

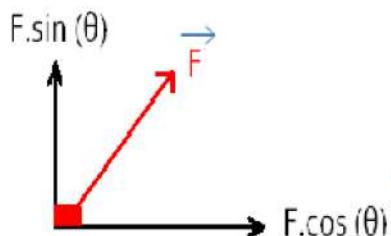
## الطاقة الميكانيكية

هي القدرة على إنجاز شغل تقدر بوحدة الجول (J)

الطاقة

هو العملية التي يقوم فيها القوة بإزاحة الجسم في اتجاهها

الشغل فيزيائياً



تحليل القوة المؤثرة على الجسم

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

حساب الشغل رياضياً

$$J = N \cdot m$$

وحدة قياس الشغل : الجول = نيوتن . م

\* ما هي العوامل التي يتوقف عليها الشغل ؟

(٣) مقدار الزاوية بين متغيري القوة والإزاحة	(٢) مقدار الإزاحة d	(١) مقدار القوة المؤثرة F
$W \propto \cos(\theta)$	$W \propto d$	$W \propto f$

هو الشغل الذي تبذل قوة N (1) في إزاحة جسم m (2) في نفس اتجاه القوة  
ماذا نعني بقولنا (ما المقصود) بشغل قدرة J 200 ؟

الجول

\* ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (✗) أمام العبارة الغير صحيحة :

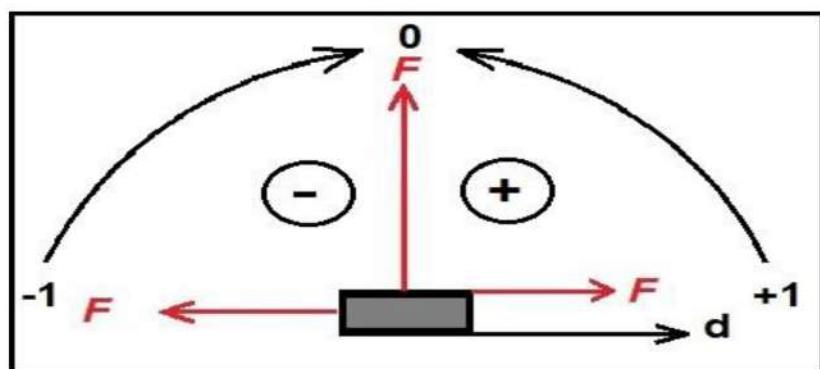
- 1- يتوقف الشغل فيزيائياً على مقدار الزاوية بين متغيري القوة والإزاحة .
- 2- يتناسب الشغل فيزيائياً طردياً مع جيب تمام الزاوية بين متغيري القوة والإزاحة .
- 3- يتناسب الشغل فيزيائياً طردياً مع الزاوية بين متغيري القوة والإزاحة .

## أنواع الشغل

شغل سالب -  $W^-$   
شغل مقاوم  
 $0 > \cos(\theta) \geq -1$   
 $180^\circ \geq \theta > 90^\circ$

شغل = صفر  
 $W = 0$   
 $\cos(\theta) = 0$   
 $\theta = 90^\circ$

شغل موجب  $W^+$   
شغل مساعد  
 $+1 \geq \cos(\theta) > 0$   
 $90^\circ > \theta \geq 0$



## أنواع القوى المسببة للشغل

**قوى غير منتظمة**  
هـى قوى متغيرة المقدار أو الاتجاه أو كليهما .  
مثل :  
قوة الاحتكاك - القوة المؤثرة على ناشر مرن معتر

**قوى منتظمة**  
هـى قوى محصلتها = صفر أو  
قوى ثابتة المقدار والاتجاه.  
مثل : قوة وزن الجسم

## متى ينعدم الشغل ؟

(1) إذا تأثر الجسم بعدة قوى مترنة فإن شغله = صفر (علل) ؟

(2) إذا تحرك الجسم بسرعة ثابتة فإن شغله = صفر (علل) ؟

(3) إذا تأثر الجسم بقوة ولم يتحرك (ساكن) فإن شغله = صفر (علل) ؟

(4) إذا دار الجسم عدد صحيح من الدورات (دورة كاملة) شغله = صفر (علل) ؟

(5) أي عبارة توحى بأن الزاوية بين متجه القوة ومتوجه الإزاحة = 90 مثل:  
- حمال المطار لا يبذل شغل .

