية 150° أحسب الشغل الناتج و حدد نوعه .

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

$$W = (10) (2.5) \cos(30) = + 21.65 \text{ J}$$

الشغل مساعد - منجز - منتج

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

$$W = (7) (2.5) \cos(150) = - 15 \text{ J}$$

الشغل معيق - مقاوم

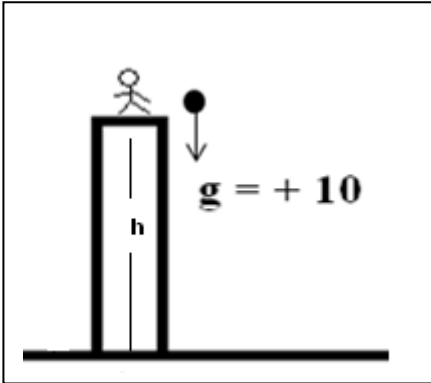
مثال $\frac{2}{20}$ الهامش : يدفع شخص عربة بقوة 45 N تصنع زاوية 40° مع المحور الأفقي أحسب الشغل الناتج عن القوة اذا دفعت العربة مسافة 15 M .

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

$$W = (45) (15) \cos(40) = + 517 \text{ J}$$

الشغل المبذول من وزن الجسم عندما يتحرك الجسم في

مجال الجاذبية الأرضية : (في مسار رأسي)



$$W = F d$$

$$F = mg \quad , \quad d = h$$

$$W = mgh$$

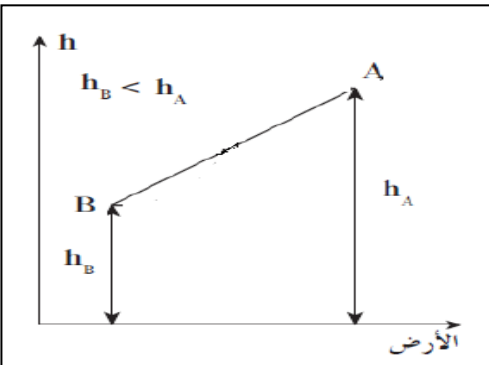
W
m
h
g

الشغل
الكتلة
الارتفاع
عجلة الجاذبية
الأرضية

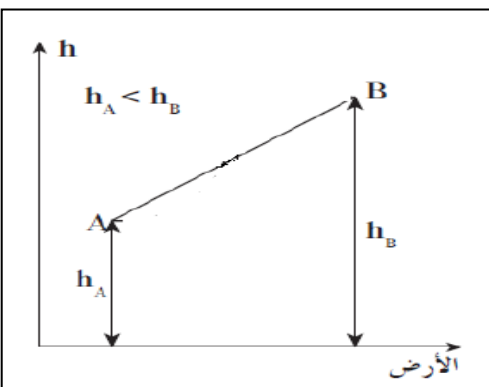
====>
====>
====>
====>

J
kg
m
10 m/s²

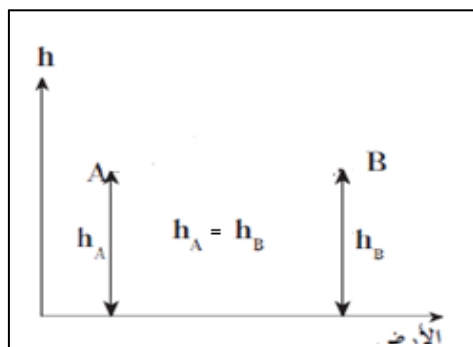
ملاحظات :



1- عندما يتحرك الجسم الي نقطة ادني من موضوعة
الابتدائي $h_B < h_A$. يكون الشغل الناتج عن الوزن موجب

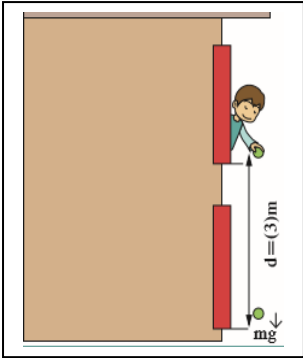


2- عندما يتحرك الجسم الي نقطة اعلي من موضوعة
الابتدائي $h_B > h_A$. يكون الشغل الناتج عن الوزن سالب



3- اذا تحرك الجسم بين نقتطين علي المستوي الرأسي
نفسه , فإن الشغل المبذول من الوزن يساوي صفر .

مثال $\frac{1}{17}$: يحمل الولد في الشكل كرة كتلتها 1.5 Kg خارج نافذة غرفته التي ترتفع عن الأرض 6 m
أ- ما هو مقدار الشغل المبذول علي الكرة نتيجة أمسك الولد لها



$$w = \text{zero}$$

عند امسك الولد للكرة

$$m = 1.5 \text{ kg}$$

لان الازاحة تساوي صفر

ب- أفلت الولد الكرة لتسقط , ما هو مقدار الشغل الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية اذا تحركت مسافة 3 m .

$$w = m g h$$

$$w = (1.5) (10) (3) = 45 \text{ J}$$

ج - ما هو مقدار الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك مع الهواء خلال سقوط الكرة 3 m علما ان مقدار قوة الاحتكاك 1 N .

$$F = 1 \text{ N} \quad ,,, \quad d = h = 3 \text{ m}$$

$$w = - F d$$

$$w = - (1) (3) = - 3 \text{ J}$$

د - أحسب الشغل الكلي المبذول علي الكرة نتيجة القوى المؤثرة فيها .

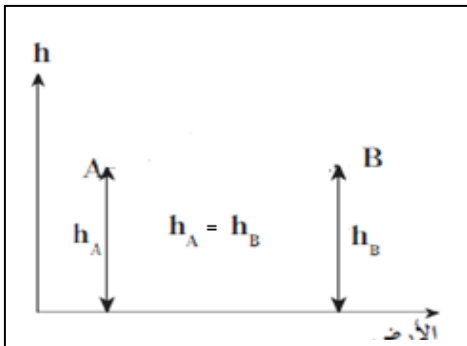
$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 45 + (-3) = 42 \text{ J}$$

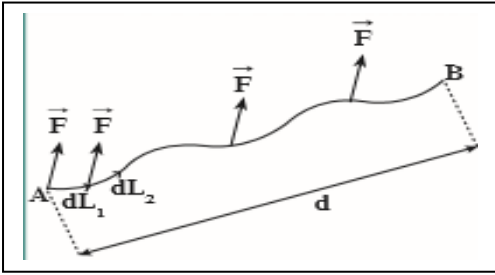
حالات ينعدم عندها مقدار قيمة الشغل :

- 1- اذا تحرك الجسم بسرعة منتظمة قان العجلة التي يتحرك بها تساوي صفر وبالتالي تصبح القوة المؤثرة علي الجسم مقدارها يساوي صفر (قوة متزنة) وبالتالي ينعدم قيمة الشغل .
- 2- اذا كانت الازاحة تساوي صفر , اذا اثرت القوة علي الجسم ولم تسبب له ازاحة .
مثلا عند دفع عامل لصندوق ضخم ولم يستع تحريكه
او عند حمل طالب لحقيبة مدرسية ثقيلة ولم يتحرك بها .
- 3- اذا تحرك الجسم علي مسار مغلق فإن ازاحة الجسم تساوي صفر وبالتالي يصبح الشغل مساوي صفر .
- 4- اذا كانت الزاوية بين القوة والازاحة تساوي 90° يصبح الشغل مساوي صفر
مثلا الشغل المبذول من وزن سيارة عندما تتحرك علي مسار أفقي .
مثلا عند حمل الطالب لحقيبة ثقيلة والتحرك بها علي مسار أفقي فإن الشغل المبذول من وزن السيارة يساوي صفر.

- 5- اذا تحرك الجسم بين نقتطين علي المستوي الرأسي نفسه , فإن الشغل المبذول من الوزن يساوي صفر .

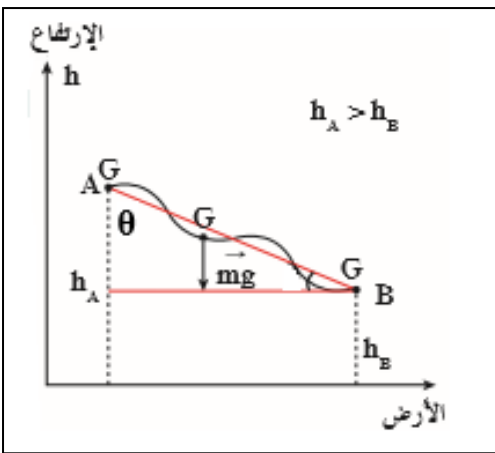


الشغل الناتج عن قوة منتظمة علي مسار منحنى .



عندما يتحرك جسم بتأثير قوة منتظمة من النقطة A الي النقطة B علي مسار منحنى كما بالشكل , فان الشغل في هذه الحالة لا يتوقف علي المسار الذي سلكه الجسم .

- عندما يتحرك جسم من النقطة A الموجودة علي ارتفاع h_A الي النقطة B الموجودة علي ارتفاع h_B , يمكن استنتاج قانون حساب الشغل الناتج عن وزن الجسم كما يلي :



$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = \vec{W} \cdot \vec{d} = mg \cdot d \cos \theta$$

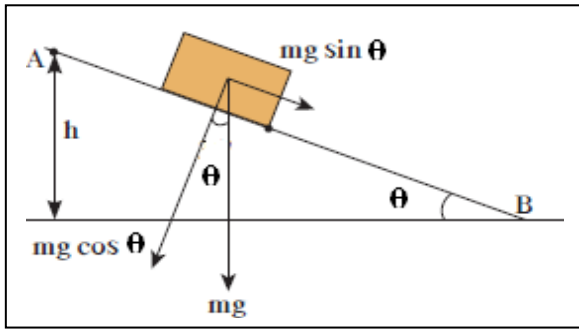
$$d \cos \theta = h_A - h_B$$

$$W = m g (h_A - h_B)$$

$$W = m g h$$

W	الشغل	=====>	J	جول
m	الكتلة	=====>	kg	كيلو جرام
g	عجلة الجاذبية	=====>	10 m/s ²	
h	الارتفاع	=====>	m	متر

الشغل المبدول من وزن جسم عندما يتحرك علي مستوى املس بميل علي المستوى الافقي بزاوية .



القوة الوحيدة المؤثرة علي الجسم = $mg \sin \theta$

$$W = mg$$

$$F = mg \sin \theta$$

$$W = F d$$

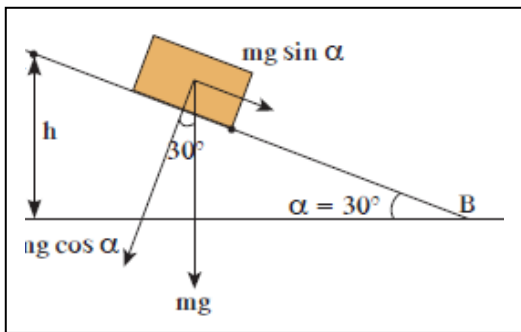
$$W = mg d \sin \theta$$

$$h = d \sin \theta$$

$$W = mgh$$

W	الشغل	====>	J
m	الكتلة	====>	kg
h	ارتفاع المستوي	====>	m
g	عجلة الجاذبية الارضية	====>	10 m/s ²
d	طول المستوي	====>	m
θ	زاوية ميل المستوي	====>	درجة

مثال $\frac{2}{19}$: وضع صندوق كتلته 100 g علي مستوي املس بميل بزاوية 30° أحسب الشغل



الناتج عن وزن الصندوق اذا تحرك علي المستوي المائل
مسافة AB = 50 cm

$$m = 100 \text{ g}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$W = ?$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

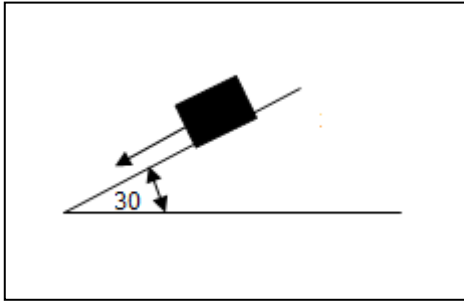
$$h = d \sin \theta$$

$$h = \left(\frac{50}{100} \right) (\sin 30) = 0.25 \text{ m}$$

$$W = m g h$$

$$W = \left(\frac{100}{1000} \right) (10) (0.25) = 0.25 \text{ J}$$

مثال : صندوق خشبي كتلته $Kg (8)$ يتحرك على مستوي أملس يميل على الأفقي بزاوية مقدارها (30°) أحسب :
1- القوة التي تحرك الجسم



$$F = mg \sin \theta$$

$$F = (8) (10) \sin (30)$$

$$F = 40 \text{ N}$$

2- الشغل الناتج عن وزن الصندوق عندما يتحرك مسافة 3 m على المستوي المائل

$$h = d \sin \theta$$

$$h = (3) \sin 30$$

$$h = 1.5 \text{ m}$$

$$w = m g h$$

$$w = (8) (10) (1.5)$$

$$w = 120 \text{ J}$$

القوة

قوة متغيرة

متغيرة المقدار او الاتجاه او كليهما
مثال : قوة الشد في الزنبرك

قوة منتظمة

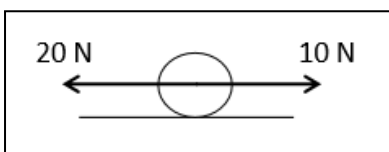
ثابتة المقدار والاتجاه
مثال : قوة الجاذبية الارضية

محصلة الشغل لمجموعة من القوى المنتظمة :

يتطلب ذلك ايجاد محصلة القوى المؤثرة علي الجسم ليكون الشغل مساويا لحاصل الضرب العددي لمحصلة القوى و الازاحة , أي :

$$W = F_{\text{NET}} \cdot d$$

مثال : تحرك الجسم الموضح بالشكل ازاحة مقدارها 2 m شرقا , أحسب الشغل .



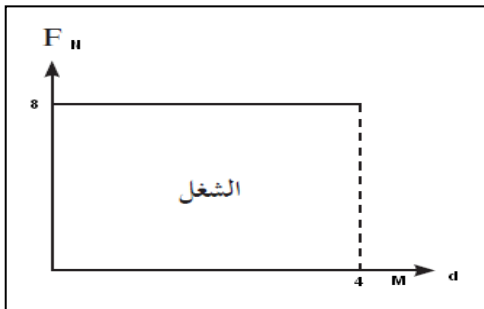
$$W = F_{\text{NET}} \cdot d$$

$$W = (10) (2) = 20 \text{ J}$$

حساب الشغل بيانيا :

يمكن حساب الشغل بيانيا عن طريق حساب المساحة تحت منحنى القوة و الازاحة .

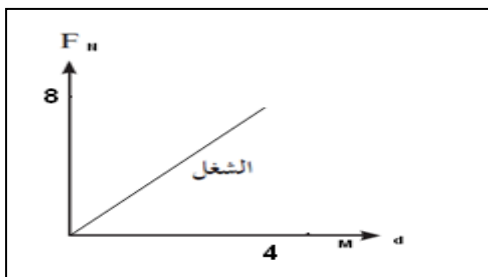
-1



المساحة = الطول $\times$ العرض

$$W = 4 \times 8 = 32 \text{ J}$$

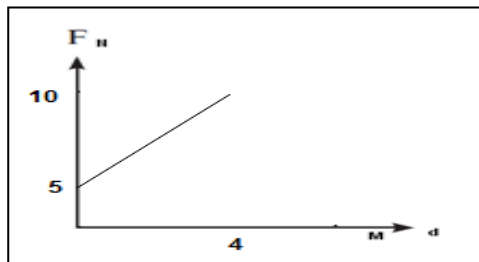
-2



المساحة = $\frac{1}{2}$ القاعدة $\times$ الارتفاع

$$W = \frac{1}{2} (4) (8) = 16 \text{ J}$$

-3



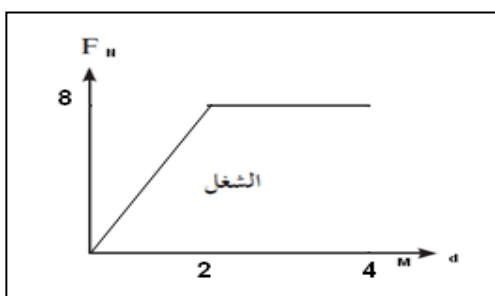
$$W_1 = 5 \times 4 = 20 \text{ J}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (4) (5) = 10 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 20 + 10 = 30 \text{ J}$$

-4



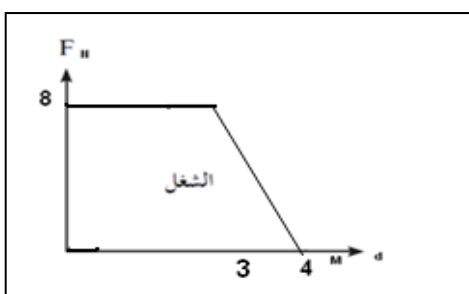
$$W_1 = 8 \times 2 = 16 \text{ J}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (2) (8) = 8 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 16 + 8 = 24 \text{ J}$$

-5



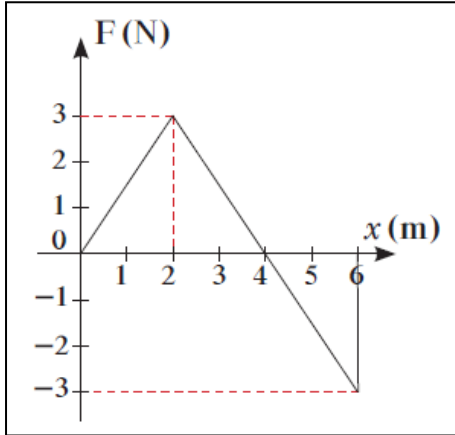
$$W_1 = 8 \times 3 = 24 \text{ J}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (1) (8) = 4 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 24 + 4 = 28 \text{ J}$$

مثال $\frac{6}{22}$: أحسب مقدار الشغل الناتج عن القوة المتغيرة , حين تتغير وفقا للرسم البياني التالي :



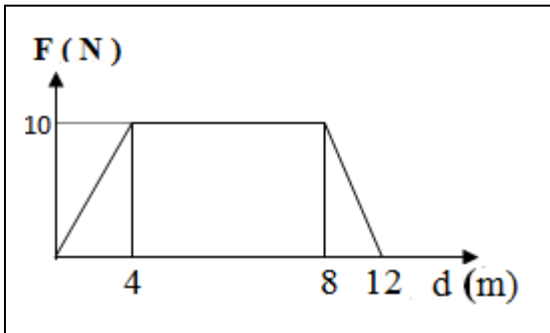
$$W_1 = \frac{1}{2} (4) (3) = 6 \text{ J}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} (2) (-3) = -3 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 6 + (-3) = 3 \text{ J}$$

مثال : جهاز يؤثر في جسم بقوة أفقية ، يتغير مقدارها مع الإزاحة المقطوعة كما في الشكل المجاور والمطلوب : احسب الشغل الذي تنجزه القوة إذا تحرك الجسم أفقيا من $d = 0 \text{ M}$ إلى $d = 12 \text{ M}$



$$W_1 = \frac{1}{2} (4) (10) = 20 \text{ J}$$

$$W_2 = 4 \times 10 = 40 \text{ J}$$

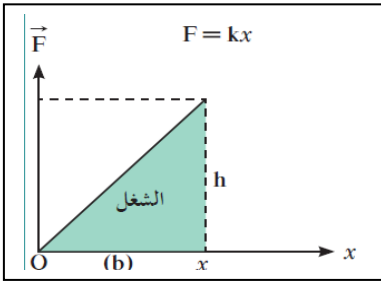
$$W_3 = \frac{1}{2} (4) (10) = 20 \text{ J}$$

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_t = 20 + 40 + 20 = 80 \text{ J}$$

الشغل الناتج عن قوة متغيرة :قانون هوك :

تتناسب قوة الشد المؤثرة في نابض طرديا مع مقدار الاستطالة الحادثة .



$$F \propto x$$

$$F = Kx$$

F	قوة الشد في نابض	====>	N
K	ثابت النابض	====>	N/M
x	الاستطالة	====>	m

حساب الشغل الناتج عن قوة الشد في نابض :

الارتفاع x القاعدة $= \frac{1}{2}$ المساحة تحت المنحني W

$$W = \frac{1}{2} F x$$

$$F = Kx$$

$$W = \frac{1}{2} K x^2$$

W	الشغل	====>	J
K	ثابت النابض	====>	N/M
x	الاستطالة	====>	M

مثال $\frac{3}{22}$: زنبرك مثبت من أحد طرفيه , ثابت مرونته يساوي $40 N/m$ ما هو مقدار الشغل الذي يجب بذله لجعله يستطيل $2 cm$ عن طوله الأصلي .

$$W = \frac{1}{2} K x^2$$

$$W = \frac{1}{2} (40) \left(\frac{2}{100}\right)^2$$

$$w = 8 \times 10^{-3} J$$

$$k = 40 N/m$$

$$w = ?$$

$$x = 2 cm$$

مثال $\frac{4}{22}$: اذا كان مقدار الشغل اللازم لجعل زنبرك يستطيل $8 cm$ عن طوله الأصلي $400 J$ أحسب مقدار ثابت مرونة الزنبرك

$$W = \frac{1}{2} K x^2$$

$$400 = \frac{1}{2} K \left(\frac{8}{100}\right)^2$$

$$K = 1.25 \times 10^5 N/M$$

$$x = 8 cm$$

$$w = 400 J$$

$$K = ?$$

مثال $\frac{5}{22}$: زنبرك ضغط 2CM عن طوله الأصلي في مرحلة أولي , و ضغط 6 CM في مرحلة ثانية ماهو مقدار الشغل المبذول في عملية الضغط الثانية علما أن ثابت المرونة 100 N/m .

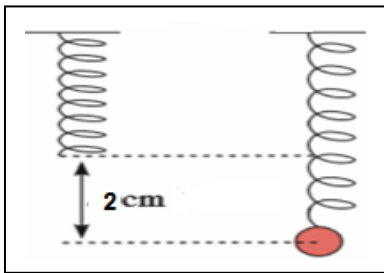
في المرحلة الثانية أصبح انضغاط النابض = 8 cm	$x_1 = 2 \text{ cm}$
$\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{1}{2} K (x_2^2 - x_1^2)$	$x_2 = 6 \text{ cm}$
$\Delta W = \frac{1}{2} (100) (0.08^2 - 0.02^2) = 0.3 \text{ J}$	$w = ?$
	$K = 100 \text{ N/m}$

مثال : نابض مرن موضوع علي سطح أفقي أملس مثبت من أحد طرفيه في دعامة رأسية والطرف الآخر يرتبط به جسم أملس كتلته g (200) ، فإذا أثرت قوة مقدارها N (3) علي النابض فاستطال بمقدار 5 Cm (5) أحسب كل من : -
1 - ثابت النابض (k) .

$F = Kx$	$F = 3 \text{ N}$
$k = \frac{F}{x} = \frac{3}{0.05} = 60 \text{ N/M}$	$x = 5 \text{ cm}$

2- مقدار الشغل .

$W = \frac{1}{2} K x^2$	$W = ?$
$W = \frac{1}{2} (60) (0.05)^2 = 0.075 \text{ J}$	



مثال $\frac{3}{21}$: زنبرك مثبت من أحد طرفيه ثابت مرونته 400 N/m ما هو مقدار الشغل اللازم بذله علي الطرف الآخر لجعله يستطيل بمقدار 2 cm عن طوله الأصلي

$F = \text{الوزن} = mg$	$m = 0.15 \text{ kg}$
$F = (0.15) (10) = 1.5 \text{ Kg}$	$w = ?$
	$x = 4.6 \text{ cm}$

$$F = K x \implies k = \frac{F}{x} = \frac{1.5}{0.046}$$

$$K = 32.6 \text{ N/M}$$

$$W = \frac{1}{2} K x^2$$

$$W = \frac{1}{2} (32.6) (0.046)^2 = 0.034 \text{ J}$$

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الأول : الطاقة

الدرس 1 - 2 : الشغل و الطاقة

الطاقة

المقدرة علي انجاز شغل.

الطاقة الحركية : K.E

شغل ينجزه الجسم بسبب حركته .

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

K.E	طاقة الحركة	====>	J	جول
m	الكتلة	====>	kg	كيلوجرام
V	السرعة الخطية	====>	m/S	متر/ثانية

س : اذكر العوامل التي يتوقف عليها الطاقة الحركية ؟

- 1- الكتلة
2- السرعة الخطية .

س : ما المقصود ان الطاقة الحركية لجسم = 100 J .

اي ان الجسم يبذل شغل مقداره 100 J بسبب حركته .

حالات حساب الطاقة الحركية :

1- الطاقة الحركية لكتلة نقطية :

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

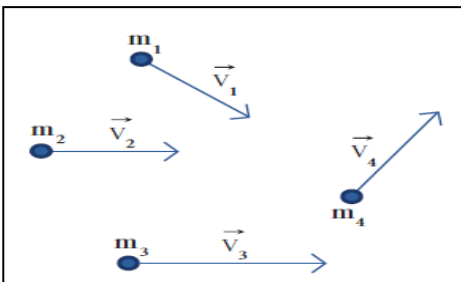
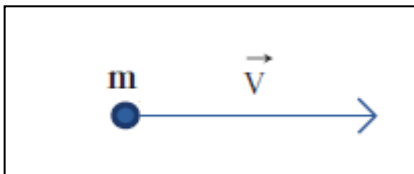
2- الطاقة الحركية لنظام مكون من عدة كتل نقطية :

$$KE = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \dots$$

3- الطاقة الحركية لجسم صلب :

$$K.E = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2$$

$$K.E = \frac{1}{2} M V^2$$



العلاقة بين الشغل و الطاقة الحركية

استنتج العلاقة بين الشغل و الطاقة الحركية (قانون الطاقة الحركية)

$$W = F d$$

$$F = m a$$

$$W = m a d$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 a d$$

بضرب المعادلة في $\frac{1}{2} m$

$$\frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} m v_1^2 + m a d$$

$$\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = m a d$$

$$K.E_2 - K.E_1 = W$$

$$\Delta K.E = W$$

$\Delta K.E$	التغير في طاقة الحركة	====>	J
W	الشغل	====>	J

مثال- سيارة كتلتها 2000 kg تسير بسرعة 5 m/s زاد سائقها من سرعتها لتصبح 20 m/s بعجلة مقدارها 10 m/s² . أحسب
أ - طاقة الحركة الابتدائية للسيارة.

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (2000) (5)^2 = 25000 \text{ J}$$

ب - طاقة الحركة النهائية للسيارة .

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2 = \frac{1}{2} (2000) (20)^2 = 200000 \text{ J}$$

ج - التغير في طاقة الحركة للسيارة (قيم أجابتك) (الشغل المبذول في تحريك السيارة) .

$$\Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = W$$

$$\Delta K.E = W = 200000 - 25000 = +175000 \text{ J}$$

هـ - المسافة التي قطعتها السيارة .

$$W = m a d$$

$$175000 = (2000) (10) d \quad \text{====>} \quad d = 8.75 \text{ m}$$

مثال- سيارة كتلتها 2000 kg تسير بسرعة 5 m/s ضغط سائقها علي الفرامل فتوقف بعد مرور زمن قدره 10 s . أحسب
أ - طاقة حركة السيارة قبل الضغط علي الفرامل .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (2000) (5)^2 = 25000 \text{ J}$$

ب - طاقة الحركة عندما تتوقف السيارة عن الحركة .

$$K.E_2 = \text{zero}$$

ج - التغير في طاقة الحركة للسيارة (قيم أجابتك)

$$\Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = \text{zero} - 25000 = - 25000 \text{ J}$$

د - اين تذهب الطاقة المفقودة .

تتحول الي طاقة حرارية في اطارات السيارة نتيجة الاحتكاك مع الارض

هـ - الشغل المبذول أثناء عملية توقيف السيارة (قيم أجابتك)
الاشارة السالبة تدل علي الاحتكاك

$$\Delta K.E = W = - 25000 \text{ J}$$

و - قوة الاحتكاك مع اطارات السيارة اذا تحركت السيارة مسافة 20 M قبل أن تتوقف تماما

$$W = - F d$$

$$-25000 = - F (20) \quad \text{=====}> \quad F = 1250 \text{ N}$$

مثال- سيارة كتلتها 1200 Kg تتحرك بسرعة 30 m/s ضغط سائقها علي الفرامل فأنزلت السيارة ثم توقفت السيارة تماما بسبب الاحتكاك بين الاطارات و الأرض . اذا علمت ان قوة الاحتكاك تساوي 6000 N أحسب:

أ- التغير في طاقة حركة السيارة خلال عملية التوقيف .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$$

$$K.E_1 = \frac{1}{2} (1200) (30)^2 = 540000 \text{ J}$$

$$K.E_2 = \text{zero}$$

$$\Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$\Delta K.E = \text{zero} - 540000$$

$$\Delta K.E = - 540000 \text{ J}$$

ب- الشغل المبذول في عملية الايقاف .

$$\Delta K.E = W = - 540000 \text{ J}$$

ج- المسافة التي انزلتها السيارة قبل ان تتوقف .

$$W = - F d$$

$$-540000 = - 6000 d$$

$$d = 90 \text{ m}$$

د- الشغل المبذول من وزن السيارة أثناء عملية التوقيف .

$$w = \text{zero}$$

مثال- كرة كتلتها 300 g سقطت من السكون من مبني فوصلت سطح الأرض بسرعة 10M/S أحسب :
أ- طاقة الحركة للكرة عند سطح الأرض .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (0.3) (10)^2 = 15 \text{ J}$$

ب- الشغل المبذول من وزن الجسم أثناء سقوط الجسم .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = 15 - \text{zero} = 15 \text{ J}$$

ج- ارتفاع المبني .

$$w = m g h$$

$$15 = (0.3) (10) h$$

$$h = 5 \text{ m}$$

مثال- كرة كتلتها 300 g سقطت من مبني مرتفع بسرعة ابتدائية مقدارها 5 m/s و اصطدمت بـ سطح الأرض بسرعة مقدارها 35 m/s أحسب :
أ - طاقة الحركة الابتدائية للكرة .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (0.3) (5)^2 = 3.75 \text{ J}$$

ب - طاقة الحركة للكرة لحظة اصطدامها بالأرض

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2 = \frac{1}{2} (0.3) (35)^2 = 183.75 \text{ J}$$

ج- الشغل المبذول أثناء سقوط الكرة .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = 183.75 - 3.75 = 180 \text{ J}$$

د- الارتفاع الذي سقطت منه الكرة .

$$W = m g h$$

$$180 = (0.3) (10) h \implies h = 60 \text{ m}$$

مثال- كرة كتلتها 300 g سقطت من السكون من مبني ارتفاعه 10 M أحسب :
1- طاقة الحركة للجسم عند سطح الأرض .

$$W = m g h = (0.3) (10) (10) = 30 \text{ J}$$

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$K.E_1 = \text{zero}$$

$$W = \Delta K.E = K.E_2 = 30 \text{ J}$$

ب- سرعة الجسم عند سطح الأرض .