- القوة المركزية لجسم يدور في مسار دائري لا تبذل شغل .

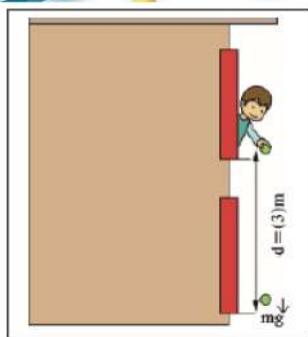
- حركة الأقمار الصناعية حول الأرض لا تبذل شغل .

- حركة الكواكب حول الشمس لا تبذل شغل .

شغل الوزن لجسم يتحرك أفقياً يساوى صفر .

علل : الشغل كمية عددية ؟





مثال : يحمل الولد في الشكل كرية كتلتها  $1.5 \text{ kg}$  خارج نافذة غرفته التي ترتفع عن الأرض  $3 \text{ m}$ . احسب :

1- الشغل المبذول على الكرة نتيجة إمساك الولد بها ؟

2- أفلت الولد الكرة لتسقط . ما هو الشغل الناتج عن الجاذبية الأرضية (الوزن) إذا تحركت الكرة  $3 \text{ m}$  ؟

3- ما هو الشغل الناتج عن قوى الاحتكاك مع الهواء إذا تحركت الكرة  $3 \text{ m}$  علمًا بأن قوى الاحتكاك تساوي  $1 \text{ N}$  ؟

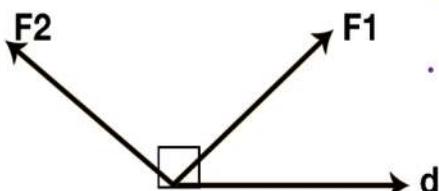
4- احسب الشغل الكلي المبذول على الكرة نتيجة القوى المؤثرة فيها

ملاحظة : إشارة الشغل لا تعني أن الشغل سالب ولكن الاتجاه بين القوة والإزاحة .

مثال : يدفع شخص عربة بقوة  $N = 45$  تصنع زاوية  $40^\circ$  مع المحور الأفقي .

احسب الشغل الناتج عن القوة إذا دفعت العربة مسافة  $15 \text{ m}$  ؟

مثال : قوتان تعملان على صندوق وضع فوق سطح أفقي أملس لينزلق مسافة  $F_1$  و  $2.5m$  قوة منتظمة مقدارها  $10N$  و تصنع زاوية مقدارها  $30^\circ$  و تصنع زاوية  $7N$  و تصنع زاوية  $150^\circ$ . احسب الشغل الناتج ؟ وحدد نوعه ؟

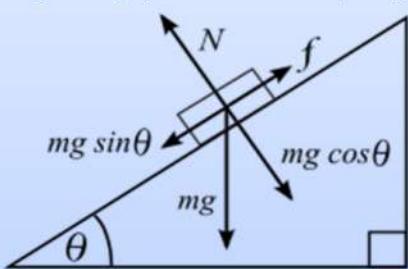


## حساب شغل الوزن لجسم يتحرك على مستوى

حركة على مستوى مائل

### الاستنتاج الأئم

حساب شغل الوزن لجسم يتحرك على مستوى مائل.