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$30 = \frac{1}{2} (0.3) V_2^2$$

$$V_2 = 14.14 \text{ m/s}$$

مثال- باستخدام قانون الطاقة الحركية أحسب سرعة كرة سقطت من سكون من ارتفاع 30 cm . لحظة اصطدامها بالأرض .

$$W = \Delta K.E$$

$$W = K.E_2 - K.E_1$$

$$K.E_1 = \text{zero}$$

$$W = K.E_2$$

$$m g h = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$g h = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$(10) \left(\frac{30}{100} \right) = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$V_2 = 2.44 \text{ m/s}$$

مثال- قذف جسم كتلته 300 g بسرعة ابتدائية 5 m/s ووصل الي أقصى ارتفاع له بأهمال قوة الاحتكاك مع الهواء احسب .
أ- الطاقة الحركية عند نقطة القذف

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (0.3) (5)^2 = 3.75 \text{ J}$$

ب- الطاقة الحركية عند أقصى ارتفاع .

$$K.E_2 = \text{zero}$$

ج - الشغل الناتج عن قذف الجسم (قيم أجابتك)

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = 0 - 3.75 = - 3.75 \text{ J}$$

لان قوة الوزن عكس اتجاه ازاحة الجسم لأعلي .

د - أقصى ارتفاع يصل اليه الجسم .

$$W = m g h$$

$$-3.75 = (0.3) (-10) h \quad \implies h = 1.25 \text{ M}$$

مثال : أثرت قوة مقدارها 100 N علي جسم ساكن كتلته 20 Kg و ازاحته 15 M , اذا كانت القوة تصنع مع اتجاه ازاحة الجسم زاوية مقدارها 60° , أحسب
1- مقدار الشغل المبذول في تحريك الجسم

$$W = F d \cos\theta = (100) (15) \cos(60) = 750 \text{ J}$$

2- السرعة النهائية للجسم

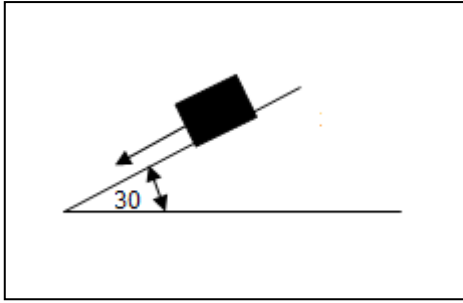
$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$750 = K.E_2 - 0 \implies K.E_2 = 750 \text{ J}$$

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$750 = \frac{1}{2} (20) V_2^2 \implies V_2 = 86.6 \text{ m/s}$$

مثال- صندوق خشبي كتلته (10 Kg) أنزل من سكون على مستوي أملس طوله 5 M يميل على الأفقي بزاوية مقدارها (30°) أحسب :
أ- القوة التي تحرك الجسم



$$F = m g \sin \theta$$

$$F = (10) (10) \sin 30 = 50 \text{ N}$$

ب- الشغل الناتج عن وزن الصندوق عندما ينزل على المستوي المائل

$$h = d \sin \theta = (5) \sin 30 = 2.5 \text{ M}$$

$$W = mgh = (10) (10) (2.5) = 250 \text{ J}$$

ج- طاقة حركة الصندوق لحظة وصوله الي أسفل المستوي المائل.

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$K.E_1 = \text{zero}$$

$$W = K.E_2 = 250 \text{ J}$$

د- سرعة الصندوق لحظة وصوله الي أسفل المستوي المائل .

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$250 = \frac{1}{2} (10) V_2^2$$

$$V_2 = 7.07 \text{ m/s}$$

مثال $\frac{1}{27}$ الهامش : أستخدم قانون الطاقة الحركية ليجاد سرعة كرة سقطت من سكون من ارتفاع 50 cm , عن سطح الأرض مع اهمال احتكاك الهواء .

$$h = d \sin \theta = (2) \sin 30 = 1 \text{ M}$$

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$W = K.E_2$$

$$m g h = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$g h = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$(10) (1) = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$V_2 = 4.47 \text{ m/s}$$

$$V_1 = \text{zero}$$

$$d = 2 \text{ M}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$K.E_1 = \text{zero}$$

مثال : لاعب تزلج علي الجليد كتلته 60 Kg يقف علي قمة تل زاوية ميله 30° تحرك اللاعب من السكون , علما بان طول التل 100 m . أحسب:
أ- الشغل المبذول اثناء تحرك اللاعب .

$$h = d \sin \theta = (100) \sin 30 = 50 \text{ m}$$

$$W = m g h = (60) (10) (50) = 30000 \text{ J}$$

ب- طاقة حركة اللاعب أسفل التل .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$K.E_1 = \text{zero}$$

$$W = K.E_2 = 30000 \text{ J}$$

ج- سرعة وصول اللاعب أسفل التل

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$30000 = \frac{1}{2} (60) V_2^2$$

$$V_2 = 31.6 \text{ m/s}$$

مثال - انزلق جسم من سكون من أعلي مستوي مائل يميل بزاوية 30° مع المستوي الأفقي . ليصل الي اسفل المستوي اذا علمت ان ارتفاع المستوي 3 M . أحسب :
أ- طول المستوي المائل .

$$h = d \sin \theta$$

$$3 = d \sin 30$$

$$d = 6 \text{ M}$$

ب- سرعة الجسم أسفل المستوي المائل .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$K.E_1 = \text{zero}$$

$$W = K.E_2$$

$$m g h = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$g h = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$(10) (3) = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$V_2 = 7.74 \text{ m/s}$$

الطاقة الكامنة :

طاقة يخزنها الجسم وتسمح له بانجاز شغل للتخلص منها .

- توجد الطاقة الكامنة في الفحم الحجري و الغذاء و البطاريات الكهربائية .

الطاقة الكامنة الثقالية : (طاقة الوضع الثقالية)

الشغل المبذول علي الجسم لرفعه الي نقطة ما .

$$P.E = m g h$$

P.E	الطاقة الكامنة الثقالية	====>	J
m	الكتلة	====>	Kg
g	عجلة الجاذبية الارضية	====>	10 m/s ²
h	الارتفاع	====>	M

المستوي المرجعي :

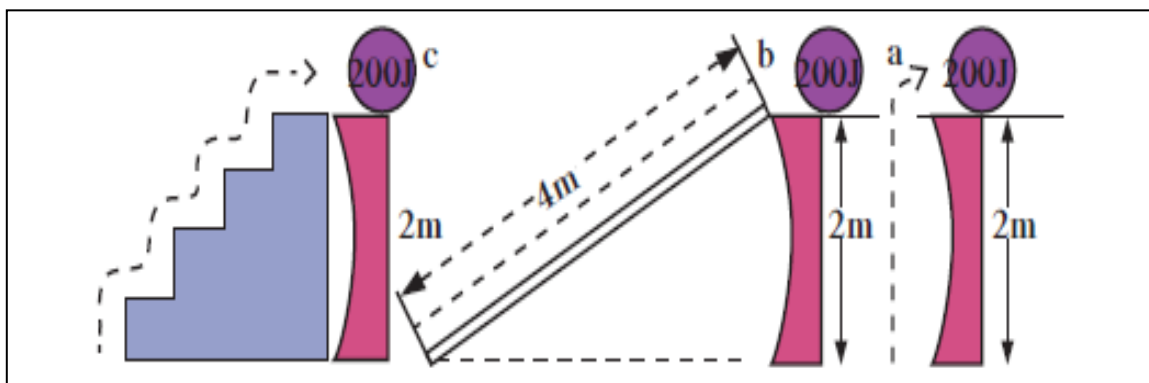
المستوي الذي نبدأ من عنده قياس الطاقة الكامنة .
المستوي الذي تكون عنده طاقة الوضع الثقالية تساوي صفر .

ملاحظات :

1- اختيار المستوي المرجعي هو اختياري بحت . من الممكن اختيار ارضية مختبر في الدور الثاني مستوي مرجعي

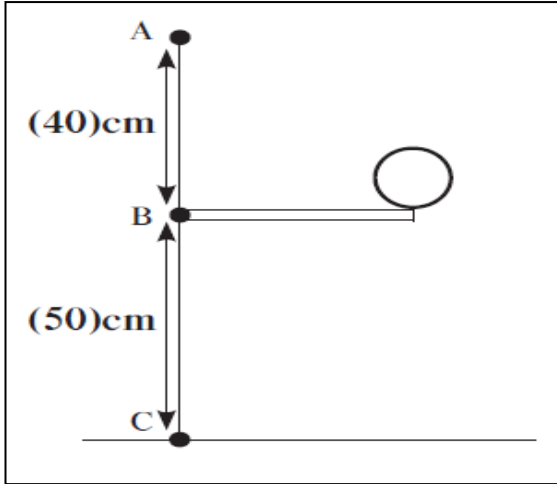
2- أشهر الامثلة علي الطاقة الكامنة الثقالية مياه الشلالات , لذلك فهي تبذل شغل يمكنها من الهبوط.

3- الطاقة الكامنة الثقالية لا ترتبط بكيفية الوصول الي الارتفاع ولكن بالمسافة الرأسية بين النقطة والمستوي المرجعي .



مثال $\frac{2}{30}$: كرة كتلتها 0.1 Kg , موضوعة علي المستوي الأفقي المار بالنقطة B , أحسب الطاقة الكامنة الثقالية للكرة بالنسبة للمستوي المرجعي B في الحالات التالية :

- 1- عند المستوي الأفقي المار بالنقطة B
- 2- عند المستوي الأفقي المار بالنقطة A الذي يرتفع 40 cm عن المستوي المرجعي
- 3- عند المستوي الأفقي المار بالنقطة C الذي ينخفض 40 cm عن المستوي المرجعي



$$P.E_B = \text{Zero}$$

$$P.E_A = m g h_A$$

$$P.E_A = (0.1) (10) (0.4) = + 0.4 \text{ J}$$

$$P.E_C = m g h_C$$

$$P.E_C = - (0.1) (10) (0.5) = - 0.5 \text{ J}$$

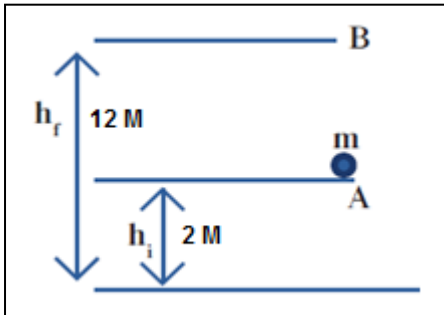
العلاقة بين الشغل و الطاقة الكامنة الثقالية .

الشغل هو منقوص التغير في الطاقة الكامنة الثقالية

$$W = - \Delta P.E$$

$\Delta P.E$	التغير في الطاقة الكامنة الثقالية	====>	J
W	الشغل	====>	N/M

مثال $\frac{3}{31}$: كتلة مقدارها 5kg تم رفعها رأسيا من النقطة A الي النقطة B , أحسب :



- 1- الشغل المبذول من وزن الجسم خلال الأزاحة من A الي B
- 2- التغير في طاقة الوضع الثقالية خلال الأزاحة من A الي B

$$P.E_A = m g h_A$$

$$P.E_A = (5) (10) (2)$$

$$P.E_A = 100 \text{ J}$$

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$P.E_A = ?$$

$$P.E_B = ?$$

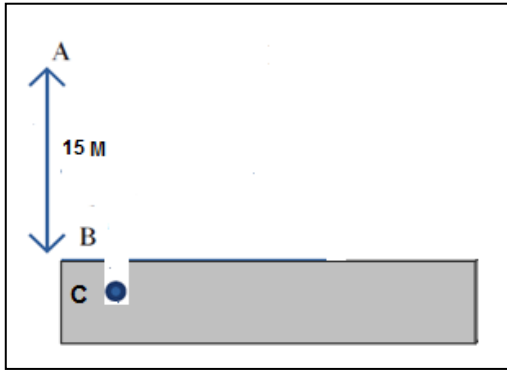
$$\Delta P.E = ?$$

$$W = ?$$

$$P.E_B = m g h_B = (5) (10) (12) = + 600 \text{ J}$$

$$\Delta P.E = 600 - 100 = + 500 \text{ J}$$

$$W = - \Delta P.E = - 500 \text{ J}$$



مثال : كرة كتلتها 200 gm سقطت من النقطة A علي ارتفاع 15 M عن سطح أرض رخوة فغاصت بها مسافة 10 cm الي أن توقفت عن الحركة عند النقطة C , اذا اعتبرنا سطح الأرض الرخوة عند النقطة B هو المستوي المرجعي أحسب :
1- طاقة الحركة و طاقة الوضع الثقالية للكرة عند النقطة A .

$$K.E_A = \text{ZERO}$$

$$P.E_A = m g h_A = (0.2) (10) (15) = + 30 \text{ J}$$

2- طاقة الحركة و طاقة الوضع الثقالية للكرة عند النقطة B .

$$P.E_B = \text{ZERO}$$

$$W = \Delta K.E = K.E_B - K.E_A$$

$$W = K.E_B$$

$$m g h = K.E_B$$

$$K.E_B = (0.2) (10) (15) = 30 \text{ J}$$

3- سرعة الكرة عند النقطة B .

$$K.E_B = \frac{1}{2} m V_B^2$$

$$30 = \frac{1}{2} (0.2) V_B^2 \implies V_B = 17.32 \text{ m/s}$$

4- طاقة الحركة و طاقة الوضع الثقالية للكرة عند النقطة C .

$$K.E_C = \text{ZERO}$$

$$P.E_C = m g h_C = (0.2) (10) \left(\frac{10}{100}\right) = 0.2 \text{ J}$$

5- الشغل المبذول من وزن الكرة عندما تسقط من النقطة B الي النقطة C .

$$W = \Delta K.E = K.E_C - K.E_B$$

$$W = \text{zero} - 30 = - 30 \text{ J}$$

6- قوة الاحتكاك المعيقة لحركة الكرة اثناء غوصها في الأرض الرخوة .

$$W = - f d$$

$$-30 = - f \left(\frac{10}{100}\right)$$

$$f = 300 \text{ N}$$

الطاقة الميكانيكية : M.E

الطاقة اللازمة لتغير موضع الجسم او تعديله .
مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة للجسم .

$$M.E = K.E + P.E$$

M.E	الطاقة الميكانيكية	====>	J
K.E	الطاقة الحركية	====>	J
P.E	الطاقة الكامنة	====>	J

مثال- سيارة كتلتها kg (600) تسير بسرعة (20)m/s فوق جبل يرتفع عن سطح الأرض m (100)
احسب:-
أ - طاقة حركة السيارة .

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (600) (20)^2 = 120000 \text{ J}$$

ب- طاقة وضع السيارة .

$$P.E = m g h = (600) (10) (100) = 600000 \text{ J}$$

ج- الطاقة الميكانيكية للسيارة .

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = 120000 + 600000 = 720000 \text{ J}$$

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الأول : الطاقة

الدرس 1 - 3 : حفظ (بقاء) الطاقة

الطاقة الميكانيكية الماكروسكوبية :الجسم الماكروسكوبي :

الجسم الذي يملك ابعاد يمكن رؤيتها بالعين

الاجسام الميكروسكوبية :

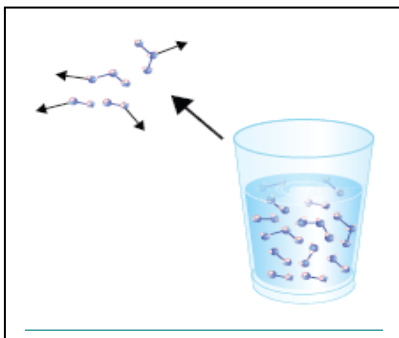
الاجسام التي لا تري بالعين المجردة .

الطاقة الميكانيكية الماكروسكوبية :

مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة للجسم الماكروسكوبي .

- وهي لا تختلف عن الطاقة الميكانيكية التي درسناها من قبل لذلك سنطلق عليها الطاقة الميكانيكية .

$$M.E_{MACRO} = K.E_{MACRO} + P.E_{MACRO}$$

الطاقة الميكانيكية الميكروسكوبية : U

هي مجموع طاقة الوضع و طاقة الحركة لجسيمات النظام .
حيث يختزن كوب الماء الموضح بالشكل طاقة داخلية لان
جزيئاته تتحرك بسرعة وتزداد هذه السرعة بارتفاع
درجة حرارة الجسم .

كذلك تتغير الروابط بين الجزيئات عندما تتغير حالة المادة
كالانصهار او التجمد .

لذلك تسمى الطاقة التي تتبادلها جسيمات النظام و تؤدي الى تغيير حالته بتغير طاقة الربط
بين اجزاء الطاقة الميكروسكوبية .

وبالتالي :

$$M.E_{micro} = K.E_{micro} + P.E_{micro} = U$$

- وسنطلق عليها لفظ الطاقة الداخلية لمنع الخلط بين ماكرو ومايكرو

حفظ (بقاء) الطاقة الكلية :

الطاقة الكلية E :

هي مجموع الطاقة الداخلية U والطاقة الميكانيكية ME .

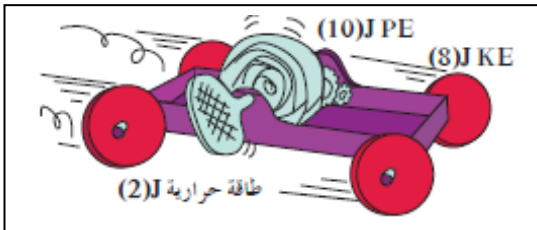
$$E = M.E + U$$

العالم هرمان هلمهولتز : الطبيعة تحتوي علي مصادر للطاقة لايمكن بأي طريقة ان تزيد او تنقص .

قانون بقاء الطاقة :

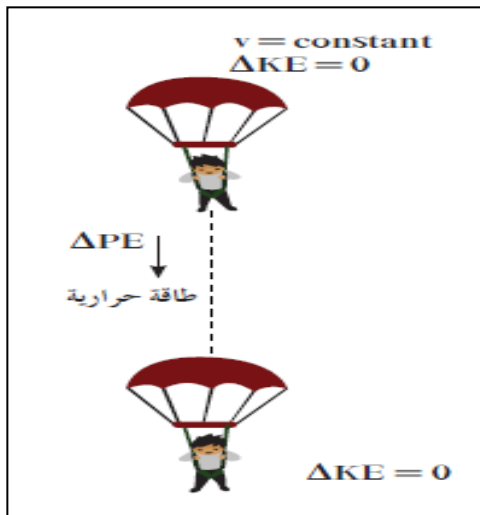
الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم , ويمكن داخل أي نظام معزول أن تتحول من شكل الي اخر , فالطاقة الكلية للنظام ثابتة لا تتغير .

أمثلة على بقاء الطاقة :



1- في الشكل المقابل عند لف الزنبرك للعبة السيارة نجد أن جزء من الطاقة الكامنة المرنة يتحول الي طاقة حركية والجزء الباقي الي طاقة حرارية نتيجة الاحتكاك .

وبالتالي فان الطاقة الكلية للنظام (السيارة و الأرض و الهواء المحيط) لم تتغير .



2- اذا اخذنا نظام معزول مؤلف من مظلي و الارض والهواء المحيط . المظلي الذي يهبط باستخدام المظلة يصل الي سرعة حدية ثابتة وبالتالي لا تتغير طاقة حركته بينما تتناقص طاقة الوضع الثقالية وتتحول الي طاقة حرارية تسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء المحيط و المظلة

حفظ الطاقة في نظام معزول :

الطاقة الميكانيكية محفوظة وبالتالي $\Delta E = \text{ZERO}$, وبإهمال الاحتكاك دائما فإن الطاقة الداخلية للنظام لا تتغير $\Delta U = \text{ZERO}$ و هذا يعني ان :

الطاقة الميكانيكية للنظام ثابتة لا تتغير بإهمال قوي الاحتكاك مع الهواء .

$$\Delta E = \Delta M.E + \Delta U$$

$$\Delta E = \text{ZERO} \quad , \quad \Delta U = \text{ZERO}$$

$$\Delta M.E = \text{ZERO}$$

$$M.E_1 = M.E_2$$

$$K.E_1 + P.E_1 = K.E_2 + P.E_2$$

$$K.E_1 - K.E_2 = P.E_2 - P.E_1$$

$$- (K.E_2 - K.E_1) = P.E_2 - P.E_1$$

$$- \Delta K.E = \Delta P.E$$

في الأنظمة المعزولة عندما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة يكون التغير في الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) مساوي لمعكوس التغير في الطاقة الحركية

أي ان في الانظمة المعزولة تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة (ثابتة) عند جميع النقاط ولا تتغير بتغير موضع الجسم .

- ينطبق ذلك علي العديد من الحالات كما يلي :

حالة (1) :

عندما يتحرك الجسم من النقطة 1 (أقصى ارتفاع) الي النقطة 2 (المستوي المرجعي) :
 $M.E_1 = M.E_2$

عند أقصى ارتفاع : (النقطة 1)

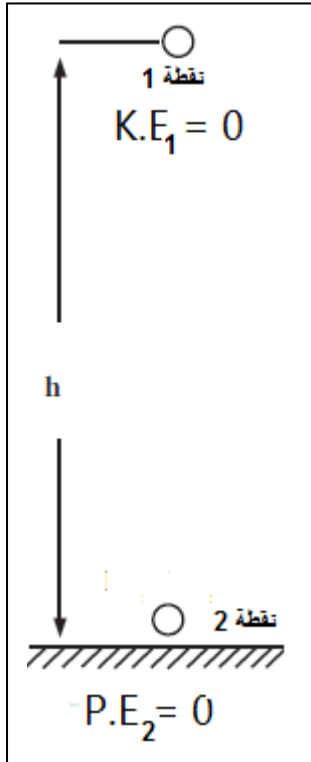
- الجسم يتحرك من السكون

$$V_1 = \text{zero} \,,\, K.E_1 = \text{ZERO}$$

$$P.E_1 = mgh_1$$

وبالتالي

$$M.E_1 = P.E_1$$



عند سطح الارض (المستوي المرجعي) (النقطة 2)

$$h_2 = \text{ZERO} \,,\,,\, P.E_2 = \text{zero}$$

$$K.E_2 = = \frac{1}{2} m V_2^2$$

وبالتالي :

$$M.E_2 = K.E_2$$

ومن قانون حفظ الطاقة في الانظمة المعزولة نجد أن :

$$M.E_1 = M.E_2$$

أي أن :

$$P.E_1 = K.E_2$$

مثال - جسم كتلته kg (30) موجود على سطح مبنى ارتفاعها m (20) فإذا سقط سقوطاً حراً
أحسب كل من:
أ - طاقة الوضع التثاقلية للجسم قبل سقوطها

$$P.E_1 = mgh_1$$

$$P.E_1 = (30) (10) (20) = 6000 \text{ J}$$

ب - الطاقة الكلية للجسم قبل سقوطه

$$M.E_1 = P.E_1 + K.E_1$$

$$K.E_1 = \text{ZERO}$$

$$M.E_1 = P.E_1 = 6000 \text{ J}$$

ج - طاقة حركة الجسم عندما يصل لسطح الأرض .

$$M.E_2 = P.E_2 + K.E_2$$

$$P.E_2 = \text{zero}$$

$$M.E_1 = M.E_2 = K.E_2 = 6000 \text{ J}$$

د - سرعة الجسم عند لحظة وصوله لسطح الأرض .

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$6000 = \frac{1}{2} (30) V^2$$

$$V = 20 \text{ m/s}$$

و - الشغل الذي يبذله الجسم نتيجة سقوطه

$$W = \Delta K.E$$

$$W = K.E_2 - K.E_1$$

$$W = 6000 - \text{zero}$$

$$W = + 6000 \text{ J}$$

$$W = - \Delta P.E$$

$$W = - (P.E_2 - P.E_1)$$

$$W = - (\text{zero} - 6000)$$

$$W = + 6000 \text{ J}$$

هـ - الارتفاع الذي تصبح عنده سرعة الجسم تساوي 10 m/s

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2} m V^2 + mgh$$

$$6000 = \frac{1}{2} (30) (10)^2 + (30) (10) h$$

$$h = 15 \text{ M}$$

ز - سرعة الجسم عند ارتفاع 10 m من سطح الأرض .

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2} m V^2 + mgh$$

$$6000 = \frac{1}{2} (30) V^2 + (30) (10) (10)$$

$$V = 14.14 \text{ M/S}$$

حالة (2) عند قذف الجسم لأعلى :عند نقطة القذف :

$$K.E = 0$$

$$v = \text{zero}$$

$$h_1 = \text{ZERO} \quad , \quad P.E_1 = \text{zero}$$

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$$

وبالتالي :

$$M.E_1 = K.E_1$$

عند أقصى ارتفاع :

$$V_2 = \text{ZERO} \quad , \quad K.E_2 = \text{ZERO}$$

$$P.E_2 = mgh_2$$

وبالتالي

$$M.E_2 = P.E_2$$

ملاحظة : عند حساب قيمة الشغل تكون عجلة الجاذبية الأرضية سالبة .

مثال $\frac{1}{42}$ الهامش : كتلة نقطية مقدارها 10 g أطلقت رأسياً لأعلى من النقطة O ، بسرعة ابتدائية مقدارها 10 m/s ، أهمل احتكاك الهواء ، أحسب :

- 1- الطاقة الميكانيكية للكتلة عند النقطة O ، علماً أن النقطة O تمثل المستوي المرجعي .
- 2- الطاقة الميكانيكية عند أعلى نقطة تصل إليها الكرة 3- أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة

$$M.E_1 = P.E_1 + K.E_1$$

$$P.E_1 = \text{zero}$$

$$m = 10 \text{ g}$$

$$v_1 = 10 \text{ m/s}$$

$$M.E_1 = ?$$

$$M.E_2 = ?$$

$$h = ?$$

$$M.E_1 = K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$$

$$M.E_1 = K.E_1 = \frac{1}{2} (0.01) (10)^2 = 0.5 \text{ J}$$

$$M.E_2 = M.E_1 = 0.5 \text{ J}$$

$$M.E_2 = P.E_2 + K.E_2$$

$$K.E_2 = \text{ZERO}$$

$$M.E_2 = P.E_2 = 0.5 \text{ J}$$

$$P.E_2 = mgh_2$$

$$0.5 = (0.01) (10) h_2 \quad \text{=====} \quad h_2 = 5 \text{ m}$$

مثال - قذف حجر كتلته 2 Kg بسرعة 16 m/s رأسياً إلى أعلى اعتبر ان نقطة القذف هي المستوي المرجعي ثم احسب كل من:
أ - طاقة حركة الحجر لحظة قذفه

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$$

$$K.E_1 = \frac{1}{2} (2) (16)^2 = 256 \text{ J}$$

ب- الطاقة الميكانيكية للنظام.

$$M.E_1 = P.E_1 + K.E_1$$

$$P.E_1 = \text{zero}$$

$$M.E_1 = K.E_1 = 256 \text{ J}$$

ج- طاقة وضع الحجر عندما أقصى ارتفاع يصل إليه .

$$M.E_2 = M.E_1 = 256 \text{ J}$$

$$M.E_2 = P.E_2 + K.E_2$$

$$K.E_2 = \text{ZERO}$$

$$M.E_2 = P.E_2 = 256 \text{ J}$$

د- أقصى ارتفاع وصل إليه الحجر.

$$P.E_2 = mgh_2$$

$$256 = (2) (10) h_2$$

$$h_2 = 12.8 \text{ m}$$

هـ- الشغل الذي بذلته قوة جذب الأرض .

$$W = \Delta K.E$$

$$W = K.E_2 - K.E_1$$

$$W = \text{zero} - 256$$

$$W = - 256 \text{ J}$$

$$W = - \Delta P.E$$

$$W = - (P.E_2 - P.E_1)$$

$$W = - (256 - \text{zero})$$

$$W = - 256 \text{ J}$$

و- الارتفاع التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{256}{2} = 128 \text{ J}$$

$$P.E = mgh$$

$$128 = (2) (10) h \quad \text{=====} \quad h = 6.4 \text{ m}$$

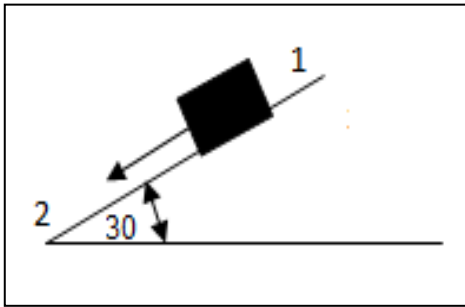
هـ - السرعة التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{256}{2} = 128 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$128 = \frac{1}{2} (2) V^2 \quad \text{=====} \quad V = 11.3 \text{ m/s}$$

مثال : صندوق خشبي كتلته $Kg (10)$ أنزل من سكون من النقطة (1) على مستوي أملس طوله 5 M يميل على المستوي المرجعي بزاوية مقدارها (30°) حتي وصل الي المستوي المرجعي عن النقطة (2) أحسب :
أ- الطاقة الميكانيكية للنظام



$$h_1 = d \sin \theta = 5 \sin 30 = 2.5 \text{ m}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$V_1 = \text{zero}$$

$$d_{12} = 5 \text{ m}$$

$$M.E = P.E_1 + K.E_1$$

$$K.E_1 = \text{zero}$$

$$M.E = P.E_1 = m g h_1$$

$$M.E = (1) (10) (2.5) = 25 \text{ J}$$

ب- طاقة حركة الكرة أسفل المستوي المائل .

$$M.E = P.E_2 + K.E_2$$

$$P.E_2 = \text{zero}$$

$$M.E = K.E_2 = 25 \text{ J}$$

ج- ارتفاع المستوي الذي تكون عنده سرعة الجسم تساوي 5 m/s .

$$M.E = P.E_2 + K.E_2$$

$$M.E = \frac{1}{2} m V^2 + mgh$$

$$25 = \frac{1}{2} (1) (5)^2 + (1) (10) h$$

$$h = 1.25 \text{ M}$$

د- سرعة الكرة علي ارتفاع 2 M من المستوي المرجعي .

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2} m V^2 + mgh$$

$$25 = \frac{1}{2} (1) V^2 + (1) (10) (2)$$

$$V = 3.16 \text{ M/S}$$

هـ - الارتفاع الذي يتساوي عنده طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{25}{2} = 12.5 \text{ J}$$

$$P.E = mgh$$

$$12.5 = (1) (10) h \quad \text{=====>} \quad h = 1.25 \text{ m}$$

و - سرعة الجسم عند الموضع الذي يتساوي فيه طاقتي الوضع و الحركة

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{25}{2} = 12.5 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$12.5 = \frac{1}{2} (1) V^2 \quad \text{=====>} \quad V = 5 \text{ m/s}$$

مثال : جسم كتلته 100 g موضوع أسفل مستوي مائل كما بالشكل . اذا اعتبرنا سطح المستوي المائل هو المستوي المرجعي . اذا اطلق الجسم لأعلي من النقطة A بسرعة ابتدائية 10 m/s . أحسب

أ- الطاقة الميكانيكية للجسم .

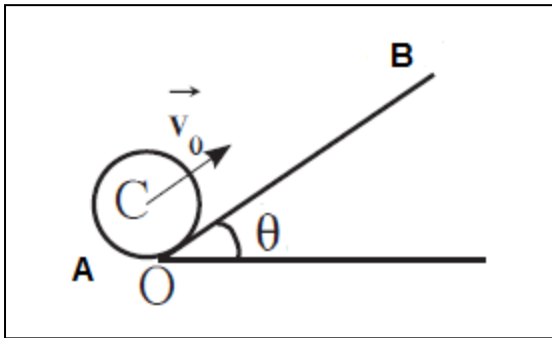
عند النقطة A

$$M.E = K.E_A + P.E_A$$

$$P.E_A = \text{zero}$$

$$M.E = K.E_A = \frac{1}{2} m V_A^2$$

$$M.E = K.E_A = \frac{1}{2} (0.1) (10)^2 = 5 \text{ J}$$



ب- أقصى ارتفاع يصل اليه الجسم .

$$M.E = K.E + P.E$$

$$K.E = \text{zero}$$

$$M.E = P.E$$

$$M.E = m g h$$

$$5 = (0.1) (10) h \quad \text{=====> } h = 5 \text{ m}$$

ج - ارتفاع الجسم الذي يجعل سرعته 5 m/s

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2} m V^2 + m g h$$

$$5 = \left[\frac{1}{2} (0.1) (5)^2 \right] + \left[(0.1) (10) h \right]$$

$$h = 3.75 \text{ m}$$

د- الارتفاع الذي يتساوي عنده طاقتي الوضع والحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ J}$$

$$P.E = mgh$$

$$2.5 = (0.1) (10) h$$

$$h = 2.5 \text{ m}$$

هـ - سرعة الجسم عند الموضع الذي يتساوي فيه طاقتي الوضع والحركة

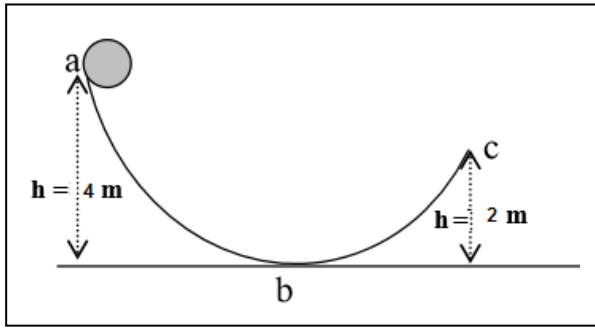
$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$2.5 = \frac{1}{2} (0.1) V^2$$

$$V = 7.07 \text{ m/s}$$

مثال : كرة وزنها 200 N تنزلق من النقطة a على المسار الأملس abc الموضح بالشكل , إذا علمت ان النقطة b تمثل المستوي المرجعي أحسب :1- طاقة وضع الكرة عند النقطة a .



$$W = m g = 200 \text{ N}$$

$$m = \frac{200}{10} = 20 \text{ kg}$$

$$P.E_A = m g h_a = (200) (4) = 800 \text{ J}$$

2- الطاقة الميكانيكية للكرة عند النقطة a .

$$K.E_a = \text{zero}$$

$$M.E = K.E_a + P.E_a$$

$$M.E = P.E_a = 800 \text{ J}$$

2- سرعة الكرة عند النقطة b .

$$K.E_b = M.E = 800 \text{ J}$$

$$K.E_b = \frac{1}{2} m V_b^2 \quad \implies \quad 800 = \frac{1}{2} (20) V_b^2 \quad \implies \quad V_b = 8.94 \text{ m/s}$$

3- سرعة الكرة عند النقطة c .

$$M.E = K.E_c + P.E_c$$

$$M.E = m g h_c + \frac{1}{2} m V_c^2$$

$$800 = [(20) (10) (2)] + [\frac{1}{2} (20) V_c^2]$$

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

مثال $\frac{1}{39}$: كرة موجودة على ارتفاع 2M أعلي سطح الأرض (المستوي المرجعي) , أحسب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض .

$$M.E_1 = M.E_2$$

$$P.E_1 + K.E_1 = P.E_2 + K.E_2$$

$$K.E_1 = P.E_1 = \text{zero}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$V_1 = \text{zero}$$

$$V_2 = ?$$

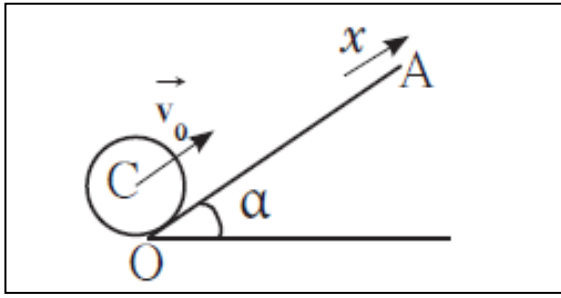
$$P.E_1 = K.E_2$$

$$mgh_1 = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$gh = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$(10) (2) = \frac{1}{2} V_2^2$$

$$V_2 = 6.32 \text{ m/s}$$



مثال $\frac{5}{42}$: الجسم الموضح بالشكل كتلته 200 gm
يتحرك دون احتكاك علي المستوي المائل الأملس
الذي يصنع زاوية 30° , أطلق الجسم من النقطة O
بسرعة ابتدائية مقدارها 4 m/s و استخدم المستوي
المر بالنقطة O كمستوي مرجعي
1- أحسب الطاقة الميكانيكية للنظام

$$m = 0.2 \text{ kg}$$

$$V_0 = 4 \text{ m/s}$$

$$M.E_0 = P.E_0 + K.E_0$$

$$P.E_0 = \text{zero}$$

$$M.E_0 = K.E_0 = \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} (0.2) (4)^2 = 1.6 \text{ J}$$

ب- أوجد صيغة رياضية لطاقة الجسم الكامنة الثقالية بدلالة البعد x .

$$P.E = mgh$$

$$h = d \sin\theta = x \sin\theta$$

$$P.E = mg x \sin\theta$$

ج - أحسب ارتفاع الجسم عندما تكون سرعته 1 m/s .

$$M.E = P.E + K.E$$

$$M.E = mgh + \frac{1}{2} m V^2$$

$$1.6 = [(0.2)(10) h] + [\frac{1}{2} (0.2) (1)^2]$$

$$h = 0.75 \text{ m}$$

د - أحسب أقصى ارتفاع تصل اليه الكرة .

$$M.E = P.E + K.E$$

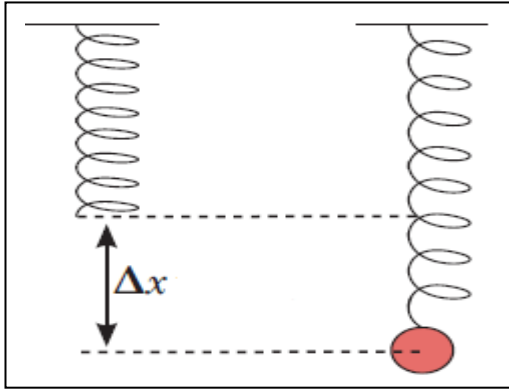
$$K.E = \text{zero}$$

$$M.E = P.E = mgh$$

$$1.6 = (0.2) (10) h$$

$$\text{=====} \Rightarrow h = 0.8 \text{ m}$$

الطاقة الكامنة المرنة في الزنبرك :



عند شد أو ضغط النابض فإنه يختزن طاقة كامنة مرونية
و يمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$P.E_e = \frac{1}{2} k \Delta x^2$$

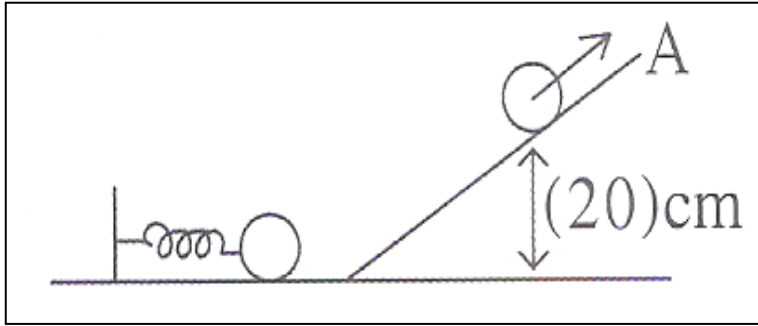
$P.E_e$	الطاقة الكامنة المرنة	====>	J
k	ثابت المرونة – هوك	====>	N/M
x	الاستطالة	====>	M

س : اذكر العوامل التي يتوقف عليها الطاقة الكامنة المرنة في زنبرك ؟

2- نوع المادة

1- الأبعاد الهندسية للنابض

3- الاستطالة .



مثال $\frac{6}{47}$: لاطلاق جسم كتلته 200gm
 وضع الجسم امام زنبرك طوله الحقيقي
 25 cm قبل اطلاق الجسم تم ضغطه
 حتي أصبح طوله 20 cm وصل الجسم
 بعد الاطلاق الي النقطة A علي المستوي
 الأملس المائل التي تقع علي ارتفاع 20
 cm , من المستوي الأفقي بسرعة $V_A = 1 \text{ m/s}$, أحسب :
 أ- ثابت مرونة الزنبرك

$$m = 0.2 \text{ kg}$$

$$L = 25 \text{ cm}$$

$$L' = 20 \text{ cm}$$

$$h_A = 20 \text{ cm}$$

$$V_A = 1 \text{ m/s}$$

$$M.E_O = M.E_A$$

$$P.E_O + K.E_O = P.E_A + K.E_A$$

$$K.E_O = \text{zero}$$

$$P.E_O = P.E_A + K.E_A$$

$$\frac{1}{2} k \Delta x^2 = m g h_A + \frac{1}{2} m V_A^2$$

$$\frac{1}{2} K \left(\frac{5}{100} \right)^2 = [(0.2) (10) \left(\frac{20}{100} \right)] + [\frac{1}{2} (0.2) (1)^2]$$

$$k = 400 \text{ N/M}$$

ب- اقصى ارتفاع عن المستوي الأفقي يمكن ان تبلغه الكتلة
 عند اقصى ارتفاع : يمكن ان نسميه نقطة B

$$M.E_O = M.E_B$$

$$P.E_O + K.E_O = P.E_B + K.E_B$$

$$K.E_O = \text{zero} \quad , , K.E_B = \text{zero}$$

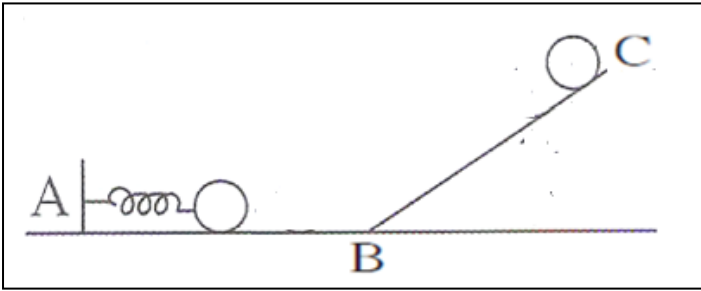
$$P.E_O = P.E_B$$

$$\frac{1}{2} k \Delta x^2 = m g h_B$$

$$\frac{1}{2} (400) \left(\frac{5}{100} \right)^2 = (0.2) (10) h_B$$

$$h_B = 0.25 \text{ M}$$

مثال : نابض طوله 100 cm ضغط حتي أصبح طوله 50 cm عند النقطة A ووضع امامه جسم كتلته 2Kg , اذا كان ثابت مرونة النابض يساوي 200 N/M , و تحرك الجسم علي المسار الاملس ABC أحسب :



1- سرعة الجسم عند النقطة B .

$$\Delta x = 100 - 50 = 50 \text{ cm}$$

$$M.E_A = M.E_B$$

$$[K.E_A + P.E_A] = [K.E_B + P.E_B]$$

$$K.E_A = \text{zero} , , , , P.E_B = \text{zero}$$

$$P.E_A = K.E_B$$

$$\frac{1}{2} K \Delta X^2 = \frac{1}{2} m V_B^2$$

$$\left[\left(\frac{1}{2} \right) (200) \left(\frac{50}{100} \right)^2 \right] = \left[\frac{1}{2} (2) V_B^2 \right]$$

$$V_B = 5 \text{ m/s}$$

2- اقصى ارتفاع يصل اليه الجسم عند النقطة C .

$$M.E_B = M.E_C$$

$$[K.E_B + P.E_B] = [K.E_C + P.E_C]$$

$$K.E_C = \text{zero} , , , , P.E_B = \text{zero}$$

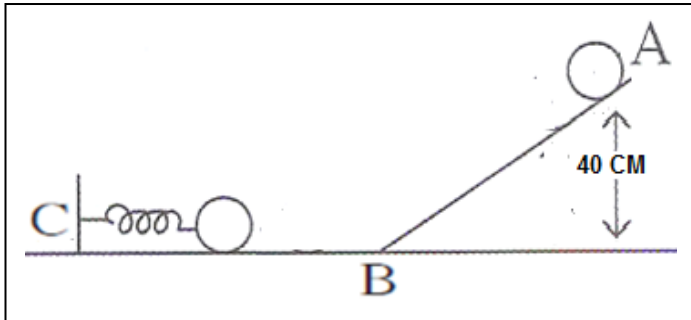
$$K.E_B = P.E_C$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 = m g h_c$$

$$\left[\left(\frac{1}{2} \right) (2) (5)^2 \right] = \left[(2) (10) h_c \right]$$

$$h_c = 1.25 \text{ m}$$

مثال: جسم كتلته 2 KG انزلق من سكون من النقطة A علي ارتفاع 40 cm أعلي المستوي المرجعي ليتحرك علي المسار الاملس ABC ليصطدم عند النقطة C بالنايظ , اذا كان ثابت النايظ يساوي 200 N/M , أحسب
1- سرعة الجسم عند النقطة B .



$$M.E_A = M.E_B$$

$$[K.E_A + P.E_A] = [K.E_B + P.E_B]$$

$$K.E_A = \text{zero} , , , , P.E_B = \text{zero}$$

$$P.E_A = K.E_B$$

$$m g h_A = \frac{1}{2} m V_B^2$$

$$[(2) (10) \left(\frac{40}{100} \right)] = [\frac{1}{2} (2) V_B^2]$$

$$V_B = 2.82 \text{ m/s}$$

2- مقدار الانضغاط الحادث في النايظ بفرض عدم حدوث فقد في الطاقة .

$$M.E_B = M.E_C$$

$$[K.E_B + P.E_B] = [K.E_C + P.E_{(e)C}]$$

$$K.E_C = \text{zero} , , , , P.E_B = \text{zero}$$

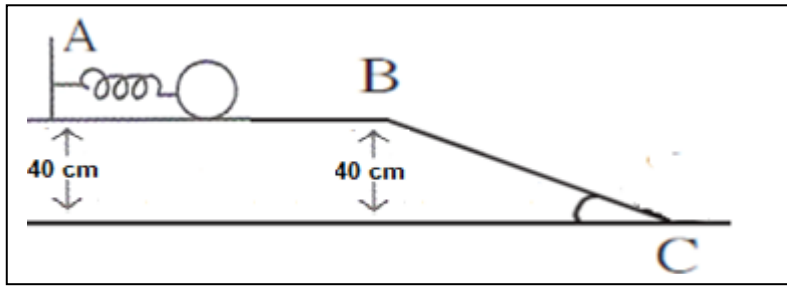
$$K.E_B = P.E_{(e)C}$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 = \frac{1}{2} K \Delta X^2$$

$$[\left(\frac{1}{2} \right) (2) (2.82)^2] = [\left(\frac{1}{2} \right) (200) \Delta X^2]$$

$$\Delta X = 0.282 \text{ m}$$

مثال : نابض ثابت مرونته 200 N/M موضوع علي مستوي أملس أفقي أملس AB اذا ضغط بمقدار 50 cm عند النقطة A ثم وضع امامه جسم كتلته 2 kg ليتحرك الجسم علي المستوي الافقي الذي ارتفاعه 40 cm أحسب سرعة الجسم عند النقطة B .



$$M.E_A = M.E_B$$

$$[K.E_A + P.E_A] = [K.E_B + P.E_B]$$

$$K.E_A = \text{zero}$$

$$P.E_A + P.E_{(e)A} = K.E_B + P.E_B$$

$$m g h_A + \frac{1}{2} K \Delta X^2 = \frac{1}{2} m V_B^2 + m g h_B$$

$$[(2) (10) \left(\frac{40}{100}\right)] + [\left(\frac{1}{2}\right) (200) \left(\frac{50}{100}\right)^2] = [\frac{1}{2} (2) V_B^2] + [(2) (10) \left(\frac{40}{100}\right)]$$

$$V_B = 5 \text{ m/s}$$

ب- اذا تحرك الجسم ليصل الي النقطة C والتي تمثل المستوي المرجعي و تحركت علي المستوي الاملس المائل BC أحسب سرعة الجسم عند النقطة C .

$$M.E_B = M.E_C$$

$$[K.E_B + P.E_B] = [K.E_C + P.E_C]$$

$$P.E_C = \text{zero}$$

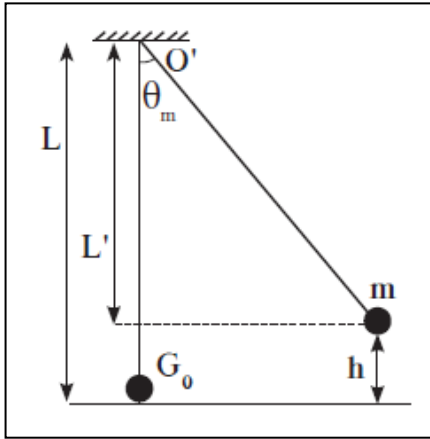
$$K.E_B + P.E_B = K.E_C$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 + m g h_B = \frac{1}{2} m V_C^2$$

$$[\frac{1}{2} (2) (5)^2] + [(2) (10) \left(\frac{40}{100}\right)] = [\frac{1}{2} (2) V_C^2]$$

$$V_C = 5.74 \text{ m/s}$$

حركة البندول :



عند دراسة التبادل بين طاقتي الوضع الثقالية والحركة في غياب قوة الاحتكاك .

إذا سحب البندول من موضع الاستقرار G_0 ليصنع زاوية θ_m فإنه يرتفع مسافة h عن موضع الاستقرار .

وبالتالي يمكن حساب طاقة الوضع الثقالية بالمعادلة التالية :

$$P.E_g = mgh$$

$$h = L - L'$$

$$\cos \theta = \frac{L'}{L} \implies L' = L \cos \theta$$

$$h = L - L \cos \theta_m = L (1 - \cos \theta_m)$$

$$P.E_g = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

عند حساب الطاقة الميكانيكية :

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2} m v^2 + mgL (1 - \cos \theta_m)$$

عند أقصى ارتفاع :

$$K.E = \text{ZERO}$$

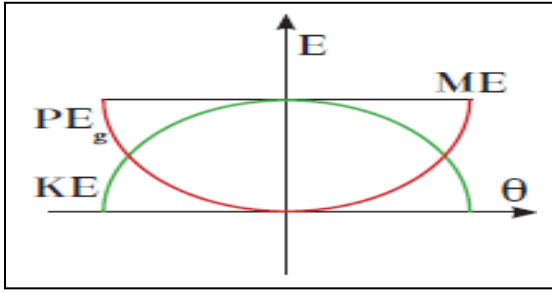
$$M.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

عند نقطة الاتزان G_0 :

$$P.E = \text{ZERO}$$

$$M.E = \frac{1}{2} m v^2$$

K.E	طاقة الحركة	=====>	J
P.E	طاقة الوضع	=====>	J
m	الكتلة	=====>	Kg
L	طول البندول	=====>	M
θ_m	الزاوية	=====>	درجة



العلاقات البيانية بين الطاقة الحركية و طاقة الوضع
للبنءول مع الزاوية :

مءال $\frac{1}{46}$: بنءول بسبء مءون من كءة 100 g مربوء بببء عءبم الوزن لا بءمءء طوءه

40 cm , سءبء الكءة مع ابقاء الببء مشءوءا بزاءوة 60° و أفءءت من ءون سرة ابءءائة , لءهءز فب بباب الاءءكاء , أءسب

أ- الطاقة المبكانبكية للنظام

أ- عءء أقصب ارءفاع

$$m = 0.1 \text{ kg}$$

$$\theta_m = 60^\circ$$

$$L = 0.4 \text{ m}$$

$$M.E = ?$$

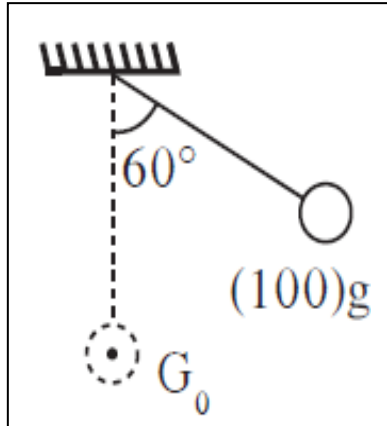
$$V = ?$$

$$K.E = \text{zero}$$

$$M.E = P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$M.E = (0.1)(10)(0.4)(1 - \cos 60)$$

$$M.E = 0.2 \text{ J}$$



ب- سرة الكءة عءء النءة G_0

عءء نءة الاتزان G_0

$$P.E = \text{zero}$$

$$M.E = K.E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$0.2 = \frac{1}{2} (0.1) v^2$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

ب- الزاءوة البب بءساوب عءءا طاءبب الوضع و البرة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ J}$$

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta)$$

$$0.1 = (0.1) (10) (0.4) [1 - \cos \theta]$$

$$\cos \theta = 0.75 \quad \implies \theta = 41.4^\circ$$

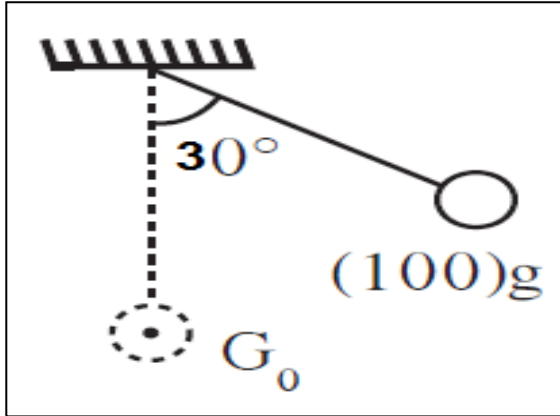
ء- أءسب السرة البب بءساوب عءءا طاءبب الوضع و البرة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$0.1 = \frac{1}{2} (0.1) V^2 \quad \implies V = 1.41 \text{ m/s}$$

مثال : بندول بسيط مكون من كتلة نقطية مقدارها 100 g معلق في خيط مرن عديم الوزن و غير قابل لتمدد طوله 2 M ازيحت الكتلة و الخيط مشدود بزاوية $\theta = 30^\circ$ و افلتت من السكون احسب أ- الطاقة الميكانيكية للنظام .



عند أقصى ارتفاع :

$$K.E = \text{zero}$$

$$M.E = P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$M.E = (0.1)(10)(2)(1 - \cos 30)$$

$$M.E = 0.267 \text{ J}$$

ب- سرعة الكتلة عند مرورها بالنقطة G_0 .

$$P.E = \text{zero}$$

$$M.E = K.E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$0.267 = \frac{1}{2} (0.1) v^2$$

$$V = 2.314 \text{ m/s}$$

ج - الزاوية التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.267}{2} = 0.1335 \text{ J}$$

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta)$$

$$0.1335 = (0.1) (10) (2) [1 - \cos \theta]$$

$$\cos \theta = 0.93$$

$$\theta = 21.05^\circ$$

د- السرعة التي يتساوي عندها طاقتي الحركة والوضع .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.267}{2} = 0.1335 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$0.1335 = \frac{1}{2} (0.1) V^2$$

$$V = 1.634 \text{ m/s}$$

مثال : بندول طول خيطه 1 m علق في طرفيه كتلة مقدارها 100 gm ازيح بمقدار زاوية θ_m وترك ليتحرك من السكون , باستخدام الادوات المخبرية تم حساب سرعة البندول عند مروره بنقطة الأتزان G_0 فكانت 2 m/s أحسب :
1- الطاقة الميكانيكية للنظام .

عند النقطة G_0

$$P.E = \text{zero}$$

$$M.E = K.E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (0.1) (2)^2 = 0.2 \text{ J}$$

1- أقصى أزاحة زاوية للبندول .

$$M.E = P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$0.2 = (0.1) (10) (1) [1 - \cos \theta_m]$$

$$\cos \theta_m = 0.8$$

$$\theta_m = 36^\circ 52'$$

2- الزاوية التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ J}$$

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta)$$

$$0.1 = (0.1) (10) (1) [1 - \cos \theta]$$

$$\cos \theta = 0.9$$

$$\theta = 25^\circ 50'$$

3- السرعة التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$0.1 = \frac{1}{2} (0.1) V^2$$

$$V = 1.41 \text{ m/s}$$

4- الزاوية التي يكون عندها سرعة البندول تساوي 1.5 m/s .

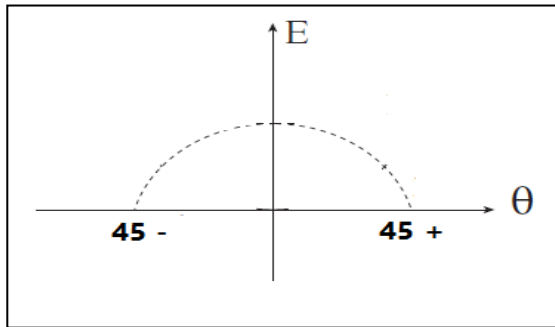
$$M.E = \frac{1}{2} m v^2 + mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$0.2 = \frac{1}{2} (0.1) (1.5)^2 + (0.1) (10) (1) [1 - \cos \theta_m]$$

$$\cos \theta_m = 0.9125$$

$$\theta_m = 24^\circ 8'$$

مثال - الشكل التالي يوضح العلاقة بين أحد أنواع الطاقة و زاوية الازاحة لبندول , اذا كانت كتلة البندول 200 g ومربوط بطرف خيط مرن عديم الوزن طوله 1M
أ- حدد نوع الطاقة الموضحة بالرسم البياني .



K.E

ب- طاقة الوضع التناقلية عند أقصى ازاحة زاوية .

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$P.E = (0.2) (10) (1) (1 - \cos 45) = 0.58 \text{ J}$$

ج - احسب الطاقة الميكانيكية للنظام .
عند أقصى ازاحة

$$M.E = P.E = 0.58 \text{ J}$$

د- طاقة الحركة عند النقطة G_0

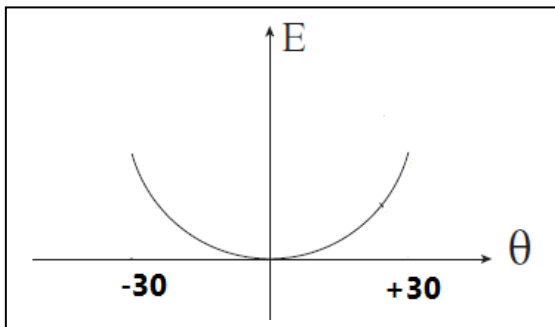
$$M.E = K.E = 0.58 \text{ J}$$

هـ - سرعة الجسم عند النقطة G_0

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$0.58 = \frac{1}{2} (0.2) V^2 \quad \implies \quad V = 2.4 \text{ m/s}$$

مثال - الشكل التالي يوضح العلاقة بين أحد أنواع الطاقة و زاوية الازاحة لبندول , اذا كانت كتلة البندول 100 g ومربوط بطرف خيط مرن عديم الوزن طوله 2M
أ- حدد نوع الطاقة الموضحة بالرسم البياني .



P.E

ب- طاقة الوضع التناقلية عند أقصى ازاحة زاوية .

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$P.E = (0.1) (10) (2) (1 - \cos 30) = 0.26 \text{ J}$$

ج - احسب الطاقة الميكانيكية للنظام .
عند أقصى ازاحة :

$$M.E = P.E = 0.26 \text{ J}$$

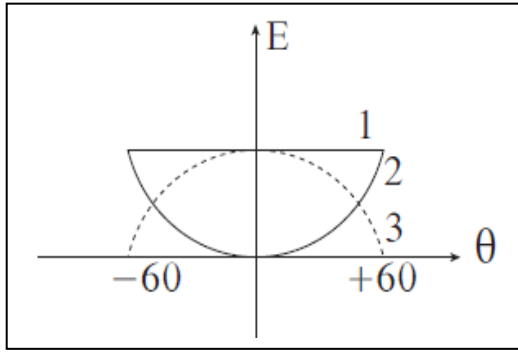
د- طاقة الحركة عند النقطة G_0

$$M.E = K.E = 0.26 \text{ J}$$

هـ - سرعة الجسم عند النقطة G_0

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$0.26 = \frac{1}{2} (0.1) V^2 \quad \implies \quad V = 2.28 \text{ m/s}$$



مثال $\frac{6}{43}$: بندول بسيط مكون من كتلة نقطية مقدارها

200 gm معلقة بطرف خيط عديم الوزن طوله 1 M

أزاحت الكتلة عن موضع الاستقرار بزاوية 60°

أ- حدد نوع الطاقة التي يمثلها الرسوم البيانية في الشكل

ب- احسب مقدار الطاقة الميكانيكية للنظام

ج - أكتب بالنسبة للزاوية θ صيغة رياضية للطاقة

الكامنة الثقالية

د - أكتب بالنسبة للزاوية θ صيغة رياضية للطاقة الحركية

هـ - احسب الزاوية التي يتساوى عندها الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة الثقالية

$$1 \implies M.E$$

$$2 \implies P.E$$

$$3 \implies K.E$$

$$- \text{أ} \left| \begin{array}{l} m = 0.2 \text{ kg} \\ L = 1 \text{ M} \\ \theta_m = 60^\circ \end{array} \right.$$

$$L = 1 \text{ M}$$

$$\theta_m = 60^\circ$$

ب- عند اقصى ارتفاع :

$$M.E = P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$M.E = P.E = (0.2) (10) (1) [1 - \cos 60] = 1 \text{ J}$$

- ج

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$P.E = (0.2) (10) (1) [1 - \cos \theta_m]$$

$$P.E = 2 [1 - \cos \theta_m] = 2 - 2 \cos \theta_m$$

- د

$$M.E = P.E + K.E$$

$$K.E = M.E - P.E$$

$$K.E = 1 - \{2 - 2 \cos \theta_m\}$$

$$K.E = 1 - 2 + 2 \cos \theta_m$$

$$K.E = -1 + 2 \cos \theta_m$$

- هـ

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ J}$$

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta)$$

$$0.5 = (0.2) (10) (1) [1 - \cos \theta]$$

$$\cos \theta = 0.75 \implies \theta = 41.4^\circ$$

عدم حفظ الطاقة الميكانيكية في نظام معزول :

التغير في الطاقة الكلية للنظام يكون نتيجة التغير في الطاقة الداخلية أو الميكانيكية أو الاثنين معا .

$$\Delta E = \Delta M.E + \Delta U$$

ومع حفظ الطاقة في النظام المعزول يصبح $\Delta E = \text{ZERO}$ وبالتالي :

$$\Delta M.E = - \Delta U$$

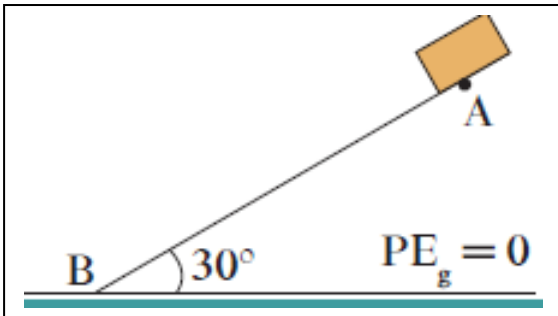
وبما أن الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك يتحول الي طاقة داخلية , تعمل علي تغير درجة حرارته أو تغير حالته الفيزيائية أو الاثنين معا .

$$\Delta M.E = - W_f$$

$$\Delta M.E = - f \times d$$

$\Delta M.E$	التغير في الطاقة الميكانيكية	====>	J
f	قوة الاحتكاك	====>	N
d	الازاحة	====>	M

مثال $\frac{2}{40}$ صندوق صغير كتلته $m = 100 \text{ gm}$, أفلت من سكون من النقطة A , علي المستوي المائل الخشن , طول المسار AB يساوي 4 M , و يصنع زاوية مقدارها 30° , اذا وصل الصندوق الي النقطة B بسرعة $V_B = 6 \text{ m/s}$, أحسب مقدار قوة الاحتكاك علي المستوي المائل



$$\begin{aligned} h_A &= d \sin \theta \\ h_A &= (4) \sin 30 \\ h_A &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= 0.1 \text{ kg} \\ V_A &= \text{zero} \\ V_B &= 6 \text{ m/s} \\ d &= 4 \text{ m} \\ f &= ? \end{aligned}$$

$$\Delta M.E = - f d_{AB}$$

$$M.E_B - M.E_A = - f d_{AB}$$

$$[K.E_B + P.E_B] - [K.E_A + P.E_A] = - f d_{AB}$$

$$P.E_B = \text{zero} \quad , , , , \quad K.E_A = \text{zero}$$

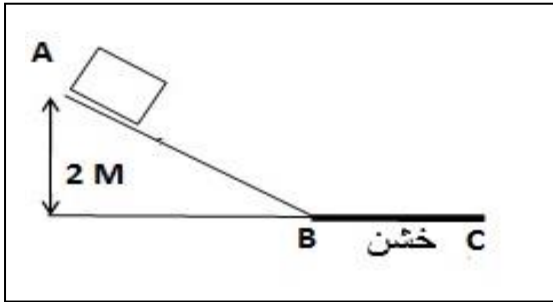
$$K.E_B - P.E_A = - f d_{AB}$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 - m g h_A = - f d_{AB}$$

$$\left[\frac{1}{2} (0.1) (6)^2 \right] - [(0.1) (10) (2)] = - f (4)$$

$$f = 0.05 \text{ N}$$

مثال : الشكل المقابل يوضح جسم كتلته 5kg موضوع اعلي مستوي مائل أملس , تحرك الجسم من السكون من النقطة A التي ترتفع عن الارض بمقدار 2 m لتصل الي النقطة رقم B , ثم تحركت علي المستوي الخشن لتتوقف عن الحركة عند النقطة C و المطلوب أحسب :



1- الطاقة الميكانيكية للجسم عند النقطة A

$$M.E = P.E_A + K.E_A$$

$$K.E_A = \text{zero}$$

$$M.E = P.E_A = m g h_A$$

$$M.E = (5) (10) (2) = 100 \text{ J}$$

2- سرعة الجسم عند النقطة B .

$$M.E = K.E_B + P.E_B$$

$$P.E_B = \text{zero}$$

$$M.E = K.E_B$$

$$M.E = \frac{1}{2} m V_B^2$$

$$100 = \frac{1}{2} (5) V_B^2$$

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

3- اذا كان طول المسار (BC) 1m أحسب مقدار قوة الاحتكاك .

$$\Delta M.E = - f d_{BC}$$

$$M.E_C - M.E_B = - f d_{BC}$$

$$[K.E_C + P.E_C] - [K.E_B + P.E_B] = - f d_{BC}$$

$$P.E_B = \text{zero} \quad , , , , \quad P.E_C = \text{zero}$$

$$K.E_C - K.E_B = - f d_{BC}$$

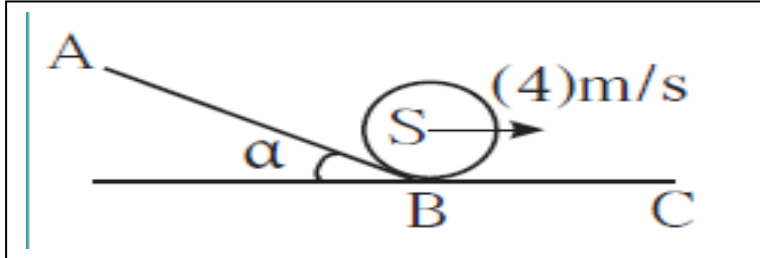
$$K.E_C = \text{zero}$$

$$- K.E_B = - f d_{BC}$$

$$- 100 = - f (1)$$

$$f = 100 \text{ N}$$

مثال $\frac{4}{42}$ أفلت الجسم S و كتلته 100 gm , من النقطة A علي المسار ABC , المستوي
 AB مائل أملس يصنع زاوية 30° في حين المستوي الأفقي BC خشن و قوة الاحتكاك
 ثابتة و تساوي $f = 0.1 \text{ N}$, اذا كانت سرعة الجسم لحظة مروره بالنقطة B تساوي
 4 m/s , أحسب : 1- طول الجزء AB



$$m = 0.1 \text{ kg}$$

$$f = 0.1 \text{ N}$$

$$V_A = \text{zero}$$

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

$$V_C = \text{zero}$$

$$d_{AB} = ?$$

$$d_{BC} = ?$$

$$M.E_A = M.E_B \quad \text{أ-}$$

$$P.E_A + K.E_A = P.E_B + K.E_B$$

$$K.E_A = \text{zero} \quad , , , \quad P.E_B = \text{zero}$$

$$P.E_A = K.E_B$$

$$m g h_A = \frac{1}{2} m V_B^2$$

$$(0.1) (10) h_A = \frac{1}{2} (0.1) (4)^2$$

$$h_A = 0.8 \text{ m}$$

$$h_A = d_{AB} \sin \theta$$

$$0.8 = d_{AB} \sin 30 \quad \text{=====} > \quad d_{AB} = 1.6 \text{ m}$$

2- اذا أكمل الجسم مساره علي المسار BC ليتوقف عند النقطة C أحسب طول المسار BC

$$\Delta M.E = - f d_{BC}$$

$$M.E_C - M.E_B = - f d_{BC}$$

$$[K.E_C + P.E_C] - [K.E_B + P.E_B] = - f d_{BC}$$

$$P.E_C = \text{zero} \quad , , , , \quad K.E_C = \text{zero} \quad , , , \quad P.E_B = \text{zero}$$

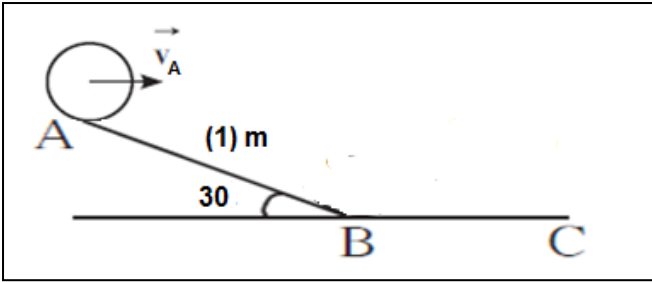
$$- K.E_B = - f d_{BC}$$

$$- \frac{1}{2} m V_B^2 = - f d_{BC}$$

$$\frac{1}{2} (0.1) (4)^2 = (0.1) d_{BC}$$

$$d_{BC} = 8 \text{ m}$$

مثال : جسم كتلته 2 kg موضوع اعلي المستوي الخشن AB المائل بزاوية 30° عند النقطة A انزلق من سكون علي المسار AB , اذا علمت ان طول المسار AB يساوي 30cm و أن قوة الاحتكاك علي المسار ABC منتظمة و تساوي 0.5 N
أ- أحسب سرعة الجسم عند النقطة B



$$h_A = d \sin \theta$$

$$h_A = \frac{30}{100} \sin(30) = 0.15 \text{ m}$$

$$\Delta M.E = - f d_{AB}$$

$$M.E_B - M.E_A = - f d_{AB}$$

$$[K.E_B + P.E_B] - [K.E_A + P.E_A] = - f d_{AB}$$

$$K.E_A = \text{zero} \quad , , , , \quad P.E_B = \text{zero}$$

$$K.E_B - P.E_A = - f d_{AB}$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 - m g h_A = - f d_{AB}$$

$$\left[\frac{1}{2} (2) V_B^2 \right] - [(2) (10) (0.15)] = - (0.5) \left(\frac{30}{100} \right)$$

$$V_B = 1.68 \text{ m/s}$$

ب- اذا أكمل الجسم مساره علي المستوي الخشن BC ليتوقف عند النقطة C , أحسب طول المسار BC .

$$\Delta M.E = - f d_{BC}$$

$$M.E_C - M.E_B = - f d_{BC}$$

$$[K.E_C + P.E_C] - [K.E_B + P.E_B] = - f d_{BC}$$

$$K.E_C = \text{zero} \quad , , , , \quad P.E_C = \text{zero} \quad , , , , \quad P.E_B = \text{zero}$$

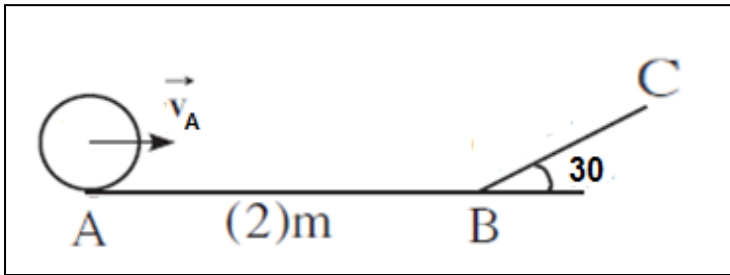
$$- K.E_B = - f d_{BC}$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 = f d_{BC}$$

$$\left[\frac{1}{2} (2) (1.68)^2 \right] = (0.5) d_{BC}$$

$$d_{BC} = 5.7 \text{ m}$$

مثال : جسم كتلته 2kg انطلق من النقطة A بسرعة مقدارها 5m/s علي المسار AB الخشن و طوله يساوي 2M , بفرض أن قوة الاحتكاك علي طول المسار AB ثابتة و تساوي 0.5 N .



أ- أحسب سرعة الجسم عند النقطة B

$$\Delta M.E = - f d_{AB}$$

$$M.E_B - M.E_A = - f d_{AB}$$

$$[K.E_B + P.E_B] - [K.E_A + P.E_A] = - f d_{AB}$$

$$P.E_A = \text{zero} \quad ,,,, \quad P.E_B = \text{zero}$$

$$K.E_B - K.E_A = - f d_{AB}$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 = - f d$$

$$\left[\frac{1}{2} (2) V_B^2 \right] - \left[\frac{1}{2} (2) (5)^2 \right] = - (0.5) (2)$$

$$V_B = 4.89 \text{ m/s}$$

ب- اذا أكمل الجسم حركته علي المستوي الاملس BC والذي يميل بزاوية مقدارها 30° ليتوقف عن الحركة عند النقطة C أحسب طول المسار BC .

$$M.E_C = M.E_B$$

$$[K.E_C + P.E_C] = [K.E_B + P.E_B]$$

$$K.E_C = \text{zero} \quad ,,,, \quad P.E_B = \text{zero}$$

$$P.E_C = K.E_B$$

$$m g h_c = \frac{1}{2} m V_B^2$$

$$[(2) (10) h_c] = \left[\frac{1}{2} (2) (4.89)^2 \right]$$

$$h_c = 1.2 \text{ m}$$

$$h = d \sin \theta$$

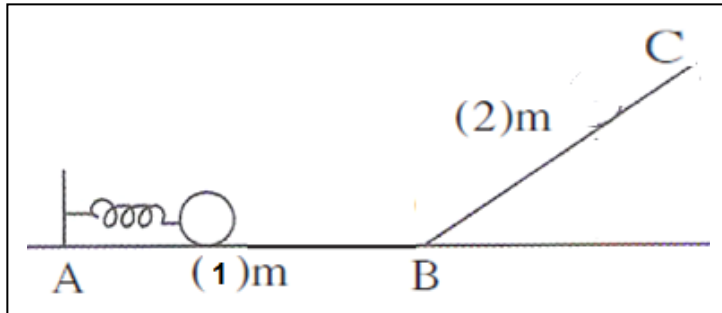
$$1.2 = d \sin(30)$$

$$d = 2.4 \text{ m}$$

مثال : نابض طوله 75 cm ثابت مرونته 900 N/M , ضغط حتي أصبح طوله 25cm ثم وضع امامه جسم كتلته 5 Kg عند النقطة A لينطلق الجسم علي المسار الخشن ABC , اذا كان طول المسار AB يساوي 1 M و المسار BC يساوي 2 M وذلك بفرض أن قوة الاحتكاك ثابتة علي المسار ABC الخشن

و تساوي 0.5 N .

أ- أحسب سرعة الجسم عند النقطة B



$$\Delta x = 75 - 25 = 50 \text{ cm}$$

$$\Delta M.E = - f d_{AB}$$

$$M.E_B - M.E_A = - f d_{AB}$$

$$[K.E_B + P.E_B] - [K.E_A + P.E_A] = - f d_{AB}$$

$$K.E_A = \text{zero} \quad ,,,, \quad P.E_B = \text{zero}$$

$$K.E_B - P.E_{(e) A} = - f d_{AB}$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} K \Delta X^2 = - f d_{AB}$$

$$\left[\frac{1}{2} (5) V_B^2 \right] - \left[\frac{1}{2} (900) \left(\frac{50}{100} \right)^2 \right] = - (0.5) (1)$$

$$V_B = 6.69 \text{ m/s}$$

ب- اذا أكمل الجسم حركته علي المستوي المائل BC حتي توقف عند النقطة C أحسب ارتفاع النقطة C .

$$\Delta M.E = - f d_{BC}$$

$$M.E_C - M.E_B = - f d_{BC}$$

$$[K.E_C + P.E_C] - [K.E_B + P.E_B] = - f d_{BC}$$

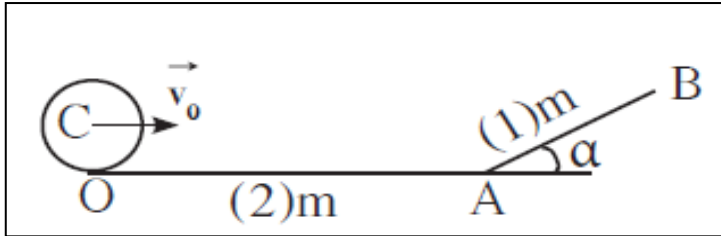
$$K.E_C = \text{zero} \quad ,,,, \quad P.E_B = \text{zero}$$

$$P.E_C - K.E_B = - f d_{BC}$$

$$m g h_C - \frac{1}{2} m V_B^2 = - f d_{BC}$$

$$[(5) (10) h_C] - \left[\frac{1}{2} (5) (6.69)^2 \right] = - (0.5) (2)$$

$$h_C = 2.22 \text{ m}$$



مثال $\frac{3}{42}$: الجسم C كتلته 0.1 kg يستطيع ان يتحرك علي المستوي الخشن حيث قوة الاحتكاك ثابتة و تساوي 0.5 N , علي المسار OAB , المسار OA = 2 M

و AB = 1 M و مائل بزاوية 30^0 علي المستوي الأفقي , أطلق الجسم بسرعة ابتدائية V_0 من النقطة A , و اعتبر المستوي OA هو المستوي المرجعي , أوجد :
أ- أوجد علاقة بين السرعة الابتدائية V_0 و سرعة الجسم V_A عند النقطة A

$$h_B = d \sin \theta$$

$$h_B = (1) \sin 30 = 0.5 \text{ m}$$

$$m = 0.1 \text{ kg}$$

$$f = 0.5 \text{ N}$$

$$V_0 = ?$$

$$V_B = 1 \text{ m/s}$$

أ-

$$\Delta M.E = - f d_{OA}$$

$$M.E_A - M.E_O = - f d_{OA}$$

$$[K.E_A + P.E_A] - [K.E_O + P.E_O] = - f d_{OA}$$

$$P.E_O = \text{zero} \quad , , , , \quad P.E_A = \text{zero}$$

$$K.E_A - K.E_O = - f d_{OA}$$

$$\frac{1}{2} m V_A^2 - \frac{1}{2} m V_O^2 = - f d_{OA}$$

$$\frac{1}{2} m [V_A^2 - V_O^2] = - f d_{OA}$$

$$\frac{1}{2} (0.1) [V_A^2 - V_O^2] = - (0.5) (2)$$

$$[V_A^2 - V_O^2] = - 20$$

ب- أحسب السرعة الابتدائية للجسم V_0 , اذا بلغت سرعة الجسم عند النقطة B $V_B = 1 \text{ m/s}$

$$\Delta M.E = - f d_{OB}$$

$$M.E_B - M.E_O = - f d_{OB}$$

$$[K.E_B + P.E_B] - [K.E_O + P.E_O] = - f d_{OB}$$

$$P.E_O = \text{zero}$$

$$K.E_B + P.E_B - K.E_O = - f d_{OB}$$

$$\frac{1}{2} m V_B^2 + m g h_B - \frac{1}{2} m V_O^2 = - f d_{OB}$$

$$\left[\frac{1}{2} (0.1) (1)^2 \right] + [(0.1) (10) (0.5)] - \left[\frac{1}{2} (0.1) V_O^2 \right] = - (0.5) (3)$$

$$V_O = 6.403 \text{ m/s}$$

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الثاني : كمية الحركة الخطية

الدرس 3-1: عزم القوة

عزم القوة (عزم الدوران) : τ

كمية فيزيائية تعبر عن مقدرة القوة علي أحداث حركة دورانية للجسم حول محور الدوران .

- عندما تؤثر القوة علي صنبور أو عند فتح الباب او ربط صامولة فأن المسبب لدوران الجسم هو عزم القوة و ليس القوة .
- القوة تكسب الجسم تسارع اما عزم القوة يكسب الجسم دوران .

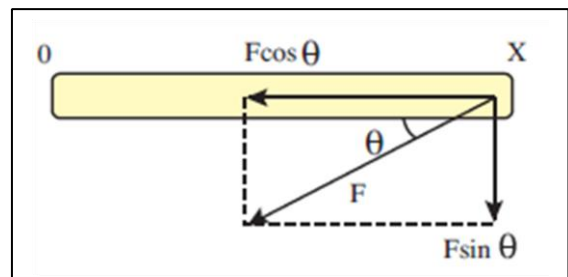
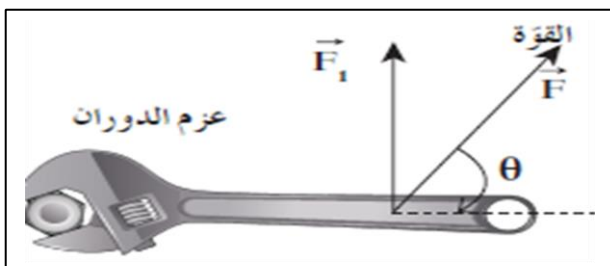
$$\vec{\tau} = \vec{F}_{\perp} \times \vec{d}$$

τ	عزم القوة	====>	N.m
F	مركبة القوة العمودية	====>	N
d	ذراع القوة	====>	m

ذراع القوة : المسافة من محور الدوران الي نقطة تأثير القوة .

ملاحظات

- 1- يقاس عزم القوة بوحد N.M وهي لا تكافئ وحدة الجول
- 2- عندما تؤثر علي الجسم قوة بزاوية تميل علي محور الدوران فأن مركبة القوة العمودية فقط هي التي تسهم في عمل القوة



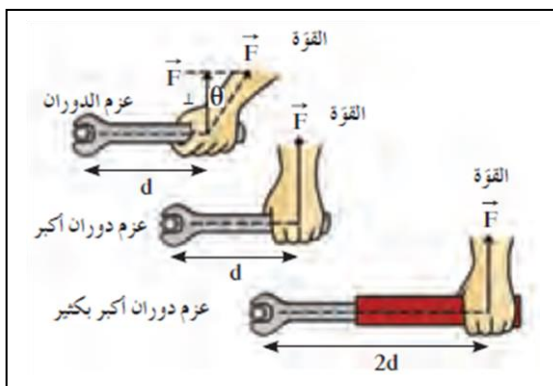
- وعند التأثير علي الجسم بزاوية فأنا نتعامل فقط مع المركبة العمودية وبالتالي تتحول معادلة حساب العزم كما يلي :

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

درجة =====> الزاوية بين القوة و محور الدوران θ

3- يزداد مقدار عزم القوة بزيادة مقدار القوة المؤثرة .

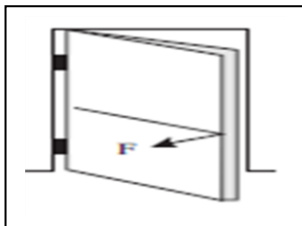
4- يزداد مقدار عزم القوة بزيادة ذراع العزم (ذراع القوة)



5- عند استخدامنا لمفتاح ربط كما بالشكل , فإن
- استخدام مفتاح الربط الطويل يؤدي الي بذل جهد اقل و عزم أكبر و يفتح البرغي بسهولة
- استخدام قوة عمودية تؤدي الي عزم أكبر وبالتالي يسهل فتح البرغي



6- عند استخدام مطرقة لسحب مسمار فإن
زيادة ذراع المطرقة يسهل انتزاع المسمار



7- يوضع مقبض الباب بعيدا عن محور دوران الباب ليمدنا بأكثر عزم للقوة و يسهل فتح الباب .

- كذلك عن دفع الباب فاننا لا ندفع المقبض جانبا بل يتم الدفع بصورة عمودية لان القوة العمودية تعطي عزم أقوى . (دوران أكثر بجهد أقل)

8- يحدد اتجاه عزم القوة بقاعدة اليد اليمنى

- اذا كان اتجاه عزم القوة عكس عقارب الساعة فإن اتجاه العزم عمودي علي الصفحة للخارج و يعتبر العزم موجب .

- اذا كان اتجاه عزم القوة مع عقارب الساعة فإن اتجاه العزم عمودي علي الصفحة للداخل و يعتبر العزم سالب .

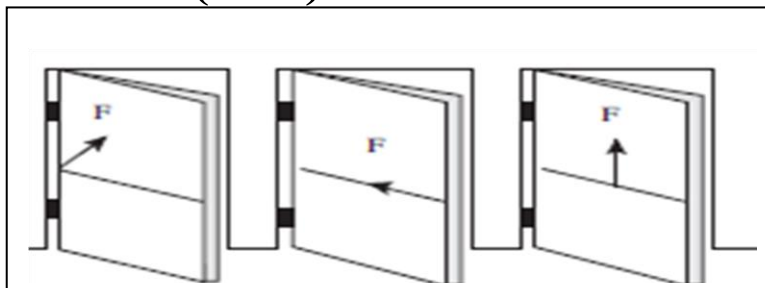
حالات يكون فيها عزم القوة صفر :

1- اذا كان خط عمل القوة يمر بمحور الدوران .

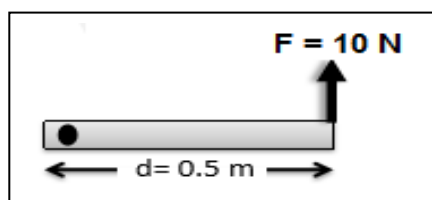
$$d = \text{zero} \implies \tau = \text{zero}$$

2- اذا كان خط عمل القوة يوازي محور الدوران .

$$\theta = \text{ZERO} \implies \sin(\text{zero}) = \text{zero} \implies \tau = \text{zero}$$

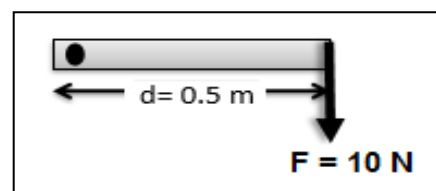


مثال : أحسب مقدار عزم القوة في الحالات التالية (مع تحديد اتجاه العزم) :



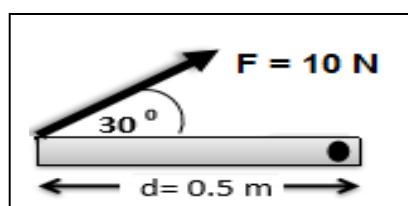
$$\vec{\tau} = \vec{F} \vec{d}$$

$$\tau = (10)(0.5) = +5 \text{ N.M}$$



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

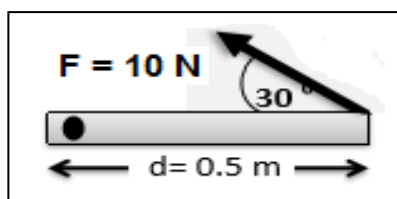
$$\tau = (10)(0.5) = -5 \text{ N.M}$$



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

$$\tau = (10)(0.5) \sin(30)$$

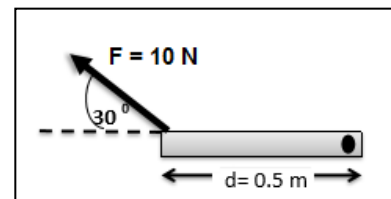
$$\tau = -2.5 \text{ N.M}$$



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

$$\tau = (10)(0.5) \sin(30)$$

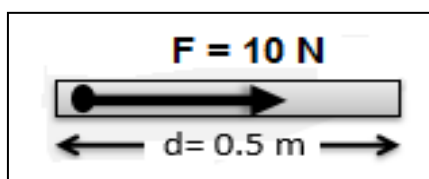
$$\tau = +2.5 \text{ N.M}$$



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

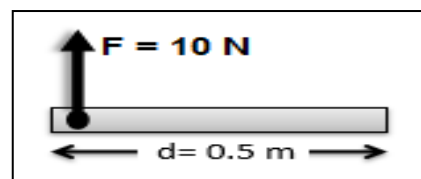
$$\tau = (10)(0.5) \sin(30)$$

$$\tau = -2.5 \text{ N.M}$$



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

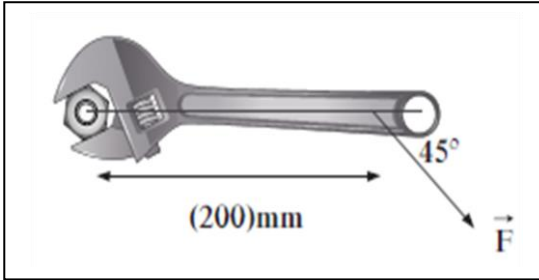
$$\tau = \text{ZERO}$$



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

$$\tau = \text{ZERO}$$

مثال $\frac{2}{57}$: أحسب مقدار عزم القوة التي تبذلها يدك علي مفك ربط , علما أن طول ذراع القوة يساوي 200 mm و مقدار القوة يساوي 100 N و الزاوية بين القوة و ذراعها 45° .



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

$$\tau = (100) \frac{200}{1000} \sin (45)$$

$$\tau = 14.14 \text{ N.M}$$

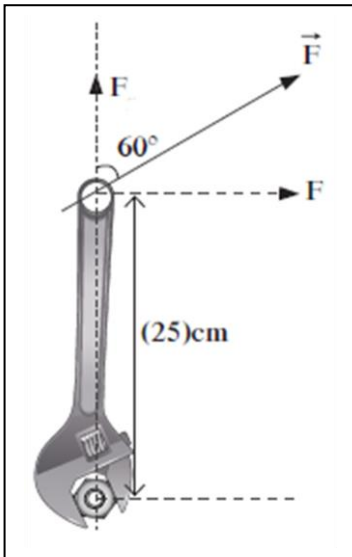
$$F = 100 \text{ N}$$

$$d = 200 \text{ mm}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\tau = ?$$

مثال $\frac{4}{57}$: تحتاج صامولة الي عزم قوة مقداره 40 N.m باستخدام مفك ربط طوله 25 cm , أحسب مقدار القوة اللازمة لتثبيت الصامولة .



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

$$40 = F \frac{25}{100} \sin (60)$$

$$F = 184.75 \text{ N}$$

$$d = 25 \text{ cm}$$

$$\tau = 40 \text{ N.M}$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$F = ?$$

مثال $\frac{4}{88}$: أحسب عزم قوة الدوران الناتج عن قوة عمودية مقدارها 20 N عند نهاية مفتاح ربط طوله 0.2 m .

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

$$\tau = (50) (0.2)$$

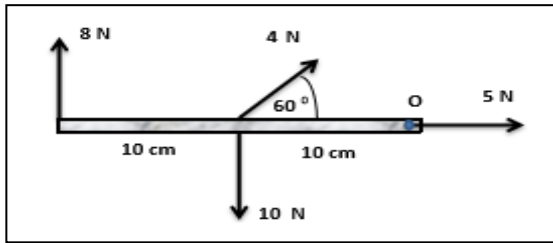
$$\tau = 10 \text{ N.M}$$

$$\tau = ?$$

$$F = 50 \text{ N}$$

$$d = 0.2 \text{ M}$$

$$\theta = 90^\circ$$



مثال : ساق منتظمة و متجانسة وزنها 10 N و طولها 20 cm , أحسب محصلة العزوم المؤثرة علي الساق بالنسبة لمحور الدوران O .

$$\tau_1 = \text{zero}$$

لان القوة تمر بمحور الدوران

$$\tau_2 = \vec{F} \vec{d} \sin \theta = (4) \frac{10}{100} \sin (60) = - 0.34 \text{ N.M}$$

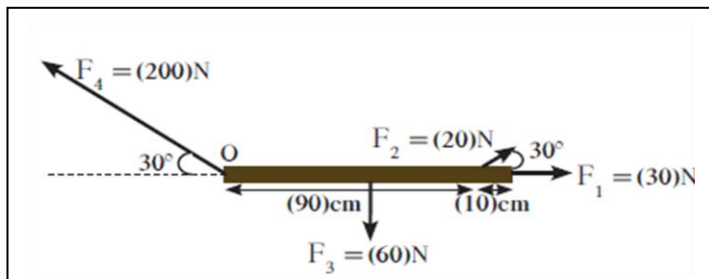
$$\tau_3 = \vec{F} \vec{d} = (10) \frac{10}{100} = + 1 \text{ N.M}$$

$$\tau_4 = \vec{F} \vec{d} = (8) \frac{20}{100} = - 1.6 \text{ N.M}$$

$$\tau_T = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4$$

$$\tau_T = \text{zero} - 0.34 + 1 - 1.6 = -0.94 \text{ N.m}$$

مثال $\frac{1}{52}$: يوضح الشكل ساق متجانس طولها 100 cm وزنها 60 N تؤثر فيها ثلاث قوى



, أحسب : 1- مقدار عزم القوة لكل من القوى الأربع و حدد اتجاهها حول محور الدوران O .
2- محصلة العزوم علي الساق الناتج عن الاربع قوى .

$$\tau_1 = \text{zero}$$

لان خط عمل القوة يمر بمحور الدوران

$$\tau_2 = \vec{F} \vec{d} \sin \theta$$

$$\tau_2 = (20) \frac{90}{100} \sin (30) = + 9 \text{ N.M}$$

$$\tau_3 = \vec{F} \vec{d} = (60) \frac{50}{100} = - 30 \text{ N.M}$$

$$\tau_4 = \text{zero}$$

لان القوة تمر بمحور الدوران

$$\tau_T = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4$$

$$\tau_T = \text{zero} + 9 - 30 + \text{zero}$$

$$\tau_T = - 21 \text{ N.M}$$

العزوم المتزنة :

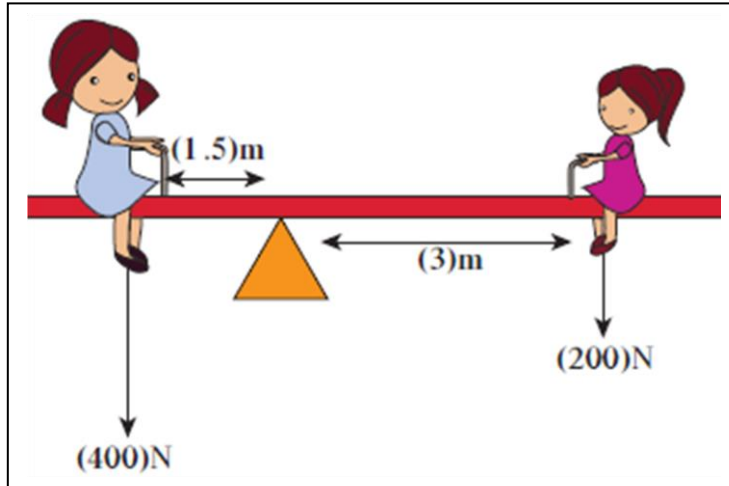
لتحقيق الاتزان الدوراني يجب ان يكون محصلة جمع العزوم تساوي صفر

$$\Sigma \tau = \text{zero}$$

-أي ان

المجموع الجبري للعزوم مع عقارب الساعة = المجموع الجبري للعزوم عكس اتجاه عقارب الساعة

$$\Sigma \tau_{a.c.w} = \Sigma \tau_{c.w}$$



$\tau_{a.c.w}$ عكس عقارب الساعة	$\tau_{c.w}$ مع عقارب الساعة
$F \times d$	$F \times d$
400×1.5	200×3
$+ 600 \text{ N.M}$	$- 600 \text{ N.M}$

$$\Sigma \tau = \text{zero}$$

ملاحظات

1- يتزن الاطفال علي الارجوحة برغم من عدم تساوي اوزانهم وذلك لان الوزن لا يسبب الدوران بل يسببه العزم , و عزم الطفلين متساوي ولكن بعكس الاتجاه , لذلك مجموع العزوم يساوي صفر .

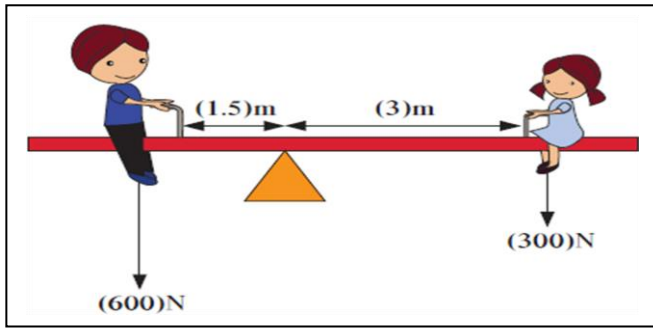


2- يعتمد اتزان الميزان الذي يعمل بالأوزان المنزلة علي اتزان العزوم وليس اتزان الالوزان.

3- لاتزان جسم مادي لابد من توافر شرطين

$$\Sigma \tau = \text{zero} , \Sigma F = \text{zero}$$

مثال $\frac{5}{57}$ أ- أحسب مقدار عزم القوة لكل من وزني الفتاه و الولد الجالسين علي اللوح المتأرجح بأهمال وزن اللوح ,
ب



$$\tau_1 = F_1 d_1 = (600) (1.5) = + 900 \text{ N.M}$$

$$\tau_2 = F_2 d_2 = (300) (3) = - 900 \text{ N.M}$$

ب- أحسب المسافة التي تفصل الفتاه عن محور ارتكاز اللوح عندما يساوي وزن الفتاه 400 N و النظام في حالة اتزان .

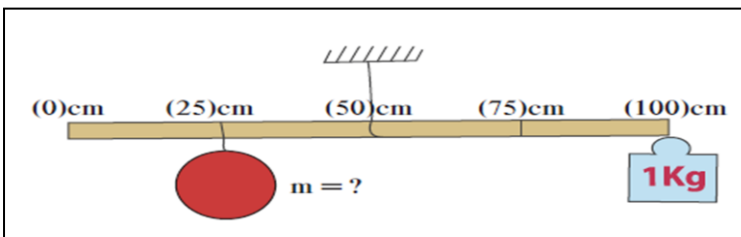
$$\Sigma \tau = \text{zero}$$

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$(600) (1.5) = 400 d_2$$

$$d = 2.25 \text{ M}$$

مثال $\frac{3}{57}$: الشكل يمثل مسطرة متجانسة , ما هي كتلة الصخرة m علما أن النظام في حالة اتزان .



$$\tau_1 = \tau_2$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

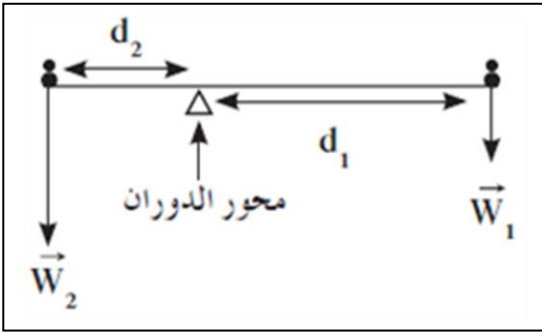
$$m_1 g d_1 = m_2 g d_2$$

$$m_1 d_1 = m_2 d_2$$

$$m_1 (25) = (1) (50)$$

$$m_1 = 2 \text{ Kg}$$

مثال $\frac{2}{54}$: يجلس طفلان وزن أحدهما 300N و الآخر 450 N علي طرفي أرجوحة طولها 3 M كما بالشكل , حدد موقع محور الدوران الذي يجعل النظام في حالة اتزان دوراني



$$d_1 + d_2 = 3 \text{ m}$$

$$d_2 = 3 - d_1$$

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$300 d_1 = 450 d_2$$

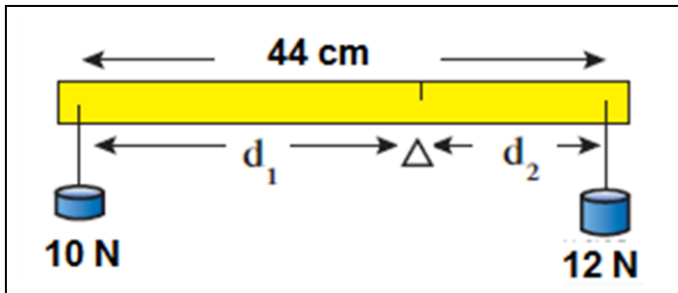
$$300 d_1 = 450 (3 - d_1)$$

$$d_1 = 1.8 \text{ m}$$

$$d_2 = 3 - d_1 = 3 - 1.8$$

$$d_2 = 1.2 \text{ m}$$

مثال : مسطرة يمكن اهمال وزنها طولها 44 cm تعلق في احد طرفيها وزن مقداره 12 N وفي الطرف الاخر وزن مقداره 10 N حدد موقع محور الدوران بالنسبة الي احدهما والذي يجعل النظام فقي حالة اتزان دوراني .



$$d_1 + d_2 = 44 \text{ cm}$$

$$d_2 = 44 - d_1$$

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

$$10 d_1 = 12 d_2$$

$$10 d_1 = 12 (44 - d_1)$$

$$d_1 = 24 \text{ cm}$$

$$d_2 = 44 - d_1 = 44 - 24$$

$$d_2 = 20 \text{ cm}$$

عزم القوة ومركز الثقل :

مركز ثقل الجسم الصلب :

هو موقع محور الدوران الذي تكون محصلة عزوم قوى الجاذبية المؤثرة في الجسم الصلب حوله تساوي صفر .

ملاحظات

- 1- اذا كان موضع مركز الثقل داخل المساحة الحاملة للجسم فإن الجسم يتزن و تكون محصلة العزوم تساوي صفر .
- 2- اذا كان مركز الثقل خارج المساحة الحاملة للجسم يصبح هناك عزم للقوة يسبب انقلاب

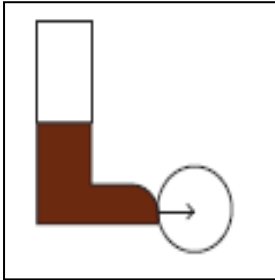
تطبيقات علي عزم القوة و مركز الثقل :



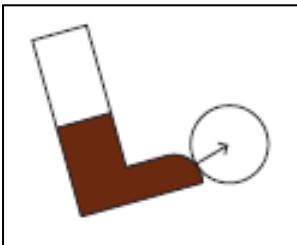
- اذا حاولت ان تلمس قدميك وانت واقف و ظهرك وكعبا قدميك ملاصقان للحائط .

سوف ينتج عزم للقوة لان مركز ثقلك اصبح خارج المساحة الحاملة و بالتالي تنقلب و تفقد اتزانك

- عند ركل كرة فإنه يحدث احتمال من اثنين :



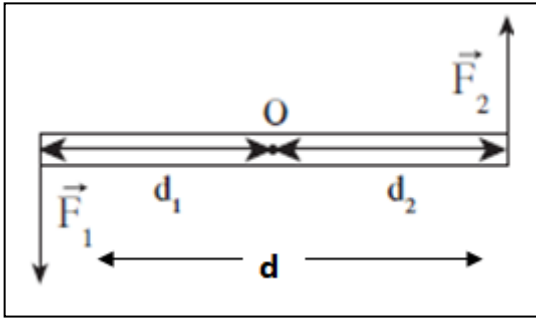
- 1- اذا كان خط عمل القوة يمر بمركز ثقل الكرة فان الكرة تتحرك دون ان تدور حول مركز ثقلها



- 2- اذا كان خط عمل القوة لا يمر بمركز الثقل فإن الكرة ستتحرك و كذلك ستدور حول مركز ثقلها بفعل عزم القوة الناتج .

الازدواج :

- قوتين متساويتين في المقدار و متوازيتين و تعملان في اتجاهين متضادين و ليس لهما خط عمل واحد .



يمكن استنتاج قانون لحساب عزم الازدواج كما يلي

$$\tau_1 = F_1 d_1$$

$$\tau_2 = F_2 d_2$$

$$\tau_t = \tau_1 + \tau_2 = C$$

$$C = F_1 d_1 + F_2 d_2$$

وبما ان القوتين متساويتين

$$C = F (d_1 + d_2)$$

$$C = F d$$

C عزم الازدواج =====> N.m

F مركبة القوة العمودية =====> N

d المسافة العمودية بين القوتين =====> m

وبالتالي يمكن ايجاد صيغة تعريف جديدة لعزم الازدواج طبقا للقانون السابق كما يلي :

عزم الازدواج :

- حاصل ضرب مقدار أحدي القوتين بالمسافة العمودية بينهما .

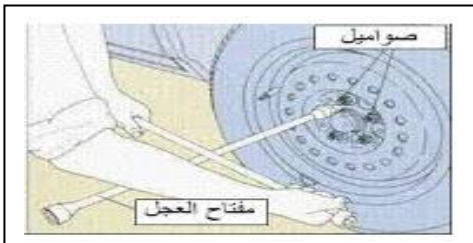


تطبيقات على عزم الازدواج :

1- عند فتح الصنبور فاننا نؤثر باصبعين في مقبض الصنبور مما يشكل ازدواج و يسبب دوران الصنبور

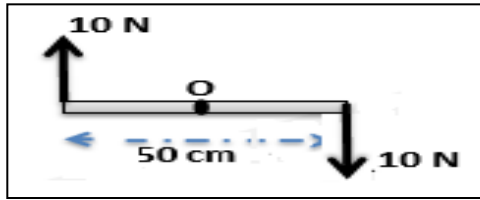


2- عندما تقود دراجتك علي المنعطف فانك تبذل بيدك قوتين يشكلان ازدواج يؤدي الي التفاف الدراجة.



3- عندما يستخدم الميكانيكي المفتاح الرباعي لفك صواميل اطار السيارة فإنه يستخدم يديه ليشكل ازدواج ليسهل فك الصواميل .

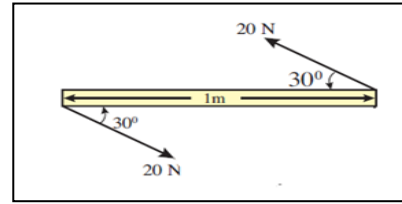
مثال : أحسب عزم الأزواج في الحالات التالية :



$$C = F d$$

$$C = (10) \frac{50}{100}$$

$$C = 5 \text{ N.M}$$

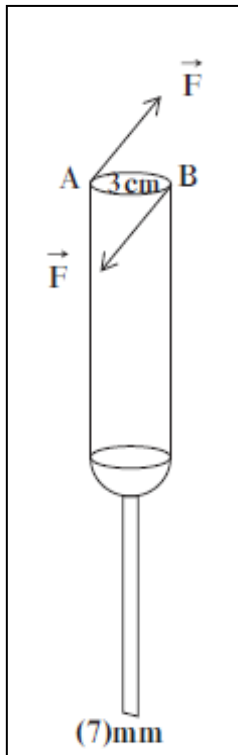


$$C = F d \sin \theta$$

$$C = (20) (1) \sin (30)$$

$$C = 10 \text{ N.M}$$

مثال $\frac{3}{56}$: مفك قطر مقبضه 3 cm و عرض رأسه الذي يدخل في البرغي 7 mm
أستخدم لتثبيت برغي بواسطة اليد بقوتين متساويتين 49 N و متعاكستين في الاتجاه أحسب : 1- عزم الأزواج المؤثر علي مقبض المفك
2- القوة التي تؤدي الي دوران البرغي .



عند المقبض

$$F_1 = F_2 = 49 \text{ N}$$

$$d = 3 \text{ cm}$$

$$C = F d$$

$$C = (49) \frac{3}{100} = 1.47 \text{ N.M}$$

عند البرغي

$$C = F d$$

$$1.47 = F \frac{7}{1000}$$

$$F = 210 \text{ N}$$

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الثاني : ميكانيكا الدوران

الدرس 3-2: القصور الذاتي الدوراني

القصور الذاتي الدوراني (I)

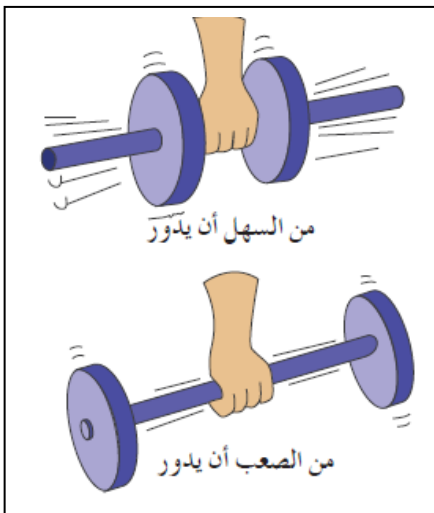
مقاومة الجسم لتغير حركته الدورانية .

- تميل الأجسام التي تدور الي الاستمرار في الدوران و تميل الاجسام الساكنة الي البقاء ساكنة .
- يحتاج الجسم الي قوة لتغير حالته الخطية (سكون أو حركة في خط مستقيم) , ويحتاج الجسم عوم القوة لتغير الحالة الدورانية للجسم .

العوامل التي تؤثر في القصور الذاتي الدوراني :

1- موضع محور الدوران بالنسبة للجسم

- كلما زادت المسافة بين كتلة الجسم و محور الدوران يزداد القصور الذاتي الدوراني



2- شكل الجسم و توزيع كتلته

- يختلف مقدار القصور الذاتي اذا كان الجسم أجوف او مصمت
- يختلف مقدار القصور الذاتي باختلاف طريقة توزيع كتلة الجسم حول محور الدوران

3- مقدار كتلة الجسم .

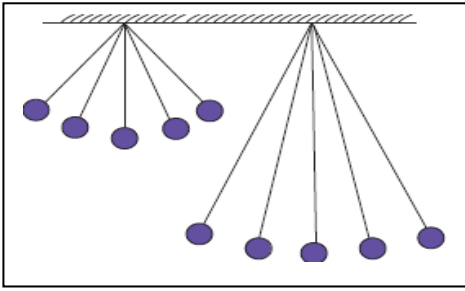
- بزيادة كتلة الجسم يزداد القصور الذاتي الدوراني .

ملاحظات :

- 1- مضرب كرة البيسبول ذي الذراع الطويل له قصور ذاتي دوراني أكبر من المضرب ذو اليد القصيرة .
- بسبب زيادة المسافة بين الجسم و محور الدوران .



- المضرب الطويل عندما يتحرك يكون له ميل أكثر للحركة عن القصير .
- المضرب الطويل يكون من الصعب زيادة سرعته بسبب قصوره الذاتي الدوراني الكبير . لذلك لا يميل الي التأرجح بسرعة .
- المضرب القصير له قصور ذاتي دوراني قليل لكن استعماله اسهل لانه من الممكن التحكم فيه بامساكه بقوة .

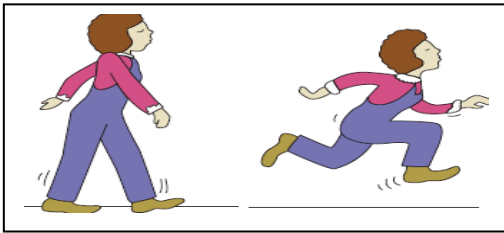


2- البندول البسيط الطويل له قصور ذاتي دوراني أكبر من البندول القصير بسبب زيادة المسافة بين الجسم و محور الدوران

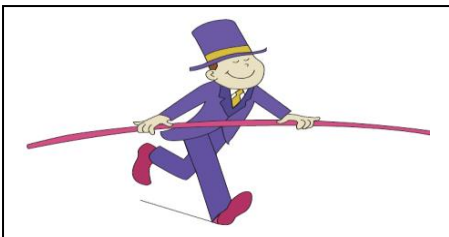
- لذلك يميل البندول القصير الي التحرك الي الامام والخلف أكثر من البندول الطويل.

3- الحيوانات ذات القوائم (الأرجل) الطويلة لها قصور ذاتي دوراني أكبر من الحيوانات ذات القوائم القصيرة بسبب زيادة المسافة بين الجسم و محور الدوران - لذلك الحيوانات ذات الرجل الطويلة تتحرك بسرعة أقل من الحيوانات ذات الأرجل القصيرة

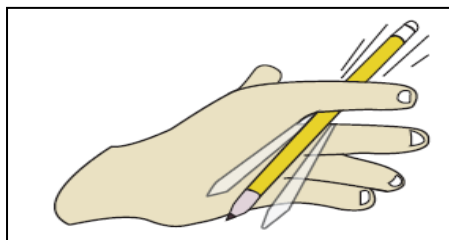
4- عند هز قدميك وهي ممدودة و عند هز قدميك عند ثني الساق. - نجد أن تحريك الساق أسهل في حالة ثنيها لان قصورها الذاتي الدوراني يقل وذلك بسبب اختلاف توزيع الكتلة حول محور الدوران .



5- عند الجري نميل الي ثني الركبة لتقليل القصور الذاتي الدوراني ويسهل الجري .



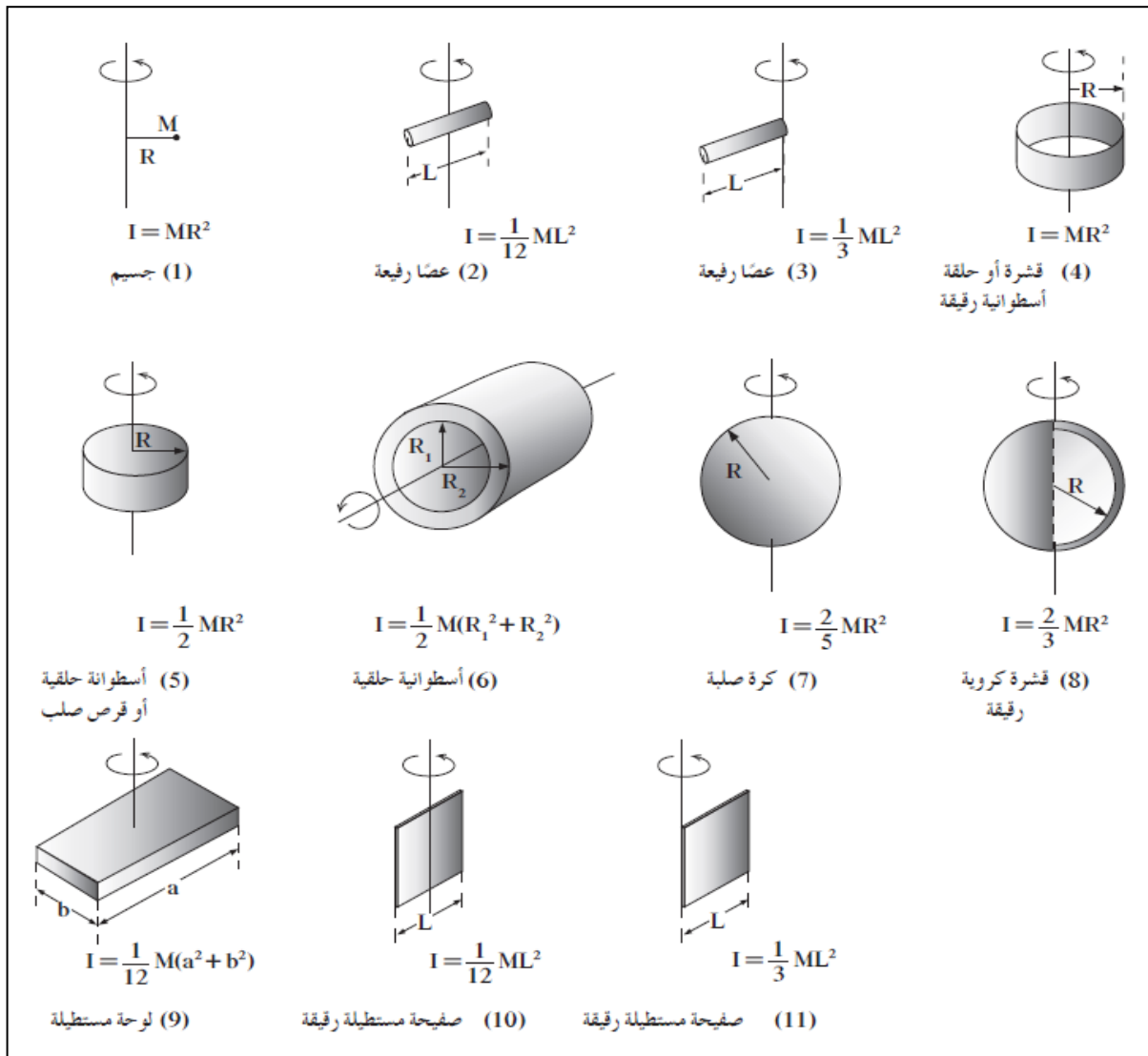
6- يمسك البهلوان عصا او يمد يده ليزيد من قصوره الذاتي الدوراني مما يساعده علي مقاومة الدوران ليحظي بوقت أطول للحفاظ علي اتزانه .



7- عند ارجحة القلم من منتصفه يكون أسهل لان قصوره الذاتي الدوراني يكون أقل من ارجحته من الطرف , لان قصوره الذاتي الدوراني يكون أقل عند ارجحته من المنتصف .

قوانين القصور الذاتي الدوراني:

يختلف قانون حساب القصور الذاتي الدوراني طبقاً لاختلاف موضع محور الدوران , أو شكل الجسم وتوزيع كتلته , أو كتلة الجسم .



ملاحظات :

- 1- يختلف مقدار القصور الذاتي الدوراني باختلاف توزيع الكتلة (جسم أجوف أو مصمت) شكل (4,5) (7,8)
- 2- يختلف مقدار القصور الذاتي الدوراني باختلاف موضع محور الدوران شكل (2,3) (10 , 11)
- 3- يختلف مقدار القصور الذاتي الدوراني باختلاف شكل الجسم (1,2,5,7)
- 4- بالنسبة للكتلة النقطية , إذا مر محور الدوران بالكتلة يكون $I = \text{zero}$

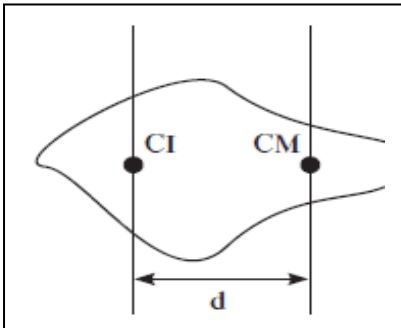
حساب القصور الذاتي الدوراني :

- عندما يمر محور الدوران بمركز ثقل الجسم يكون $I = I_0$ و يختلف قانون حساب I_0 حسب شكل الجسم كما هو موضح بالجدول السابق للأشكال الهندسية المختلفة .

- لكن اذا كان محور الدوران يبعد عن مركز ثقل الجسم بمقدار d يستخدم نظرية المحور الموازي لحساب القصور الذاتي الدوراني .

نظرية المحور الموازي :

تسمح لنا النظرية بحساب القصور الذاتي الدوراني للجسم عندما يدور حول أي محور مواز لمحور دورانه الأصلي . ويبعد عنه مسافة d



$$I = I_0 + md^2$$

I	القصور الذاتي الدوراني عند المحور الأصلي	====>	kg.m^2
I_0	القصور الذاتي الدوراني عند المحور الموازي	====>	kg.m^2
m	كتلة الجسم	====>	kg
d	المسافة الفاصلة بين المحورين	====>	m

مثال $\frac{2}{65}$: أحسب القصور الذاتي الدوراني لأسطوانة مصمته كتلتها 3 kg و قطرها 20 cm و تتدحرج علي منحدر , $I = \frac{1}{2} MR^2$

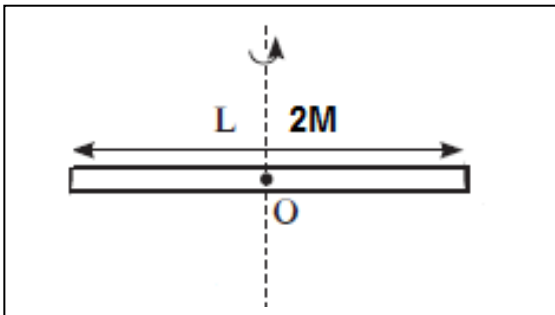
$$I = \frac{1}{2} MR^2 = \frac{1}{2} (3) \left(\frac{10}{100}\right)^2$$

$$I = 0.015 \text{ kg.m}^2$$

$$m = 3 \text{ kg}$$

$$2R = 20 \text{ cm}$$

$$I = ?$$



مثال :ساق منتظمة المقطع كتلتها 2 kg وطولها 2 m تدور حول نقطة O في منتصفها , اذا علمت ان القصور

$$I = \frac{1}{12} ML^2$$

الذاتي الدوراني يحسب بالعلاقة

أحسب :

1- القصور الذاتي الدوراني للعصاه .

$$I = \frac{1}{12} ML^2 = \frac{1}{12} (2) (2)^2$$

$$I = \frac{8}{12} \text{ Kg.m}^2$$

2- احسب القصور الذاتي الدوراني عندما يكون محور الدوران يبعد عن النقطة O مسافة 0.3 M

$$I = I_0 + md^2$$

$$I = \frac{8}{12} + (2) (0.3)^2$$

$$I = 0.846 \text{ Kg.m}^2$$

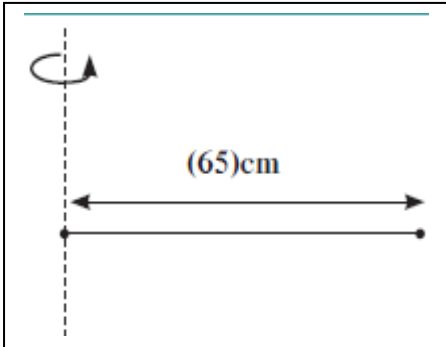
3- أحسب القصور الذاتي الدوراني اذا كان محور الدوران عند طرف العصا .

$$I = I_0 + md^2$$

$$I = \frac{8}{12} + (2) (1)^2$$

$$I = 2.66 \text{ Kg.m}^2$$

مثال $\frac{4}{65}$: أحسب القصور الذاتي الدوراني لعصا طولها 65 cm و كتلتها مهملة تنتهي بكتلتين متساويتين مقدار كلا منهما 0.3 kg و تدور حول أحد طرفيها كما بالشكل , علما أن $I = MR^2$



$$m_1 = m_2 = 0.3 \text{ kg}$$

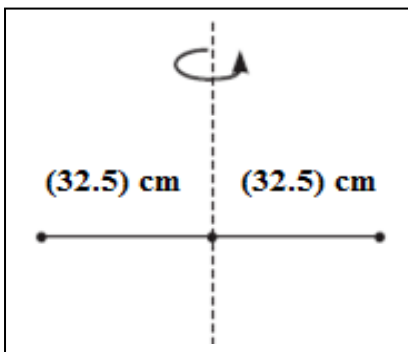
$$I = MR^2$$

$$I_{\text{system}} = ?$$

أ- إذا كان محور الدوران عند طرف العصا :
يتلاشي القصور الذاتي الدوراني للكتلة النقطية الموجودة عند محور الدوران , و بما أن العصا مهملة الكتلة يتلاشي القصور الذاتي الدوراني للعصا وبالتالي يصبح القصور الذاتي الكلي للنظام هو القصور الذاتي للكتلة البعيدة عن محور الدوران .

$$I_{\text{rod}} = I_0 = MR^2 = (0.3) \left(\frac{65}{100} \right)^2 = 0.13 \text{ Kg.m}^2$$

ب- أحسب القصور الذاتي الدوراني للعصا عندما تدور حول مركز كتلتها



ب - إذا أصبح محور الدوران عند مركز كتلة العصا (منتصف العصا) , يتلاشي القصور الذاتي الدوراني للعصا لأنها مهملة الكتلة , و يصبح القصور الذاتي الدوراني الكلي للنظام هو القصور الذاتي للكتلتين النقطيتين علي طرفي العصا .

$$I_{\text{system}} = I_{\text{كتلة 1}} + I_{\text{كتلة 2}} = 2 I_{\text{كتلة}}$$

وذلك لان الكتلتين متماثلتين .

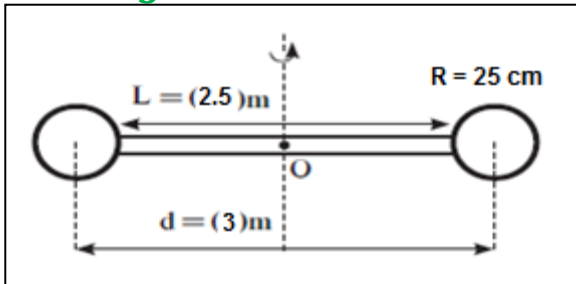
$$I_{\text{system}} = 2 [MR^2]$$

$$I_{\text{system}} = 2 \left[(0.3) \left(\frac{32.5}{100} \right)^2 \right] = 0.063 \text{ Kg.m}^2$$

مثال : أحسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مؤلف من قشرتين متماثلتين رقيقتين من الحديد كتلة الواحدة منهما 5 Kg و نصف قطرها 25 cm مثبتتين علي طرف عصا كتلتها 2 kg و طولها 2.5 m , والمسافة بين مركزي كتلة الكرتين 3 M , يدور النظام حول محور عمودي يمر بنقطة الوسط للعصا , علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الاجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها يساوي :

$$I_{\text{قشرة}} = \frac{2}{3} mr^2$$

$$I_{\text{عصا}} = \frac{1}{12} mL^2$$



$$I_{\text{system}} = I_{\text{ساق}} + 2 I_{\text{قشرة}}$$

$$I_{\text{ساق}} = I_0$$

$$I_{\text{ساق}} = \frac{1}{12} ML^2$$

$$I_{\text{ساق}} = \left[\frac{1}{12} (2) (2.5)^2 \right] = 1.04 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{\text{قشرة}} = I_0 + md^2$$

$$I_{\text{قشرة}} = \frac{2}{3} mR^2 + md^2$$

$$I_{\text{قشرة}} = \left[\frac{2}{3} (5) (0.25)^2 \right] + [(5)(1.5)^2] = 11.45 \text{ kg.m}^2$$

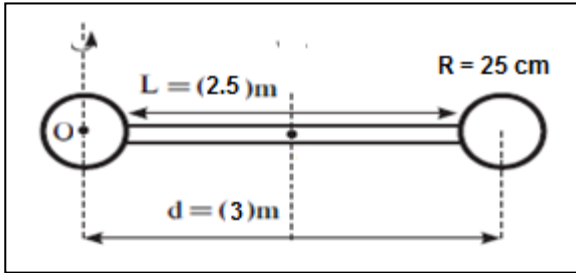
$$I_{\text{system}} = I_{\text{ساق}} + 2 I_{\text{قشرة}}$$

$$I_{\text{system}} = 1.04 + [(2) (11.45)] = 23.94 \text{ kg.m}^2$$

مثال : أحسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مؤلف من قشرتين متماثلتين رقيقتين من الحديد كتلة الواحدة منهما 5 Kg و نصف قطرها 25 cm مثبتتين علي طرف عصا كتلتها 2 kg و طولها 2.5 m , والمسافة بين مركزي الكتلة الكرتين 3 M , يدور النظام حول محور عمودي يمر بمركز أحدي القشرتين , علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الاجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها يساوي :

$$I_{\text{قشرة}} = \frac{2}{3} mr^2$$

$$I_{\text{عصا}} = \frac{1}{12} mL^2$$



$$I_{\text{system}} = I_{1\text{قشرة}} + I_{2\text{قشرة}} + I_{\text{ساق}}$$

$$I_{1\text{قشرة}} = I_0 = \frac{2}{3} mR^2 = \frac{2}{3} (5) (0.25)^2 = 0.208 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{2\text{قشرة}} = I_0 + md^2$$

$$I_{2\text{قشرة}} = \frac{2}{3} mR^2 + md^2$$

$$I_{2\text{قشرة}} = [0.208] + [(5)(3)^2] = 45.208 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{\text{ساق}} = I_0 + md^2$$

$$I_{\text{ساق}} = \frac{1}{12} ML^2 + md^2$$

$$I_{\text{ساق}} = [\frac{1}{12} (2) (2.5)^2] + [(2) (1.5)^2] = 12.833 \text{ Kg.m}^2$$

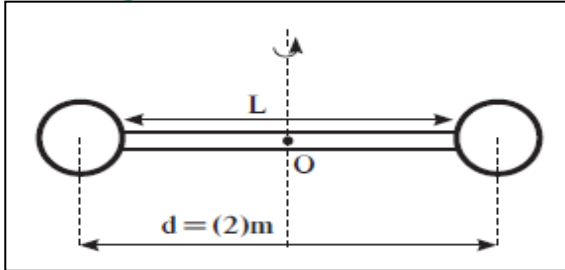
$$I_{\text{system}} = I_{1\text{قشرة}} + I_{2\text{قشرة}} + I_{\text{ساق}}$$

$$I_{\text{system}} = 0.208 + 45.208 + 12.833 = 58.249 \text{ kg.m}^2$$

مثال $\frac{1}{63}$: أحسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مؤلف من كرتين من الحديد كتلة الواحدة منهما 5 Kg و نصف قطرها 5 cm مثبتتين علي طرف عصا كتلتها 2 kg و طولها L , والمسافة بين مركزي كتلة الكرتين 2 M , يدور النظام حول محور عمودي يمر بنقطة الوسط للعصا , علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الاجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها يساوي :

$$I_{\text{كرة}} = \frac{2}{5} mr^2$$

$$I_{\text{عصا}} = \frac{1}{12} mL^2$$



$$m_1 = m_2 = 5 \text{ kg}$$

$$R_1 = R_2 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$m_{\text{عصا}} = 2 \text{ kg}$$

$$d = 2 \text{ m}$$

$$I_{\text{system}} = ?$$

$$I_{\text{system}} = I_{\text{كرة1}} + I_{\text{كرة2}} + I_{\text{عصا}}$$

$$I_{\text{system}} = 2 I_{\text{كرة}} + I_{\text{عصا}}$$

$$L = 2 - 0.05 - 0.05 = 1.9 \text{ M}$$

$$I_{\text{عصا}} = \frac{1}{12} ML^2 = \frac{1}{12} (2) (1.9)^2 = 0.6 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{\text{كرة}} = I_0 + md^2$$

$$I_{\text{كرة}} = \frac{2}{5} mR^2 + md^2$$

$$I_{\text{كرة}} = \left[\frac{2}{5} (5)(0.05)^2 \right] + [(5)(1)^2] = 5.005 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{\text{system}} = 2 I_{\text{كرة}} + I_{\text{عصا}}$$

$$I_{\text{system}} = [2 (5.005)] + 0.6 = 10.6 \text{ kg.m}^2$$

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الثاني : ميكانيكا الدوران

الدرس 3-3 : ديناميكا الدوران

- سنقوم في هذا الدرس بتحويل جميع المعادلات التي سبق دراستها في الاعوام السابقة من الحركة الخطية لنتناسب مع الحركة الدائرية .

- لكي تتم عملية التحويل سنقوم بعمل مقارنة دائمة بين الحركة الخطية و التي سبق دراستها مع الحركة الدائرية .

- و سيتم تحويل الكميات التالية من الكمية الخطية الي ما يمثلها في الحركة الدورانية و ذلك كما يلي :

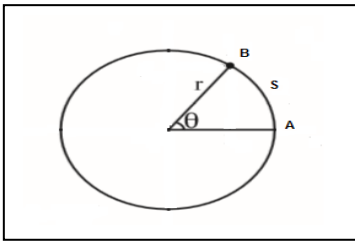
حركة في خط مستقيم		الحركة الدورانية
ازاحة خطية	S	ازاحة زاوية θ
سرعة خطية	V	سرعة زاوية ω
عجلة خطية	a	عجلة زاوية θ''
قوة	F	عزم قوة τ
كتلة	m	القصور الذاتي الدوراني I

- و سنبدأ في تحويل قوانين الحركة الخطية بالتتابع كما يلي :

الحركة منتظمة السرعة :

- سيتم عرض الفروق بين الحركتين علي صورة مقارنة كما يلي :

الحركة الدورانية المنتظمة	الحركة الخطية المنتظمة
- يقطع الجسم أقواسا متساوية خلال أزمنة متساوية .	- يقطع الجسم مسافات متساوية خلال أزمنة متساوية .
- السرعة الزاوية ثابتة المقدار .	- تكون السرعة الخطية ثابتة المقدار و الاتجاه.
- إزاحة الجسم في الحركة الدورانية تسمى θ إزاحة زاوية .	- إزاحة الجسم في الخط المستقيم تسمى إزاحة خطية S



العلاقة بين الازاحة الخطية و الازاحة الزاوية :

$$S = \theta r$$

θ	الأزاحة الزاوية	====>	Rad	راديان
S	الأزاحة	====>	M	متر
r	نصف القطر	====>	M	متر

ملاحظات :

1- اذا دار الجسم دورة واحدة كاملة يمكن حساب ازاحته كما يلي :

$$\theta = 2\pi$$

2- اذا دارا لجسم عدة دورات N يمكن حساب ازاحته كما يلي :

$$\theta = N 2\pi$$

N	عدد الدورات	====>	ليس لها وحدة
---	-------------	-------	--------------

الحركة الدورانية المنتظمة

- هي حركة الجسم حين يقطع الجسم علي محيط دائرة أقواسا متساوية في أزمنة متساوية.
- حركة الجسم حين يمسح نصف القطر زوايا متساوية في أزمنة متساوية .

الحركة الدورانية المنتظمة				الحركة الخطية المنتظمة			
$\omega = \frac{\theta}{t}$				$V = \frac{S}{t}$			
ω	السرعة الزاوية	====>	Rad/s راديان / ثانية	V	السرعة الخطية	====>	m/s متر / ثانية
θ	الأزاحة الزاوية	====>	Rad راديان	S	الأزاحة	====>	m متر
t	الزمن	====>	S ثانية	t	الزمن	====>	S ثانية

العلاقة بين السرعة الخطية و السرعة الزاوية :

$$V = \omega r$$

- | | |
|--|---|
| <p>1- السرعة الخطية ثابتة المقدار و متغيرة الاتجاه .</p> <p>2- السرعة الزاوية ثابتة المقدار والاتجاه عند جميع النقاط</p> <p>3- تنشأ العجلة الخطية a بسبب اختلاف اتجاه السرعة الخطية وليس بسبب اختلاف مقدارها و تكون في اتجاه المركز لذلك تسمى عجلة مركزية</p> <p>4- العجلة الزاوية تساوي صفر لان السرعة الزاوية ثابتة المقدار و الاتجاه .</p> | <p>1- السرعة الخطية ثابتة المقدار و متغيرة الاتجاه عند جميع النقاط.</p> <p>2- العجلة الخطية تساوي صفر لان السرعة الخطية ثابتة المقدار و الاتجاه .</p> |
|--|---|

$$\theta'' = \text{zero}$$

- هناك قوانين أخرى لحساب السرعة الزاوية (الدورانية) :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

ω	السرعة الزاوية	====>	Rad/s	راديان / ثانية
f	التردد	====>	Rev/s	دورة/ثانية
T	الزمن الدوري	====>	Sec	ثانية

الحركة منتظمة العجلة :

- عندما تتغير سرعة الجسم (الخطية أو الدورانية) بصورة منتظمة تسمى الحركة بالحركة المعجلة بانتظام .

الحركة الخطية منتظمة العجلة	الحركة الدورانية منتظمة العجلة
- هي حركة الجسم عندما تتغير سرعته الخطية للجسم المتحرك في خط مستقيم بالنسبة للزمن تغيرا منتظما .	- هي حركة الجسم عندما تتغير السرعة الزاوية للجسم المتحرك حركة دورانية بالنسبة للزمن تغيرا منتظما .
$a = \frac{v}{t}$	$\theta'' = \frac{\omega}{t}$

العلاقة بين العجلة الخطية و العجلة الزاوية :

$$a = \theta'' r$$

θ''	العجلة الزاوية	====>	rad/s ²	راديان / ثانية ²
a	العجلة الخطية	====>	m/s	متر/ثانية
r	نصف القطر	====>	m	متر

تتحول القوانين الي الشكل التالي :

$$\begin{aligned}\omega &= \omega_0 + \theta'' t \\ \theta &= \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2 \\ \omega^2 &= \omega_0^2 + 2 \theta'' \theta\end{aligned}$$

تطبق قوانين الحركة المعجلة بانتظام :

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at \\ s &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \\ v^2 &= v_0^2 + 2 a s\end{aligned}$$

θ''	العجلة الزاوية	====>	rad/s ²	راديان/ثانية ²
ω_0	السرعة الابتدائية	====>	rad/s	راديان/ثانية
ω	السرعة النهائية	====>	rad/s	راديان/ثانية
t	الزمن	====>	s	ثانية
θ	الازاحة الزاوية	====>	rad	راديان

ملاحظات:

1- عندها يتحرك الجسم بعجلة زاوية منتظمة

$$\theta'' = \text{ثابت}$$

2- اذا تحرك الجسم من السكون

$$\omega_0 = \text{zero}$$

3- اذا توقف الجسم عن الحركة

$$\omega = \text{zero}$$

مثال : تدور الكتلة النقطية M من السكون في مدار نصف قطره 50 cm ,
و بعجلة زاوية منتظمة مقدارها 10 rad/s² أحسب كلا من :
1- السرعة الزاوية بعد مرور زمن 10 s

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\omega = \text{zero} + [(10) (10)]$$

$$\omega = 100 \text{ rad/s}$$

2- الأزاحة الزاوية للكتلة خلال 10 s .

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$$

$$\theta = \text{zero} + [\frac{1}{2} (10) (10)^2]$$

$$\theta = 500 \text{ rad}$$

3- عدد الدورات التي تدورها الكتلة خلال 10 s .

$$\theta = N 2\pi$$

$$500 = N 2\pi$$

$$N = 79.61 \text{ rev}$$

مثال : تتحرك كتلة نقطية علي مسار دائري بسرعة زاوية مقدارها 10 rad/s
لنتوقف عن الحركة بعد مرور زمن 5s , أحسب :
1- العجلة الزاوية للكتلة النقطية .

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\text{zero} = 10 + [\theta'' (5)]$$

$$\theta'' = -2 \text{ rad/s}^2$$

2- الازاحة الزاوية للكتلة خلال زمن 5s .

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$$

$$\theta = [(10) (5)] + [\frac{1}{2} (-2) (5)^2]$$

$$\theta = 25 \text{ rad}$$

3- عدد الدورات التي تدورها الكتلة خلال نفس الفترة الزمنية .

$$\theta = N 2\pi$$

$$25 = N 2\pi$$

$$N = 3.97 \text{ rev}$$

الجسم المصمت :

هو نظام من جزيئات تبعد عن بعضها بعضا مسافات متساوية , وهو ثابت الشكل لا يتغير بتأثير القوى الخارجية أو عزوم القوى , أي انه غير قابل للتشكيل أو التشويه .

- في الحركة الخطية لا نفرق بين كتلة نقطية و جسم مصمت لان حركة الجسم تمثل بحركة النقطة أو حركة مركز الثقل للجسم .

- في الحركة الدورانية شكل الجسم و طريقة توزيع كتلته بالنسبة لمحور الدوران له تأثير علي حركته.

مثلا نلاحظ ان زمن وصول أسطوانة مفرغة الي أسفل منحدر يختلف عن زمن وصول أسطوانة مصمتة لها نفس الكتلة و نصف القطر. وذلك بسبب اختلاف طريقة توزيع كتلة الجسم بالنسبة لمحور الدوران .

- بالتالي تطبيق معادلات الحركة الدورانية علي كتلة نقطية يختلف عن تطبيقها علي جسم مصمت , وذلك بسبب اختلاف القصور الذاتي الدوراني لذلك الحركة الدورانية لجسم مصمت لا تتمثل في حركة مركز ثقله.

قوانين نيوتن:

تطبق القوانين الثلاث لنيوتن علي الحركة الدورانية كما يلي .

القانون الأول لنيوتن (الحركة الدورانية) :

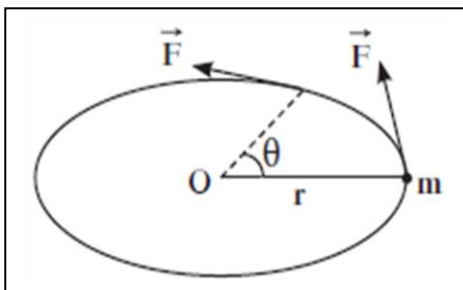
القانون الأول لنيوتن (الحركة الخطية)	القانون الأول لنيوتن (الحركة الدورانية)
يبقي الجسم الساكن ساكن و الجسم المتحرك يستمر في حركته الخطية المنتظمة ما لم تؤثر عليهما قوة خارجية	يبقي الجسم الساكن ساكن و الجسم المتحرك يستمر في حركته الدورانية المنتظمة ما لم تؤثر عليهما <u>عزم قوة</u> خارجية .

- لا يستطيع اطار السيارة ان يدير نفسه أو يوقف دورانه , الا عند التأثير عليه بعزم قوة خارجي.

القانون الثاني لنيوتن :

القانون الثاني لنيوتن (الحركة الدورانية) محصلة عزوم القوى الخارجية المؤثرة في النظام حول محور دوران ثابت تساوي حاصل ضرب العجلة الدورانية و القصور الذاتي الدوراني حول محور الدوران نفسه . $\tau = I \theta''$	القانون الثاني لنيوتن (الحركة الخطية) محصلة القوة الخارجية المؤثرة في النظام تساوي حاصل ضرب العجلة الخطية في كتلة الجسم $F = m a$
---	---

استنتاج القانون الثاني لنيوتن للحركة الدورانية :



$$F = m a$$

$$a = r \theta''$$

$$F = m r \theta''$$

بضرب طرفي المعادلة في r .

$$F r = m r^2 \theta''$$

$$\tau = F r \quad , , , , \quad I = m r^2$$

$$\tau = I \theta''$$

عند التأثير علي الجسم بعزوم مختلفة يصبح القانون :

$$\Sigma \tau = I \theta''$$

θ''	العجلة الزاوية	====>	rad/s ²	رديان / ثانية ²
τ	عزم القوة	====>	N/m	نيوتن/متر
I	القصور الذاتي الدوراني	====>	Kg.m ²	كيلوجرام . متر ²

بالمقارنة بقانون نيوتن الثاني نجد أن عزم القوة محل القوة و القصور الذاتي الدوراني محل الكتلة و العجلة الزاوية محل العجلة الخطية .

مثال : عجلة مطحنة عبارة عن قرص كتلته 10 kg ونصف قطره 10 cm تدور بمعدل 1500 rev/m ، انزلت بانتظام لتتوقف في زمن 10 s . علماً بأن عزم القصور الذاتي للعجلة يتعين من العلاقة $I = \frac{1}{2} m r^2$.

1- العجلة الزاوية التي تحرك بها القرص .

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \left(\frac{1500}{60}\right) = 50\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$0 = 50\pi + \theta'' (10)$$

$$\theta'' = -5\pi \text{ rad/s}^2$$

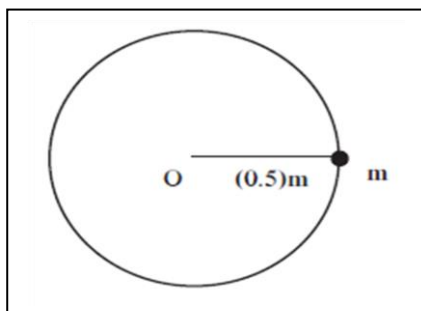
2- عزم القوة الذي اثر عليها .

$$I = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2} (10) (0.1)^2 = 0.05 \text{ kg.m}^2$$

$$\tau = I \theta''$$

$$\tau = (0.05) (-5\pi) = -\frac{1}{4} \pi \text{ N.M}$$

مثال $\frac{1}{70}$: تدور كتلة نقطية كتلتها 2 kg حول محور ثابت يبعد عنها 50 cm بتأثير عزوم قوى خارجية ثابتة , بدأت الكتلة حركتها من سكون و أكتسبت سرعة بتردد مقداره 2 rev/s خلال 3.14 s . أحسب : 1- العجلة الزاوية 2- محصلة عزوم القوى الخارجية



$$m = 2 \text{ kg}$$

$$r = 0.5 \text{ m}$$

$$\omega_0 = 0$$

$$f = 2 \text{ rev/s}$$

$$t = 3.14 \text{ s}$$

$$\theta'' = ?$$

$$\tau = ?$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi (2) = 4\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$4\pi = 0 + \theta'' (3.14)$$

$$\theta'' = 4 \text{ rad/s}^2$$

$$I = m r^2 = (2) (0.5)^2 = 0.5 \text{ kg.m}^2$$

$$\tau = I \theta''$$

$$\tau = (0.5) (4) = 2 \text{ N.M}$$

مثال $\frac{2}{71}$: يدور برغي حول محور يمر بمركز كتلته بتردد 3600 rev/s و أثر عليه عزم ازدواج ثابتا بعكس الاتجاه يؤدي الي توقفه بعد دقيقة واحدة , علما أن القصور الذاتي الدوراني له يساوي 0.2 kg.m^2 . أحسب :

1- عزم الدوران الذي أدى الي توقفه 2- عدد الدورات التي أكملها البرغي حتي يتوقف

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \left(\frac{3600}{60}\right) = 120\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\text{zero} = 120\pi + \theta'' (3.14)$$

$$\theta'' = -2\pi \text{ rad /s}^2$$

$$\tau = I \theta''$$

$$\tau = (0.2) (-2\pi) = -1.256 \text{ N.M}$$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$$

$$\theta = [(120\pi) (60)] + [\frac{1}{2} (-2\pi) (60)^2]$$

$$\theta = 3600 \pi \text{ rad}$$

$$\theta = N 2\pi$$

$$3600 \pi = N 2\pi$$

$$N = 1800 \text{ دورة}$$

$$f_0 = 3600 \text{ rev/m}$$

$$\omega = \text{zero}$$

$$t = 60 \text{ s}$$

$$I = 0.2 \text{ kg.m}^2$$

$$\theta'' = ?$$

$$\tau = ?$$

$$\theta = ?$$

$$N = ?$$

مثال $\frac{2}{75}$: تدور عجلة قطرها 1.5 m و كتلتها 4 kg تحت تأثير عزم قوة مماسية مقدارها

$F = 6 \text{ N}$ تنطلق العجلة من السكون , أحسب : 1- العجلة الزاوية

2- الأزاحة الزاوية خلال زمن 5s 3- عدد الدورات التي تكملها العجلة خلال زمن 5s

$$R = \frac{1.5}{2} = 0.75 \text{ m}$$

$$\tau = F r = (6) (0.75) = 4.5 \text{ N.M}$$

$$I = m r^2 = (4) (0.75)^2 = 2.25 \text{ kg.m}^2$$

$$\tau = I \theta''$$

$$4.5 = (2.25) \theta''$$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$$

$$\theta = [\text{zero}] + [\frac{1}{2} (2) (5)^2]$$

$$\theta = 25 \text{ rad}$$

$$\theta = N 2\pi$$

$$25 = N 2\pi$$

$$N = 3.9 \text{ دورة}$$

$$2r = 1.5 \text{ m}$$

$$m = 4 \text{ kg}$$

$$F = 6 \text{ N}$$

$$\omega_0 = \text{zero}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

$$\theta'' = ?$$

$$\theta = ?$$

$$N = ?$$

مثال $\frac{6}{88}$: تخضع أسطوانة الي عزم مقداره 50 N.m فتدور و لتصبح ازاحتها الزاوية 100 rad خلال 2 s و تقف بعد هذا الوقت الاسطوانة بفعل عزم قوة احتكاك و تستغرق 80 s حتي عودتها الي السكون أحسب : 1- القصور الذاتي الدوراني للأسطوانة
2- مقدار عزم قوى الاحتكاك

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$$

$$100 = [\text{zero}] + [\frac{1}{2} \theta'' (2)^2]$$

$$\theta'' = 50 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau = I \theta''$$

$$50 = I 50$$

$$I = 1 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\omega = \text{zero} + [(50) (2)]$$

$$\omega = 100 \text{ rad/s}$$

$$\tau = 50 \text{ N.M}$$

$$\theta = 100 \text{ rad}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$\omega_0 = \text{zero}$$

$$\theta'' = ?$$

$$I = ?$$

$$\omega = \text{zero}$$

$$t = 80 \text{ s}$$

$$\tau = ?$$

عند الاحتكاك و عودة الأسطوانة للسكون :

ω_0 الجزء الأول = ω الجزء الثاني

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\text{zero} = 100 + [\theta'' (80)]$$

$$\theta'' = -1.25 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau = I \theta''$$

$$\tau = (1) (-1.25) = -1.25 \text{ N.M}$$

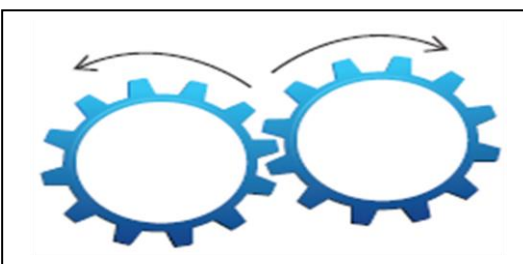
القانون الثالث لنيوتن :

القانون الثالث لنيوتن (الحركة الدورانية)

القانون الثالث لنيوتن (الحركة الخطية)

لكل عزم قوة عزم قوة مضاد له (يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه)

لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار و يعاكسه في الاتجاه



- نلاحظ ان تدوير عجلة مسننة في اتجاه معين يجعل عجلة مسننة أخرى متداخلة معها تدور في الاتجاه المعاكس .

الشغل الناتج عن عزم قوة منتظمة :

الشغل (للحركة الدورانية)

$$W = \tau \theta$$

الشغل (للحركة الخطية)

$$W = F S$$

استنتاج قانون لحساب الشغل فى الحركة الدورانية :

$$W = F S$$

$$S = \theta r$$

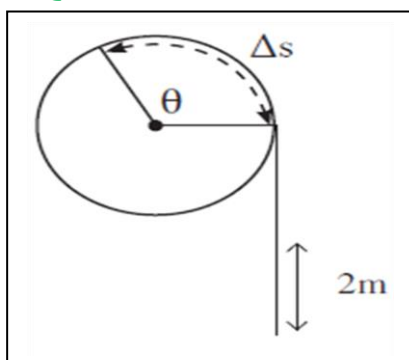
$$W = F . r \theta$$

$$\tau = F r$$

$$W = \tau \theta$$

W	الشغل	====>	J	جول
θ	الأزاحة الزاوية	====>	Rad	راديان
τ	عزم القوة	====>	N/M	نيوتن.متر

مثال $\frac{3}{73}$: حبل ملفوف حول قرص حديدي قطره 2 m و كتلته 5 kg , أحسب الشغل الناتج عن سحب الحبل بقوة ثابتة 50 N , لمسافة مترين الى الأسفل .



$$2R = 2 \text{ m}$$

$$m = 5 \text{ Kg}$$

$$W = ?$$

$$F = 50 \text{ N}$$

$$S = 2 \text{ M}$$

$$R = \frac{2}{2} = 1 \text{ M}$$

$$\tau = F R = (50) (1) = 50 \text{ N.M}$$

$$S = \theta r$$

$$2 = \theta (1) \implies \theta = 2 \text{ rad}$$

$$W = \tau \theta$$

$$W = (50) (2) = 100 \text{ J}$$

الطاقة الحركية في الحركة الدورانية :

الطاقة الحركية (الحركة الدورانية)

$$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

الطاقة الحركية (الحركة الخطية)

$$K.E = \frac{1}{2} m v^2$$

استنتاج قانون لحساب الطاقة الحركية في الحركة الدورانية :

$$K.E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$V = \omega r$$

$$K.E = \frac{1}{2} m r^2 \omega^2$$

$$I = m r^2$$

$$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

K.E	الطاقة الحركية	====>	J	جول
I	القصور الذاتي الدوراني	====>	kg . m ²	كيلوجرام . متر ²
ω	السرعة الدورانية	====>	Rad/s	راديان/ثانية

مثال $\frac{1}{25}$ الهامش: أحسب الطاقة الحركية الدورانية لعصا كتلتها 500 g و طولها 50 cm تدور حول محور بسرعة دورانية 10 rad/s , حيث $(I = \frac{1}{12} m L^2)$.

$$m = \frac{500}{1000} = 0.5 \text{ kg} \quad , \quad L = \frac{50}{100} = 0.5 \text{ M}$$

$$I = \frac{1}{12} M L^2 = \frac{1}{12} (0.5) (0.5)^2 = \frac{1}{96} \text{ Kg.m}^2$$

$$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{96} \right) (10)^2 = 0.52 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} m &= 500 \text{ g} \\ L &= 50 \text{ cm} \\ \omega &= 10 \text{ Rad/s} \\ K.E &= ? \end{aligned}$$

مثال - قرص مصمت كتلته 0.25 Kg و نصف قطره 10cm يدور حول محور عمودي يمر في مركزه بسرعة زاوية مقدارها 10 rad/s أحسب الطاقة الحركية الدورانية للقرص (علما بأن $I = \frac{1}{2} M r^2$)

$$I = \frac{1}{2} M r^2 = \frac{1}{2} (0.25) \left(\frac{10}{100} \right)^2 = \frac{1}{800} \text{ Kg.m}^2$$

$$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{800} \right) (10)^2 = 0.0625 \text{ J}$$

$$\begin{aligned} m &= 0.25 \text{ Kg} \\ r &= 10 \text{ cm} \\ \omega &= 10 \text{ Rad/s} \\ K.E &= ? \end{aligned}$$

مثال : كتلة نقطية كتلتها 0.1 kg و قصورها الذاتي الدوراني يساوي 10 kg.m^2 تتحرك بسرعة دورانية مقدارها 20 rad/s أثرت فيها عزم قوة مقدارها 10 N.M لمدة 5 s , أحسب كلا من :
1- العجلة الزاوية التي يتحرك بها الجسم :

$$\tau = I \theta''$$

$$10 = 10 \theta''$$

$$\theta'' = 1 \text{ rad/s}^2$$

2- السرعة الزاوية النهائية للكتلة النقطية .

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\omega = 20 + [(1) (5)]$$

$$\omega = 25 \text{ rad /s}$$

3- الازاحة الزاوية للكتلة .

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$$

$$\theta = [(20)(5)] + [\frac{1}{2} (1) (5)^2]$$

$$\theta = 112.5 \text{ rad}$$

4- عدد الدورات التي تعملها الكتلة .

$$\theta = N 2\pi$$

$$112.5 = N 2\pi$$

$$N = 17.9 \text{ دورة}$$

5- طاقة الحركة الابتدائية و النهائية للكتلة .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} (10) (20)^2 = 2000 \text{ J}$$

$$K.E_2 = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} (10) (25)^2 = 3125 \text{ J}$$

6- مقدار الشغل المبذول .

$$W = \Delta K.E$$

$$W = K.E_2 - K.E_1 = 3125 - 2000$$

$$W = 1125 \text{ J}$$

القدرة P :

هي المعدل الزمني لإنجاز شغل .

القدرة (للحركة الدورانية)

$$P = \tau \omega$$

القدرة (للحركة الخطية)

$$P = F V$$

استنتاج قانون لحساب القدرة في الحركة الدورانية :

$$P = \frac{dW}{dt}$$

$$W = \tau \theta$$

$$P = \frac{d\tau \theta}{dt} = \tau \frac{d\theta}{dt}$$

$$P = \tau \omega$$

K.E	القدرة	====>	Watt	الوات
τ	عزم القوة	====>	N.M	نيوتن . متر
ω	السرعة الدورانية	====>	Rad/S	راديان/ثانية

مثال $\frac{4}{74}$: قرص مصمت كتلته 1 kg و نصف قطره 50 cm , قصوره الذاتي الدوراني $I = \frac{1}{2} m R^2$, طبق عليه عزم قوة منتظم مقداره 5 N.M , يبدأ دورانه من السكون , أحسب القدرة التي يبذلها عزم القوة في ثانيتين .

$$I = \frac{1}{2} m R^2$$

$$I = \frac{1}{2} (1) (0.5)^2 = 0.125 \text{ Kg.m}^2$$

$$\tau = I \theta''$$

$$5 = (0.125) \theta''$$

$$\theta'' = 40 \text{ rad/s}^2$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\omega = \text{zero} + [(40) (2)]$$

$$\omega = 80 \text{ rad/s}$$

$$P = \tau \omega = (5) (80) = 400 \text{ watt}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$R = 0.5 \text{ M}$$

$$I = \frac{1}{2} m R^2$$

$$\tau = 5 \text{ N.M}$$

$$\omega_0 = \text{zero}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$P = ?$$

مثال : طبقت قوة ثابتة (40)N مماسياً على حافة قرص نصف قطره (20)cm وعزم القصور الذاتي له $(10) \text{ kg.m}^2$. أوجد:
1- العجلة الزاوية للقرص.

$$\tau = F r = (40) (0.2) = 8 \text{ N.M}$$

$$\tau = I \theta''$$

$$8 = (10) \theta'' \quad \implies \theta'' = 0.8 \text{ rad/s}^2$$

2- السرعة الزاوية بعد (4)s من السكون.

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$\omega = \text{zero} + [(0.8) (4)]$$

$$\omega = 3.2 \text{ rad /s}$$

3- الازاحة الزاوية التي عملها الجسم .

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$$

$$\theta = [\text{zero}] + [\frac{1}{2} (0.8) (4)^2]$$

$$\theta = 6.4 \text{ rad}$$

4- عدد اللفات خلال هذه الفترة الزمنية.

$$\theta = N 2\pi$$

$$6.4 = N 2\pi$$

$$N = 1.01 \text{ دورة}$$

5- الشغل المبذول خلال 4 sec.

$$W = \tau \theta$$

$$W = (8) (6.4) = 51.2 \text{ J}$$

6- طاقة الحركة النهائية للحركة .

$$K.E_2 = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} (10) (3.2)^2 = 51.2 \text{ J}$$

7- القدرة خلال 4sec .

$$P = \tau \omega = (8) (3.2) = 25.6 \text{ watt}$$

مثال $\frac{3}{75}$: تطلق صخرة كروية قطرها 30 cm صعودا على منحدر يميل على الأفق بزاوية 15° بسرعة زاوية مقدارها 40 rad/s , تتدحرج هذه الصخرة صعودا من دون أن تنزلق , أحسب الارتفاع الذي وصلت اليه هذه الصخرة عند توقفها , علما أن القصور الذاتي الدوراني للصخرة $I = \frac{2}{5} m R^2$.

$$R = \frac{0.3}{2} = 0.15 \text{ M}$$

$$2R = 0.3 \text{ M}$$

$$\omega_0 = 40 \text{ rad/s}$$

$$I = \frac{2}{5} m R^2$$

$$h = ?$$

$$M.E_1 = M.E_2$$

$$K.E_1 + P.E_1 = K.E_2 + P.E_2$$

$$K.E_1 = P.E_2$$

$$\frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2 = m g h$$

$$\frac{1}{2} \frac{2}{5} m R^2 \omega^2 + \frac{1}{2} m \omega^2 R^2 = m g h$$

$$\frac{1}{5} R^2 \omega^2 + \frac{1}{2} \omega^2 R^2 = g h$$

$$\frac{1}{5} (0.15)^2 (40)^2 + \frac{1}{2} (40)^2 (0.15)^2 = (10) h$$

$$h = 2.25 \text{ M}$$

مماثلة قوانين الحركة الدورانية

$\omega = \frac{\theta}{t}$	$v = \frac{s}{t}$	السرعة
$v = \omega r$		العلاقة بين السرعة الخطية و الزاوية
$\theta'' = \frac{\omega}{t}$	$a = \frac{v}{t}$	العجلة
$a = \theta'' r$		العلاقة بين العجلة الخطية و الزاوية
$\omega = \omega_0 + \theta'' t$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \theta'' \theta$	$v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = v_0^2 + 2 a s$	قوانين الحركة المعجلة بانتظام
$\tau = I \theta''$	$F = m a$	القانون الثاني لنيوتن
$\tau = F r$		العلاقة بين العزم و القوة لكتلة نقطية
$W = \tau \theta$	$W = F S$	الشغل
$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2$	$K.E = \frac{1}{2} m v^2$	طاقة الحركة
$P = \tau \omega$	$P = F V$	القدرة

قوانين خاصة بالحركة الزاوية :

$s = \theta r$	العلاقة بين الازاحة الخطية و الزاوية
$\theta = 2\pi$	الازاحة الزاوية لجسم يدور دورة واحدة
$\theta = N 2\pi$	الازاحة الزاوية لجسم يدور عدة دورات
$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$	السرعة الزاوية لجسم يتحرك بسرعة زاوية منتظمة
$I = m r^2$	القصور الذاتي الدوراني لكتلة نقطية .
$\tau = F r$	عزم القوة لكتلة نقطية تدور حول محور .

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الثالث : كمية الحركة الخطية

الدرس 2 - 1 : كمية الحركة و الدفع

كمية الحركة :

القصور الذاتي للجسم المتحرك .
حاصل ضرب الكتلة ومتجه السرعة.

$$\vec{P} = m \vec{V}$$

P	كمية الحركة	====>	$Kg . m/s$
m	الكتلة	====>	Kg
V	السرعة	====>	m/s

ملاحظات :

1- كمية الحركة كمية متجهة لأنها ناتجة عن حاصل ضرب كمية متجهة (السرعة) في كمية عددية (الكتلة) .

2- تقاس كمية الحركة بوحدة $Kg . m / s$.

3- يكون لكمية الحركة اتجاه السرعة دائمة , لأن كتلة الجسم دائما موجبة .

4- يصعب ايقاف شاحنة كبيرة عن ايقاف سيارة صغيرة تتحرك بالسرعة نفسها لأن كمية الحركة الخطية للشاحنة أكبر من السيارة الصغيرة بسبب كتلتها الكبيرة .

5- اذا تحركت سيارتان لهما نفس الكتلة بسرعتين مختلفتين , فإن السيارة الابطأ يسهل ايقافها . لأن كمية الحركة لها صغيرة . بسبب سرعتها المنخفضة , بينما كمية الحركة للسيارة السريعة كبيرة بسبب سرعتها العالية .

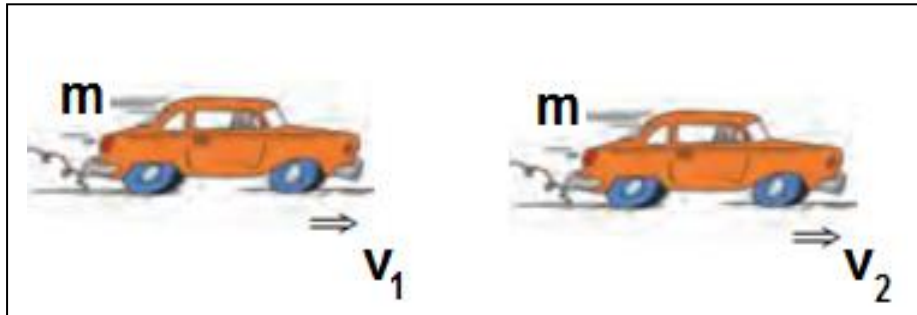
كمية الحركة الخطية لنظام مكون من عدة كتل نقطية :

تساوي كمية الحركة الخطية الكلية للنظام حاصل جمع كمية الحركة لكل جسم .

$$\vec{P}_{\text{system}} = \sum \vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots + \vec{P}_n$$

حساب التغير في كمية الحركة الخطية لجسم :

إذا تحرك جسم كتلته m و تغيرت سرعته من v_1 الي v_2 , يمكن حساب التغير في كمية الحركة الخطية له كما يلي :



$$P_1 = m v_1 \quad , , , , , , , , , , \quad P_2 = m v_2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\Delta P = m v_2 - m v_1$$

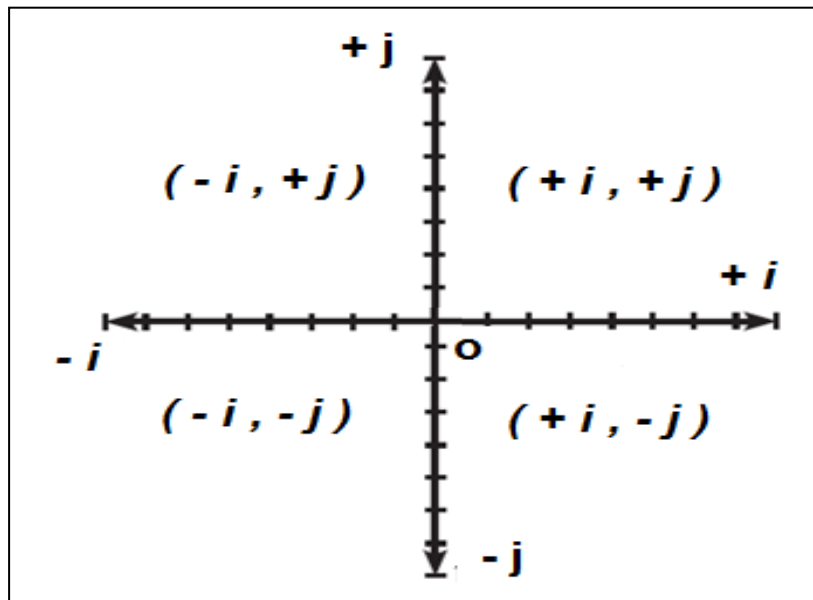
$$\Delta P = m (v_2 - v_1)$$

$$\Delta P = m \Delta v$$

ΔP	التغير في كمية الحركة	=====>	$Kg \cdot m/s$
m	الكتلة	=====>	Kg
Δv	التغير في السرعة	=====>	m/s

احداثيات المتجهات :

يرمز للمحور x بالرمز i و للمحور y بالرمز j و يمكن تمثيل المتجهات كما هو موضح بالشكل التالي :



مثال : يتحرك جسم كتلته 10 kg بسرعة 4 m/s في الاتجاه الموجب لمحور x أثرت فيه قوة مقدارها 20 N فزادت سرعته إلى 8 m/s احسب .
(أ) كمية الحركة الخطية الابتدائية

$$\vec{P}_1 = m \vec{V}_1$$

$$\vec{P}_1 = (10)(4i) = 40i\text{ kg.m/s}$$

$$m = 10\text{ kg}$$

$$V_1 = +4i\text{ m/s}$$

$$V_2 = +8i\text{ m/s}$$

$$P_1 = ?$$

(ب) كمية الحركة الخطية النهائية

$$\vec{P}_2 = m \vec{V}_2$$

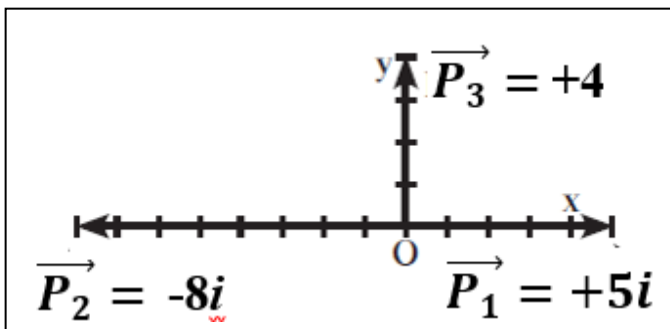
$$\vec{P}_2 = (10)(8i) = 80i\text{ kg.m/s}$$

(ج) مقدار التغير في كمية الحركة

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\Delta P = 80i - 40i = 40i\text{ kg.m/s}$$

مثال $\frac{1}{93}$: في الشكل ثلاث متجهات كمية الحركة لثلاث كتل نقطية , أحسب كمية الحركة المتجهة للنظام .



$$\vec{P}_1 = +5i\text{ kg.m/s}$$

$$\vec{P}_2 = -8i\text{ kg.m/s}$$

$$\vec{P}_3 = +4j\text{ kg.m/s}$$

$$P_T = ?$$

$$\vec{P}_T = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3$$

$$\vec{P}_T = 5i + (-8i) + 4j$$

$$\vec{P}_T = -3i + 4j\text{ kg.m/s}$$

الدفع :

حاصل ضرب مقدار القوة في زمن تأثيرها علي الجسم.

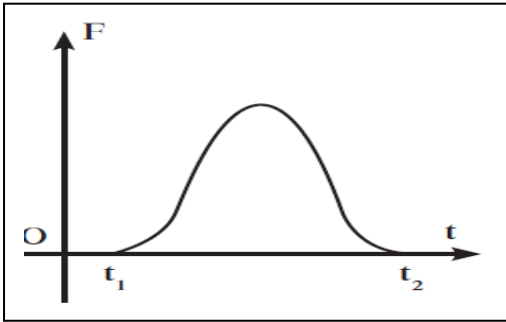
$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t$$

I	الدفع	====>	N.s
F	القوة	====>	N
t	الزمن	====>	s

ملاحظات :

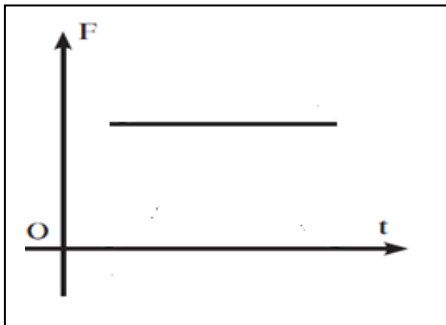
- 1- الدفع كمية متجهة لانها ناتج عن حاصل ضرب كمية متجهة (القوة) في كمية عددية (الزمن) .
- 2- الدفع يقاس بوحدة N.S
- 3- الدفع كمية متجهة لها اتجاه القوة . لان الزمن دائما كمية موجبة .

4- القوة المؤثرة تكون دائما قوة متغيرة مثل الدفع الذي تتلقاه كرة من قدم لاعب حيث تتغير قيمة القوة من صفر في لحظة تماس الكرة حتي تصل الي قيمة عظمي ثم تتناقص الي ان تتلاشي . كما بالشكل المقابل



متوسط القوة :

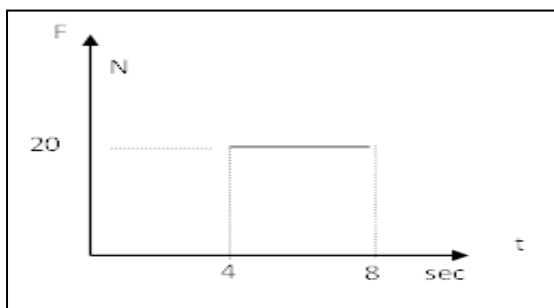
القوة الثابتة التي لو أثرت في الجسم للفترة الزمنية نفسها لأحدثت الدفع نفسه الذي تحدثه القوة المتغيرة.



وبالتالي سنتعامل مع القوة في المسائل علي انها متوسط القوة لتصبح قوة منتظمة .

حساب الدفع بيانيا :

يمكن حساب الدفع بيانيا عن طريق حساب المساحة تحت منحنى القوة - الزمن .



مثال : أحسب بيانيا الدفع من الشكل البياني التالي

$$I = (4) (20)$$

$$I = 80 \text{ N.S}$$

العلاقة بين الدفع و كمية الحركة الخطية :

$$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P}$$

$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t = \overrightarrow{\Delta P} = m \Delta V$$

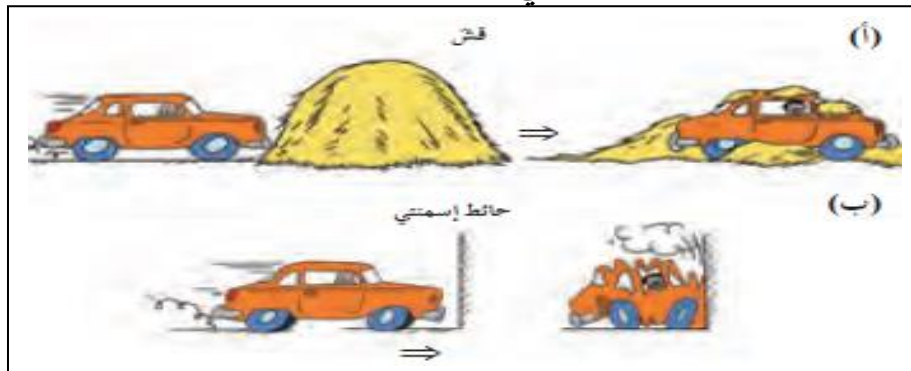
I	الدفع	=====>	N.s
F	القوة	=====>	N
t	الزمن	=====>	s
ΔP	التغير في كمية الحركة	=====>	Kg . m/s
ΔV	التغير في السرعة	=====>	m/s

ملاحظات :

1- الدفع يساوي مقدار التغير في كمية الحركة الخطية .

2- كلما كان تأثير القوة اكبر في الجسم يعني ذلك وجود تغير اكبر في السرعة و بالتالي تغير اكبر في كمية الحركة

3- ان حدث التغير في كمية الحركة في فترة زمنية أطول يكون تأثير قوة الدفع أقل (حالة أ)
بينما اذا حدث التغير في كمية الحركة الخطية في فترة زمنية قصيرة يكون تأثير القوة أكبر
(حالة ب) , وذلك عند ثبات قيمة التغير في كمية الحركة الخطية .

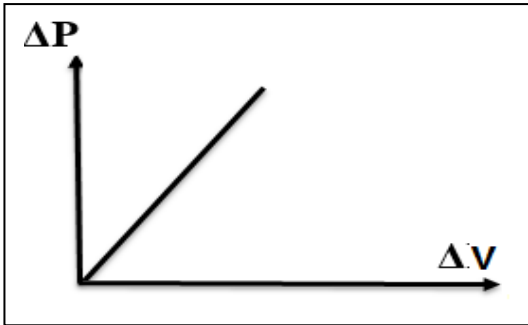


4- كلما كان الدفع الذي يتلقاه الجسم أكبر كلما كان التغير في كمية الحركة أكبر .

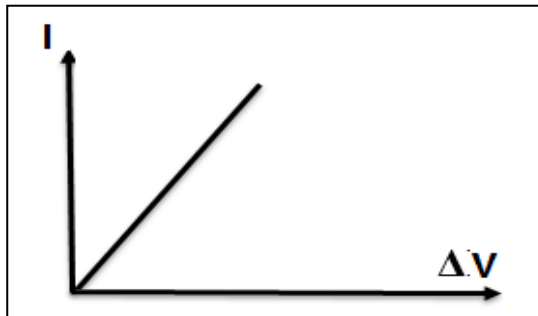
5- اذا كان الدفع في نفس اتجاه الحركة فإن كمية الحركة تزداد (تزداد سرعة الجسم)
اذا كان الدفع في عكس اتجاه الحركة فإن كمية الحركة تقل (تقل سرعة الجسم)

6- يمكن ايجاد العديد من العلاقات البيانية طبقا للمعادلة السابقة , وذلك كما يلي

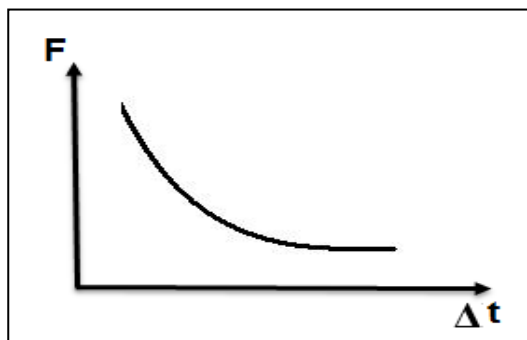
$$\vec{I} = \vec{F} \Delta t = \overrightarrow{\Delta P} = m \Delta V$$



الميل = m



الميل = m



عند ثبات قيمة التغير في كمية الحركة (الدفع الذي يتلقاه الجسم) فانه عندما يزداد زمن التأثير يقل تأثير قوة الدفع , وعندما يقل زمن التأثير يزداد تأثير قوة الدفع

مثال $\frac{4}{98}$: جسم ساكن كتلته 100 g , تعرض لقوة مقدارها 100 N لفترة زمنية مقدارها 0.01 s أحسب :

- 1- التغير في كمية الحركة
- 3- التغير في سرعة الجسم

- 2- الدفع
- 4- سرعة الجسم النهائية

$$\overrightarrow{\Delta P} = \overrightarrow{F} \Delta t$$

$$\overrightarrow{\Delta P} = (100) (0.01) = 1 \text{ kg.m/s}$$

$$I = \overrightarrow{\Delta P}$$

$$I = 1 \text{ N.S}$$

$$\overrightarrow{\Delta P} = m \overrightarrow{\Delta V}$$

$$1 = (0.1) \overrightarrow{\Delta V}$$

$$\Delta V = 10 \text{ m/s}$$

$$V_1 = \text{zero}$$

$$m = 0.1 \text{ kg}$$

$$F = 100 \text{ N}$$

$$\Delta t = 0.01 \text{ s}$$

$$\Delta P = ?$$

$$I = ?$$

$$\Delta V = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$10 = V_2 - \text{zero}$$

$$V_2 = 10 \text{ m/s}$$

- مثال $\frac{5}{98}$: أثرت قوة مقدارها 30000 N لمدة 4 s في كتلة كبية مقدارها 950 kg أحسب :
- 1- الدفع
 - 2- التغير في مقدار كمية الحركة
 - 3- التغير في متحه السرعة

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

$$\vec{I} = (30000) (4)$$

$$\vec{I} = 120\,000 \text{ N.S}$$

$$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P} = 120\,000 \text{ kg.m/s}$$

$$F = 30000 \text{ N}$$

$$\Delta t = 4 \text{ s}$$

$$m = 950 \text{ kg}$$

$$I = ?$$

$$\Delta P = ?$$

$$\Delta V = ?$$

$$\overrightarrow{\Delta P} = m \Delta V$$

$$120\,000 = 950 \Delta V$$

$$\Delta V = 126.31 \text{ m/s}$$

- مثال : جسم كتلته 3 Kg أثرت فيه قوة مقدارها 12 N فزادت سرعته من 10 m/s إلى 18 m/s احسب :
أ - الدفع المعطى للجسم

$$\vec{I} = m \Delta V$$

$$\vec{I} = (3) (18 - 10) = 24 \text{ N.S}$$

ب - التغير في كمية الحركة للجسم

$$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P} = 24 \text{ kg.m/s}$$

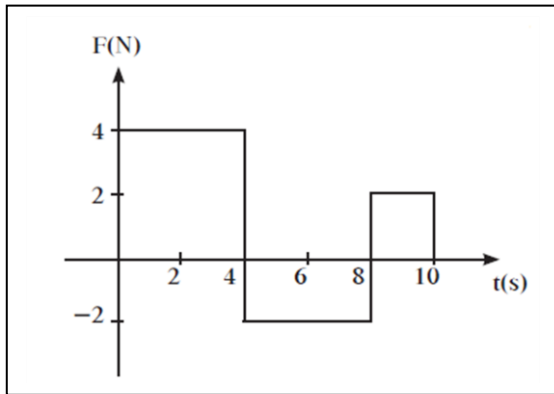
ج - زمن تأثير القوة

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

$$24 = (12) \Delta t$$

$$\Delta t = 2 \text{ s}$$

مثال $\frac{6}{113}$ قوة متغيرة تتمثل بالرسم البياني التالي تؤثر في جسم ساكن كتلته 2 kg أحسب :



$$m = 2 \text{ kg}$$

$$V_1 = \text{zero}$$

أ - سرعة الجسم عند نهاية الثانية الرابعة

$$\vec{F} \Delta t = m \Delta V$$

$$\vec{F} \Delta t = m (V_2 - V_1)$$

$$(4) (4) = (2) (V_2 - \text{zero})$$

$$V_2 = 8 \text{ m/s}$$

ب- الدفع خلال الثانيةين الأخيرتين

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

ج- دفع القوة الكلي

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

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

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

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

د- الطاقة الحركية في نهاية مدة التأثير

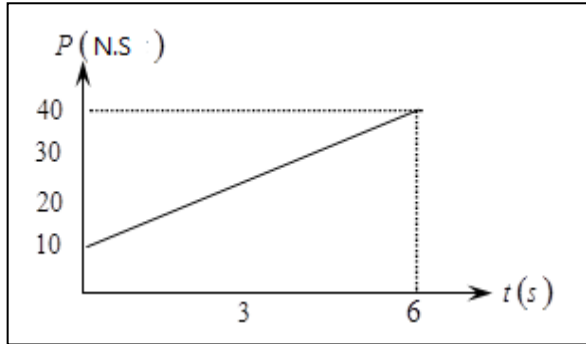
$$\vec{I} = m \Delta V$$

$$12 = (2) (V_f - \text{zero})$$

$$V_f = 6 \text{ m/s}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (2) (6)^2 = 36 \text{ J}$$

مثال : يبين الخط البياني الموضح بالشكل التغير في كمية الحركة لجسم كتلته 2Kg يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس - أحسب :
أ- كمية حركته الخطية الابتدائية.



$$P_1 = 10 \text{ KG.M/S}$$

ب- كمية حركته الخطية النهائية.

$$P_2 = 40 \text{ kg.m/s}$$

ج- التغير في كمية حركته.

$$\overrightarrow{\Delta P} = P_2 - P_1 = 40 - 10 = 30 \text{ Kg.m/s}$$

د- الدفع الذي تلقاه الجسم.

$$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P} = 30 \text{ kg.m/s}$$

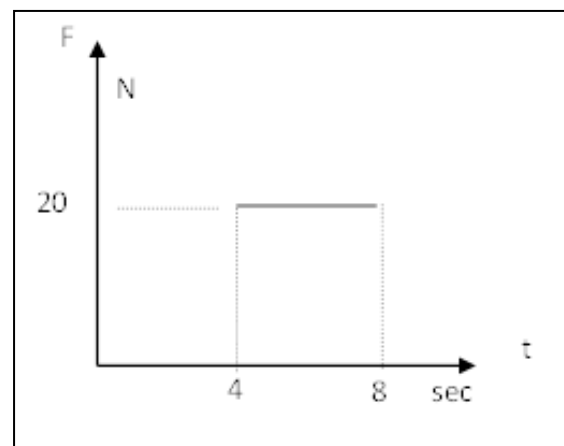
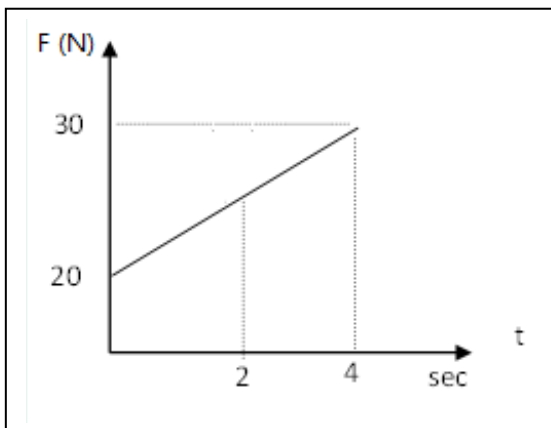
هـ - مقدار متوسط القوة المؤثرة عليه

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

$$30 = F (6)$$

$$F = 5 \text{ N}$$

مثال - من المنحني البياني التالي أحسب التغير في كمية الحركة الخطية للجسم (الدفع الذي يتلقاه الجسم) :



$$I_1 = (20) (4) = 80 \text{ N.S}$$

$$I_2 = \frac{1}{2} (4) (10) = 20 \text{ N.S}$$

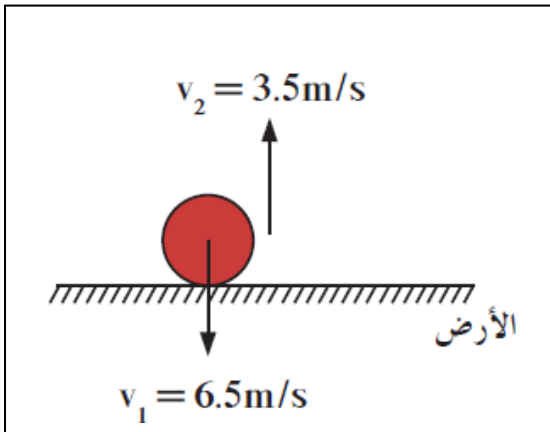
$$I = 80 + 20 = 100 \text{ N.S}$$

$$I = \Delta P = 100 \text{ kg.m/s}$$

$$I = (20) (4) = 80 \text{ N.S}$$

$$I = \Delta P = 80 \text{ kg.m/s}$$

مثال $\frac{6}{98}$: كرة كتلتها 0.15 kg , اذا كانت سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض تساوي 6.5 m/s و سرعة ارتدادها 3.5 m/s , أحسب مقدار و اتجاه القوة المؤثرة في الأرض نتيجة الاصطدام اذا استمر لمدة 0.025 s .



$$\begin{aligned} m &= 0.15 \text{ kg} \\ V_1 &= - 6.5 \text{ j m/s} \\ V_2 &= + 3.5 \text{ j m/s} \\ F &= ? \\ \Delta t &= 0.025 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\vec{F} \Delta t = m \Delta V$$

$$\vec{F} (0.025) = (0.15) [3.5\text{j} - (-6.5\text{j})]$$

$$\vec{F} = 60 \text{ N}$$

مثال : سقطت كرة مطاطية كتلتها 420 gm من مكان مرتفع فوصلت سطح الأرض بسرعة 20 M/S ثم ارتدت رأسيا الي أعلي بسرعة 15 M/S اذا كان زمن تلامسها بالأرض 0.1 S أحسب أ- كمية الحركة الخطية الابتدائية

$$\vec{P}_1 = m \vec{V}_1$$

$$\vec{P}_1 = (0.42) (-20\text{j}) = - 8.4\text{j kg.m/s}$$

ب- كمية الحركة الخطية النهائية

$$\vec{P}_2 = m \vec{V}_2$$

$$\vec{P}_2 = (0.42) (15\text{j}) = + 6.3\text{j kg.m/s}$$

ج - مقدار التغير في كمية الحركة

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\Delta P = +6.3\text{j} - (-8.4\text{j}) = + 14.7 \text{ j kg.m/s}$$

د - القوة المؤثرة في الكرة لحظة اصطدامها بالأرض .

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

$$14.7\text{j} = F (0.1)$$

$$F = 147\text{j N}$$

القانون الثاني لنيوتن :

مشتق كمية الحركة بالنسبة للزمن يساوي محصلة القوي الخارجية المؤثرة في النظام .

- ويمكن ايجاد صيغة جديدة لقانون نيوتن الثاني كما يلي :

$$\Sigma F = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{P}$$

$$\Sigma F = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{d \vec{P}}{d t}$$

ΔP	التغير في كمية الحركة	====>	kg m/s
F	القوة	====>	N
Δt	الزمن	====>	s
$\frac{d \vec{P}}{d t}$	مشتقة كمية الحركة بالنسبة للزمن	====>	kg m/s ²

مثال $\frac{2}{96}$: كتلة نقطية مقدارها 1 Kg تتحرك بسرعة منتظمة 10 m/s في الاتجاه الموجب لمحور x , أثرت قوة منتظمة علي الجسم لمدة 4 s فخفضت سرعتها الي 2 m/s دون تغير اتجاهها , أحسب : 1- كمية الحركة قبل تأثير القوة و بعده
2- الدفع
3- مقدار القوة المؤثرة في الجسم و اتجاهها

$$\vec{P}_1 = m \vec{V}_1$$

$$\vec{P}_1 = (1) (10i) = 10i \text{ kg.m/s}$$

$$\vec{P}_2 = m \vec{V}_2$$

$$\vec{P}_2 = (1) (2i) = 2i \text{ kg.m/s}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\Delta P = 2i - 10i = -8i \text{ kg.m/s}$$

$$I = \Delta P = -8i \text{ kg.m/s}$$

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

$$-8i = F (4)$$

$$F = -2i \text{ N}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$V_1 = +10i \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 4 \text{ s}$$

$$V_2 = +2i \text{ m/s}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_2 = ?$$

$$\Delta P = ?$$

$$I = ?$$

$$F = ?$$

الوحدة الأولى : الحركة

الفصل الثاني : كمية الحركة الخطية

الدرس 2 - 2 : حفظ كمية الحركة الخطية التصادمات

حفظ (بقاء) كمية الحركة :

في غياب القوى الخارجية المؤثرة , تبقى كمية الحركة للنظام ثابتة ومنتظمة و لا تتغير .

- لأحداث تغير في كمية الحركة الخطية للجسم لابد من وجود دفع يؤثر فيه اي قوة خارجية تؤثر في النظام . لكن القوى الداخلية لا تحدث شغلا , علي سبيل المثال

- قوى التفاعل بين الجزيئات الموجودة داخل كرة القدم ليس لها تأثير في تغير سرعتها و كمية حركتها .

- اذا دفعت مقعد السيارة الامامي فيما تجلس أنت في المقعد الخلفي لا يحدث ذلك تغير في كمية الحركة للسيارة أو في سرعتها .

وذلك لان قوي التفاعل بين الجزيئات أو قوتك المبذولة علي المقعد هي قوى داخلية تتواجد علي شكل زوج من القوى المتزنة (محصلتها تساوي صفر) وبالتالي يلغي تأثيرها داخل الجسم .

وبالتالي : لا يحدث تغير في كمية الحركة الا في وجود قوة خارجية مؤثرة علي النظام أو الجسم .

اذا كانت القوة الخارجية المؤثرة علي النظام تساوي صفر

$$\Sigma F_{ext} = \frac{d \vec{P}}{d t} = ZERO$$

- والكمية الفيزيائية التي لا تتغير مع الزمن تعتبر كمية محفوظة .

هناك أمثلة عديدة محفوظة فيها كمية الحركة مثل :

- 1- النشاط الاشعاعي للذرات
- 2- تصادم السيارات
- 3- انفجار النجوم
- 4- التفاعل بين جزيئات الغاز داخل الكرة

- لان القوى المؤثرة في هذه الانظمة لا تحدث تغير في كمية الحركة .

لكن :

عندما تؤثر قوى خارجية علي النظام فإن كمية الحركة تصبح غير محفوظة و تتغير مقدار السرعة أو اتجاهها أو المقدار و الاتجاه معا .

مثال : - عندما تؤثر قوة الاحتكاك علي السيارة المتحركة في خط مستقيم فإن مقدار سرعة السيارة تتغير و تتغير كمية الحركة .

- في الحركة الدائرية يتغير اتجاه السرعة الخطية من نقطة الي أخرى و بالتالي يحدث تغير في كمية الحركة .

مثال $\frac{1}{112}$: سيارة كتلتها 1500 kg تتحرك بسرعة 120 km/hr قرر السائق تخفيض سرعتها , هل كمية حركة النظام محفوظة ؟ أحسب متوسط القوة المبذولة لاييقاف السيارة خلال 8 s .

كمية الحركة غير محفوظة بسبب وجود قوة الاحتكاك و هي قوة خارجية تؤثر علي السيارة عند استخدام الفرامل

$$\begin{aligned} m &= 1500 \text{ kg} \\ v_1 &= 120 \text{ km/hr} \\ v_2 &= \text{zero} \\ F &= ? \\ \Delta t &= 8 \text{ s} \end{aligned}$$

$$P_1 = m v_1 = (1500) \left(120 \times \frac{1000}{3600} \right) = 50000 \text{ kg m/s}$$

$$P_2 = m v_2 = \text{zero}$$

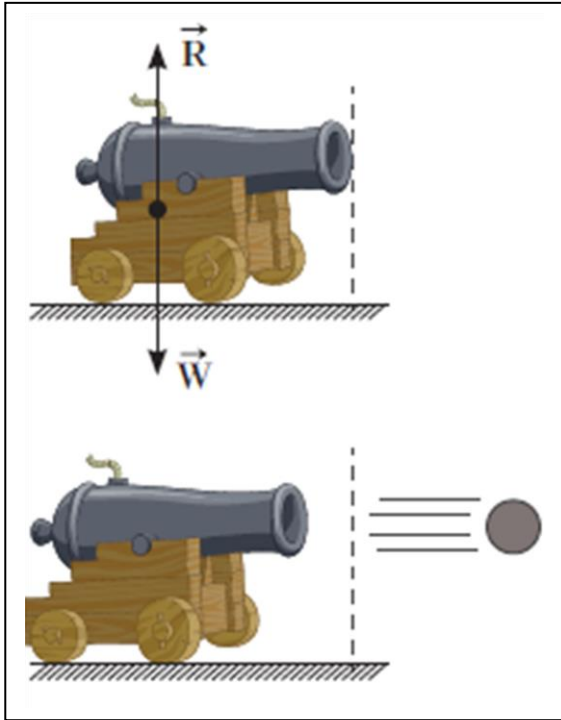
$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 - 50000 = - 50000 \text{ kgm/s}$$

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

$$- 50000 = F (8)$$

$$F = - 6250 \text{ N}$$

سرعة ارتداد المدفع



النظام المكون من المدفع و القذيفة متزن قبل الإطلاق لان وزن المدفع لاسفل مساوي لقوة رد الفعل لأعلي .

يعتبر ارتداد المدفع عند اطلاق القذيفة أحد تطبيقات حفظ كمية الحركة , لان عند الاطلاق ينفجر البارود ويقذف القذيفة خارج المدفع و تعتبر قوى داخلية و تبقى القوى الخارجية تساوي صفر .

وبالتالي :

$$\Delta \vec{P} = \text{zero}$$

$$\vec{P}_i = \vec{P}_f$$

وحيث أن المدفع و القذيفة كانا ساكنتان قبل الاطلاق يصبح $\vec{P}_i = \text{ZERO}$ وبالتالي :

$$0 = \vec{P}_f$$

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

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

- الإشارة السالبة تعني أن سرعتين متعاكستين نتيجة الارتداد .
وبالمثل يمكن حساب سرعة ارتداد أي جسم .

مثال : طلقة مسدس كتلتها 50g (انطلقت بسرعة 120 m/s) من مسدس كتلته 600 g احسب سرعة ارتداد المسدس

$$\text{طلقة (m v) مسدس} = \text{طلقة (m v) مسدس}$$

$$(0.6) v_{\text{مسدس}} = - (0.05) (120)$$

$$v_{\text{مسدس}} = - 10 \text{ m/s}$$

$$m_{\text{طلقة}} = 0.05 \text{ kg}$$

$$v_{\text{طلقة}} = 120 \text{ m/s}$$

$$m_{\text{مسدس}} = 0.6 \text{ kg}$$

$$V_{\text{مسدس}} = ?$$

مثال $\frac{1}{101}$ الهامش : انفجر جسم كتلته 200 gm و انقسم الي نصفين متساوين ,
أحسب سرعة الجزء الثاني منه اذا كانت سرعة الجسم الأول -0.1 m/s علي
المحور الأفقي بالاتجاه السالب .

$$v_2 = + 0.1 \text{ m/s}$$

$$m = 0.2 \text{ kg}$$

$$v_2 = ?$$

$$v_1 = - 0.1 \text{ m/s}$$

مثال $\frac{2}{101}$ الهامش : يقف رجل كتلته 76 kg علي لوح خشبي طافي كتلته 45 kg
اذا خطا بعيدا عن اللوح الخشبي بسرعة 2.5 m/s , كم ستبلغ سرعة اللوح
الخشبي .

$$(m v)_{\text{رجل}} = - (m v)_{\text{لوح}}$$

$$(76) (2.5) = - (45) v_{\text{لوح}}$$

$$v_{\text{لوح}} = - 4.2 \text{ m/s}$$

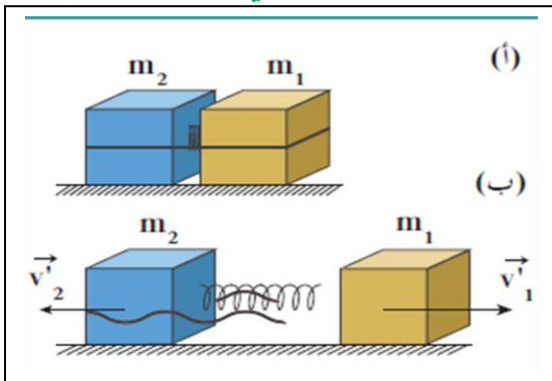
$$m_{\text{رجل}} = 76 \text{ kg}$$

$$m_{\text{لوح}} = 45 \text{ kg}$$

$$v_{\text{رجل}} = 2.5 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{لوح}} = ?$$

مثال $\frac{1}{102}$: كتلتان نقطيتان مقدارهما $m_1 = 1 \text{ kg}$, $m_2 = 2 \text{ kg}$ مربوطان بخيط و
تضغطان زنبرك بينهما وموضعان علي سطح أفقي عديم الاحتكاك , عند حرق الخيط يتحرر
الزنبرك و يدفع الكتلتين فتتحرك m_1 بسرعة 1.8 m/s بالاتجاه الموجب علي المحور x , هل
كمية حركة النظام محفوظة ؟ أحسب سرعة الكتلة m_2



$$m_1 = 1 \text{ kg}$$

$$m_2 = 2 \text{ kg}$$

$$v_1 = +1.8 \text{ i}$$

$$v_2 = ?$$

$$(m_1 v_1) = - (m_2 v_2)$$

$$(1) (+1.8 \text{ i}) = - (2) v_2$$

$$v_2 = - 0.9 \text{ i m/s}$$

التصادمات :

التصادمات غالبا في فترة زمنية قصيرة للغاية لذلك تكون القوة الخارجية المؤثرة مهملة بالنسبة للقوة الداخلية المسببة للتصادم . وبالتالي يعتبر التصادم نظاما معزولا .

- كذلك في عملية الانفجار تحدث ايضا في فترة زمنية قصيرة لذلك تعتبر القوة الخارجية مهملة بالنسبة للقوة الداخلية الهائلة . وبالتالي يعتبر الانفجار نظاما معزولا .

وبالتالي : اذا حصلت عملية تصادم او انفجار في فترة زمنية قصيرة جدا تكون كمية حركة النظام محفوظة .

كمية الحركة للنظام قبل التصادم = كمية الحركة للنظام بعد التصادم

انواع التصادمات:

تصادمات مرنة كلياً		تصادمات لا مرنة	
تصادم لا مرن		تصادم لا مرن كلياً	
تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة		تكون الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة	
الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم = الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم		الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم $\neq$ الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم	
لا ينتج تشوهات او يولد حرارة بين الاجسام المتصادمة		ترتد الجزيئات بعيدا عن بعضها البعض بسرعات مختلفة عن سرعتها قبل التصادم	
مثال : تصادم الجزيئات الصغيرة		يحول الفقد في الطاقة الحركية الي تشوهات في شكل النظام	
مثال : تصادم الجزيئات الصغيرة		مثال: البندول القذفي	

1- التصادم المرن كلياً :

تكون كمية الحركة للنظام محفوظة

كمية الحركة للنظام بعد التصادم = كمية الحركة للنظام قبل التصادم

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

تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة

الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم = الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم

$$K.E'_{\text{قبل}} = K.E_{\text{بعد}}$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} m v'^2_1 + \frac{1}{2} m v'^2_2$$

يمكن حساب سرعة كلا من الجسمين بعد التصادم من العلاقات التالية :

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

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

حالات خاصة :

إذا كانت الكتلة m_2 ساكنة قبل التصادم يكون :

1- إذا كانت الكتلة m_1 أكبر من الكتلة m_2 ستتحرك الكتلتان بعد التصادم باتجاه v_1

2- إذا كانت الكتلة m_1 أصغر من الكتلة m_2 سترتد m_1 بعكس اتجاه v_1 و تتحرك الكتلة m_2 في اتجاه v_1

3- إذا كانت $m_1 = m_2$ نجد أن m_1 بعد التصادم تصبح ساكنة و تتحرك الكتلة m_2 في اتجاه v_1 و بنفس المقدار. (كمية الحركة انتقلت كلياً من الجسم 1 الي الجسم 2)

مثال: يتحرك جسم كتلته 5 kg بسرعة مقدارها 2 m/s في الاتجاه الموجب +x تصادم مع جسم آخر كتلته 3 kg يتحرك بسرعة 2m/s عكس اتجاه حركة الجسم الأول أحسب سرعة كلا من الجسمين بعد التصادم وحدد اتجاه كل منهما .

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

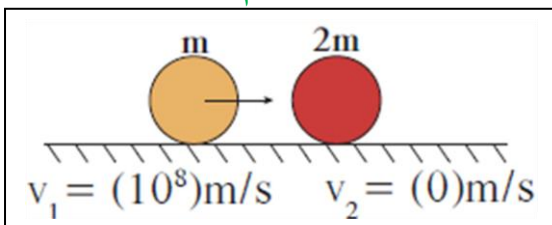
$$\vec{v}'_1 = \frac{[2(3)(-2i)] + [(5-3)(2i)]}{(5+3)} = -1i \text{ m/s}$$

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

$$\vec{v}'_2 = \frac{[2(5)(2i)] - [(5-3)(-2i)]}{(5+3)} = +3i \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} m_1 &= 5 \text{ kg} \\ v_1 &= +2i \text{ m/s} \\ m_2 &= 3 \text{ kg} \\ v_2 &= -2i \text{ m/s} \\ \vec{v}'_1 &= ? \\ \vec{v}'_2 &= ? \end{aligned}$$

مثال $\frac{2}{104}$: نيوترون كتلته $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ و سرعته الابتدائية $10^8 i \text{ m/s}$ تصادم مع جسيم ساكن كتلته ضعف كتلة النيوترون , أحسب سرعة الجسمين بعد التصادم بفرض انه تصادم تام المرونة



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

$$\vec{v}'_1 = \frac{(1.6 \times 10^{-27} - 3.2 \times 10^{-27})(+10^8 i)}{(1.6 \times 10^{-27} + 3.2 \times 10^{-27})}$$

$$\vec{v}'_1 = -0.33 \times 10^6 i \text{ m/s}$$

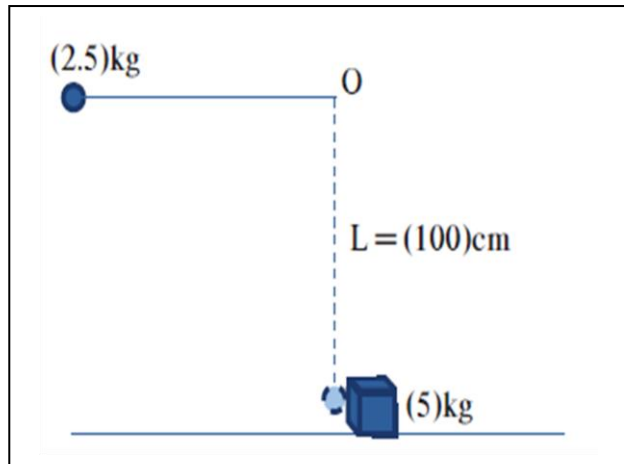
$$\vec{v}'_2 = \frac{2 m_1 \vec{v}_1 - (m_1 - m_2) \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}'_2 = \frac{2(1.6 \times 10^{-27})(+10^8 i)}{(1.6 \times 10^{-27} + 3.2 \times 10^{-27})} = +0.66 \times 10^6 i \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} m_1 &= 1.6 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ v_1 &= +10^8 i \text{ m/s} \\ m_2 &= 3.2 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ v_2 &= \text{zero} \\ \vec{v}'_1 &= ? \\ \vec{v}'_2 &= ? \end{aligned}$$

مثال $\frac{5}{113}$: كرة حديدية مصمتة كتلتها 2.5 kg مربوطة بخيط عديم الوزن لا يتمدد طوله 100 cm ومثبت من النقطة O , سحب الكرة ليصبح الحبل أفقياً مشدوداً , و تركت لتتحرك من السكون لتتصادم تصادماً مرناً بمكعب حديدي كتلته 5 kg , أحسب

- 1- سرعة الكرة قبل اصطدامها بالمكعب .
- 2- سرعة الكرة و المكعب بعد التصادم مباشرة .



$$m_1 = 2.5 \text{ kg}$$

$$m_2 = 5 \text{ kg}$$

$$L = 1 \text{ M}$$

$$\theta_m = 90^\circ$$

$$v_1 = ?$$

$$v_1 = \text{zero}$$

$$\vec{v}'_1 = ?$$

$$\vec{v}'_2 = ?$$

$$\text{الأتزان } M.E = \text{اقصى ارتفاع } M.E$$

$$\text{الأتزان } (K.E + P.E) = \text{اقصى ارتفاع } (K.E + P.E)$$

$$\text{الأتزان } P.E = \text{zero} , \text{ اقصى ارتفاع } K.E = \text{zero}$$

$$\text{الأتزان } K.E = \text{اقصى ارتفاع } P.E$$

$$m_1 gL (1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

$$gL (1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} v_1^2$$

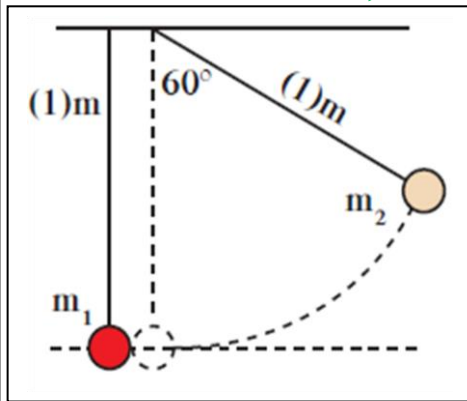
$$[(10) (1) (1 - \cos(90))] = \frac{1}{2} v_1^2$$

$$v_1 = + 4.47 \text{ i m/s}$$

$$\vec{v}'_1 = \frac{2 m_2 \vec{v}_2 + (m_1 - m_2) \vec{v}_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{[(2.5 - 5)(+ 4.47 \text{ i})]}{(2.5 + 5)} = - 1.49 \text{ i m/s}$$

$$\vec{v}'_2 = \frac{2 m_1 \vec{v}_1 - (m_1 - m_2) \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{[2 (2.5)(+ 4.47 \text{ i})]}{(2.5 + 5)} = + 2.98 \text{ i m/s}$$

مثال $\frac{7}{109}$: كرتان كتلة الأولي 200 g و الثانية 400 g معلقتان و متزناتان بخيطين طول كل خيط 1 M بجانب بعضهما البعض , سحبت الكرة الثانية بحيث بقي الخيط مشدود و صنع زاوية 60° مع الخيط العمودي , وترك يتحرك نحو الكرة m_1 الساكنة , أحسب



- 1- سرعة الكرة m_2 قبل التصادم مباشرة .
- 2- سرعة الكرتين بعد التصادم بفرض أن التصادم تام المرونة
- 3- الارتفاع الذي تصل اليه الكرتين بعد التصادم

$$m_1 = 0.2 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0.4 \text{ kg}$$

$$L = 1 \text{ M}$$

$$\theta_m = 60^\circ$$

$$v_2 = ?$$

$$h_1 = ?$$

$$h_2 = ?$$

$$\text{M.E} = \text{M.E} \text{ اقصى ارتفاع}$$

$$\text{K.E} + \text{P.E} = \text{K.E} + \text{P.E}$$

$$\text{K.E} \text{ اقصى ارتفاع} = \text{zero} , , \text{P.E} \text{ الأتزان} = \text{zero}$$

$$m_2 g L (1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$g L (1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} v_2^2$$

$$[(10) (1) (1 - \cos(60))] = \frac{1}{2} v_2^2$$

$$v_2 = - 3.16 \text{ i m/s}$$

$$\vec{v}'_1 = \frac{2 m_2 \vec{v}_2 + (m_1 - m_2) \vec{v}_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{[2 (0.4)(-3.16 \text{ i})]}{(0.2 + 0.4)} = - 4.2 \text{ i m/s}$$

$$\vec{v}'_2 = \frac{2 m_1 \vec{v}_1 - (m_1 - m_2) \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{-[(0.2 - 0.4)(-3.16 \text{ i})]}{(0.2 + 0.4)} = -1.05 \text{ i m/s}$$

الجسم الثاني

$$\text{M.E} \text{ الأتزان} = \text{M.E} \text{ اقصى ارتفاع}$$

$$\text{K.E} = \text{P.E}$$

$$\frac{1}{2} m_2 \vec{v}'_2 = m_2 g h_2$$

$$\frac{1}{2} \vec{v}'_2 = g h_2$$

$$\frac{1}{2} (- 1.05)^2 = 10 h_2$$

$$h_2 = 0.055 \text{ M}$$

الجسم الأول

$$\text{M.E} \text{ الأتزان} = \text{M.E} \text{ اقصى ارتفاع}$$

$$\text{K.E} = \text{P.E}$$

$$\frac{1}{2} m_1 \vec{v}'_1 = m_1 g h_1$$

$$\frac{1}{2} \vec{v}'_1 = g h_1$$

$$\frac{1}{2} (- 4.2)^2 = 10 h_1$$

$$h_1 = 0.882 \text{ M}$$

2- التصادم الأملن حليا :

تكون كمية الحركة للنظام محفوظة
 كمية الحركة للنظام بعد التصادم = كمية الحركة للنظام قبل التصادم

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

تكون الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة
 الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم $\neq$ الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم
 $K.E' \neq K.E$ بعد

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 \neq \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \vec{v}'^2$$

يمكن حساب سرعة جملة الجسمين (النظام) بعد التصادم من العلاقات التالية :

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

مثال: يتحرك جسم كتلته 5kg بسرعة 3 m/s شمالا (الاتجاه الموجب لمحور y)
تصادم مع جسم اخر كتلته 3 kg يتحرك بسرعة 6m/s جنوبا (الاتجاه السالب
لمحور y) اذا التحم الجسمان و تحركا كجسم واحد احسب :
1- السرعة المشتركة للنظام بعد التصادم .

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(5)(+3j)] + [(3)(-6j)]}{(5+3)} = -0.375j \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} m_1 &= 5 \text{ kg} \\ v_1 &= +3j \text{ m/s} \\ m_2 &= 3 \text{ kg} \\ v_2 &= -6j \text{ m/s} \\ \vec{v}' &= ? \end{aligned}$$

2- الفقد في الطاقة الحركية (اين تذهب الطاقة المفقودة)

$$\text{K.E قبل} = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$\text{K.E قبل} = \frac{1}{2} (5) (3)^2 + \frac{1}{2} (3) (-6)^2 = 76.5 \text{ J}$$

$$\text{K.E بعد} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \vec{v}'^2$$

$$\text{K.E بعد} = \frac{1}{2} (5 + 3) (-0.375)^2 = 0.562 \text{ J}$$

$$\Delta \text{K.E} = \text{K.E بعد} - \text{K.E قبل}$$

$$\Delta \text{K.E} = 0.562 - 76.5 = -75.93 \text{ J}$$

تتحول الطاقة المفقودة الي تشوه في الجسمين و حرارة.

مثال $\frac{3}{107}$: كرتان من الصلصال تتصادمان تصادما لا مرنا كليا , كتلة الكرة الأولى 0.5 kg و تتحرك الي اليمين بسرعة 4 m/s بينما الكرة الثانية كتلتها 0.25 kg و تتحرك نحو اليسار بسرعة 3 m/s أحسب :
1- سرعة النظام المؤلف من الكتلتين بعد التصادم

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(0.5)(+4 i)] + [(0.25)(-3 i)]}{(0.5 + 0.25)} = +1.66 i \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} m_1 &= 0.5 \text{ kg} \\ v_1 &= +4 i \text{ m/s} \\ m_2 &= 0.25 \text{ kg} \\ v_2 &= -3 i \text{ m/s} \\ \vec{v}' &= ? \\ \Delta K.E &= ? \end{aligned}$$

2- مقدار التغير في مقدار الطاقة الحركية .

$$K.E \text{ قبل} = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$K.E \text{ قبل} = \frac{1}{2} (0.5) (4)^2 + \frac{1}{2} (0.25) (-3)^2 = 5.125 \text{ J}$$

$$K.E \text{ بعد} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \vec{v}'^2$$

$$K.E \text{ بعد} = \frac{1}{2} (0.5 + 0.25) (1.66)^2 = 1.033 \text{ J}$$

$$\Delta K.E = K.E \text{ بعد} - K.E \text{ قبل}$$

$$\Delta K.E = 1.033 - 5.125 = -4.0916 \text{ J}$$

مثال $\frac{6}{109}$: سمكة كبيرة كتلتها 5 kg تتحرك بسرعة 1 m/s باتجاه سمكة صغيرة ساكنة كتلتها 1 kg , أحسب : 1- سرعة السمكة الكبيرة بعد ابتلاعها السمكة الصغيرة
2- اذا كانت السمكة الصغيرة تسبح بسرعة 4 m/s عكس حركة السمكة الكبيرة , كم تبلغ سرعة السمكة الكبيرة بعد ابتلاعها .

$$\begin{aligned} m_1 &= 5 \text{ kg} \\ v_1 &= +1 \text{ i m/s} \\ m_2 &= 1 \text{ kg} \\ v_2 &= -4 \text{ i m/s} \\ \vec{v}' &= ? \end{aligned}$$

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(5)(+1 \text{ i})] + [(1)(-4 \text{ i})]}{(5 + 1)}$$

$$\vec{v}' = +0.166 \text{ i m/s}$$

$$\begin{aligned} m_1 &= 5 \text{ kg} \\ v_1 &= +1 \text{ i m/s} \\ m_2 &= 1 \text{ kg} \\ v_2 &= \text{zero} \\ \vec{v}' &= ? \end{aligned}$$

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(5)(+1 \text{ i})]}{(5 + 1)}$$

$$\vec{v}' = +0.833 \text{ i m/s}$$

مثال $\frac{4}{113}$: متزلج علي الجليد كتلته 60 kg يقف ساكنا عندما اتجه نحوه متزلج اخر كتلته 40 kg بسرعة 12 km/hr , ليمسك به و يتحركان كنظام واحد بسرعة V أحسب :
1- سرعة النظام بعد التصادم .

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(60)(\text{zero})] + [(40)(12 \text{ i})]}{(60 + 40)} = 4.8 \text{ i km/h}$$

$$\begin{aligned} m_1 &= 60 \text{ kg} \\ v_1 &= \text{zero} \\ m_2 &= 40 \text{ kg} \\ v_2 &= 12 \text{ i km/h} \\ \vec{v}' &= ? \end{aligned}$$

2- الطاقة الحركية للنظام قبل و بعد التصادم .

$$\text{K.E قبل} = \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2$$

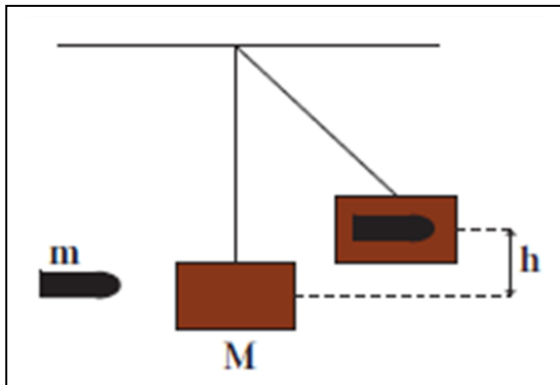
$$\text{K.E قبل} = \frac{1}{2} (60) (\text{zero})^2 + \frac{1}{2} (40) (12 \times \frac{1000}{3600})^2 = 221.77 \text{ J}$$

$$\text{K.E بعد} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \vec{v}'^2$$

$$\text{K.E بعد} = \frac{1}{2} (60 + 40) (4.8 \times \frac{1000}{3600})^2 = 1.033 \text{ J}$$

البندول القذفي :

هو جهاز يستخدم في قياس سرعة القذائف



- عند انطلاق الطلقة ذو كتلة m_1 تصطدم بالكتلة m_2 المعلقة في البندول القذفي ليتحرك جملة الجسمين $(m_1 + m_2)$ بسرعة مشتركة v

عند النقطة M : (المستوى المرجعي)

$$M.E_M = K.E + P.E$$

$$P.E = \text{zero}$$

$$M.E_M = K.E = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2$$

عند أقصى ارتفاع : تتوقف القذيفة عن الحركة

$$M.E_{\text{أقصى ارتفاع}} = K.E + P.E$$

$$K.E = \text{zero}$$

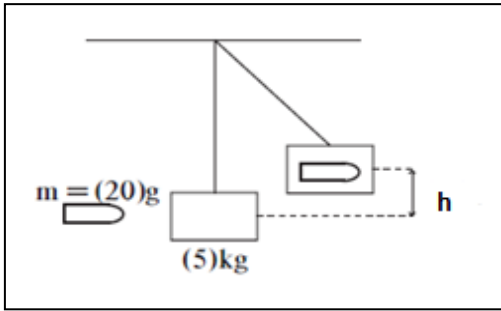
$$M.E_{\text{أقصى ارتفاع}} = P.E = (m_1 + m_2) g h$$

وبما ان الطاقة محفوظة يكون :

$$M.E_M = M.E_{\text{أقصى ارتفاع}}$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = (m_1 + m_2) g h$$

مثال : طلقة كتلتها 20 g انطلقت بسرعة 300 m/s لتتصادم بالبندول القذفي المثبت فيه كتلة ساكنة مقدارها 5 kg , احسب :
1- السرعة التي يتحرك بها جملة الجسمين بعد التصادم .



$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(0.02)(300)]}{(0.02 + 5)} = 1.195 \text{ m/s}$$

2- أقصى ارتفاع للبندول القذفي بعد التصادم .

$$M.E_M = M.E \text{ أقصى ارتفاع}$$

$$(K.E + P.E)_M = (K.E + P.E) \text{ أقصى ارتفاع}$$

$$K.E \text{ أقصى ارتفاع} = \text{zero} , , P.E_M = \text{zero}$$

$$K.E_M = P.E \text{ أقصى ارتفاع}$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v'^2 = (m_1 + m_2) g h$$

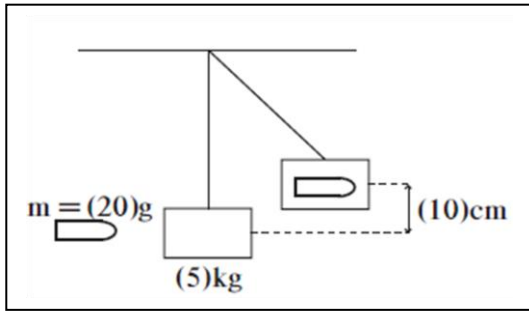
$$\frac{1}{2} v'^2 = g h$$

$$(1.195)^2 = (10) h \frac{1}{2}$$

$$h = 0.071 \text{ m}$$

مثال $\frac{8}{109}$: أطلقت رصاصة كتلتها 20 g علي بندول قذفي ساكن كتلته 5 kg فارتفع مسافة

10 cm عن المستوي الأفقي , أحسب
1- سرعة الرصاصة عند انطلاقها



$M.E_M = M.E$ اقصى ارتفاع

$(K.E + P.E)_M = (K.E + P.E)$ اقصى ارتفاع

$K.E$ اقصى ارتفاع = zero , $P.E_M = zero$

$K.E_M = P.E$ اقصى ارتفاع

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v'^2 = (m_1 + m_2) g h$$

$$\frac{1}{2} v'^2 = g h$$

$$\frac{1}{2} v'^2 = (10) (0.1)$$

$$v' = 1.41 \text{ m/s}$$

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$1.41 = \frac{[(0.02) \vec{v}_1]}{(0.02 + 5)}$$

$$v_1 = 353.31 \text{ m/s}$$

2- هل التصادم مرن ؟

التصادم لا مرن كلياً , لان التصادم نتج عنه التحام الجسمين و تحركا بسرعة مشتركة .