$$W = F \cdot d$$

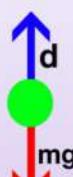
$$W = mgdcos\theta$$

$$W = mgd\left(\frac{h_A - h_B}{d}\right)$$

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

حركة رأسية

أعلى  
قذف



$$\theta = 180$$

$$\cos(180) = -1$$

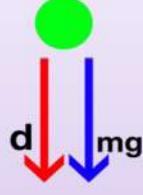
$$W = F \cdot d$$

$$\cos(\theta)$$

$$W = -F \cdot d$$

$$W = -mgh$$

أسفل  
سقوط



$$\theta = 0$$

$$\cos(0) = +1$$

$$W = F \cdot d$$

$$\cos(\theta)$$

$$W = +F \cdot d$$

$$W = +mgh$$

حركة على مستوى أفقى



دائماً شغل الوزن في الحركة الأفقي = صفر على ؟

$$\theta = 90$$

$$\cos(90) = 0$$

$$W = F \cdot d \cos(\theta)$$

$$W = 0$$



## ملاحظات هامة على شغل الوزن على مستوى مائل

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

\* يتوقف شغل الوزن لجسم يتحرك على مستو مائل على :

(١) وزن الجسم .

\* لا يتوقف شغل الوزن لجسم يتحرك على مستو مائل على :

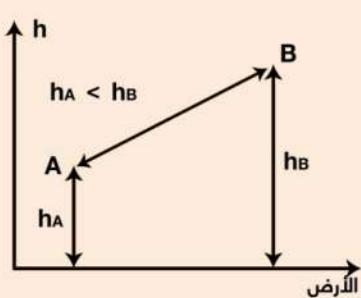
(٢) طول المسار الذي يسلكه الجسم .

(٣) زاوية ميل المستو على الأفقي .

### أنواع شغل الوزن لجسم يتحرك على مستوى مائل

#### شغل سالب

$$h_A < h_B$$

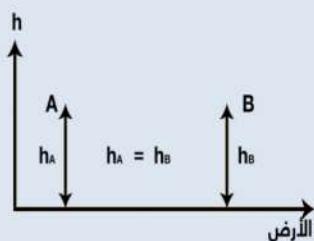


$$W = -mgh$$

شغل مقاوم  
حركة تباطأ

#### شغل = صفر

$$h_A = h_B$$



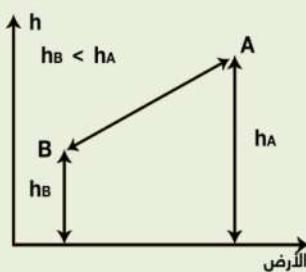
مستوى أفقي

$$W = 0$$

شغل = صفر  
سرعة ثابتة

#### شغل موجب

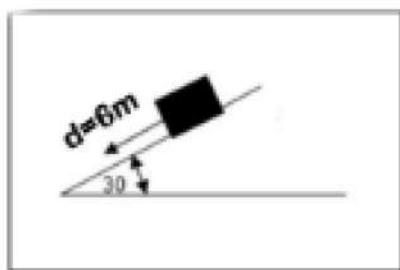
$$h_A > h_B$$



$$W = +mgh$$

شغل مساعد  
حركة تسارع

مثال : وضع صندوق كتلته  $0.5\text{Kg}$  عند قمة ملسو<sup>ن</sup>  
أملس يميل على الأفقي بزاوية  $30^\circ$  كما بالشكل  
احسب الشغل الناتج عن وزن الصندوق

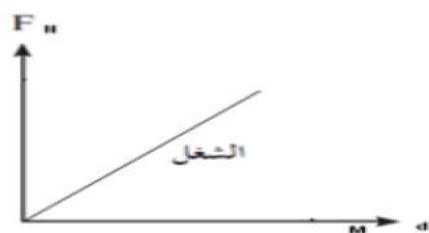


حساب الشغل بيانياً لقوة منتظمة :

الشغل بيانياً = مساحة الشكل الواقع أسفل منحنى القوة والإزاحة ( $F - X$ )

حساب الشغل بيانياً لقوة منتظمة

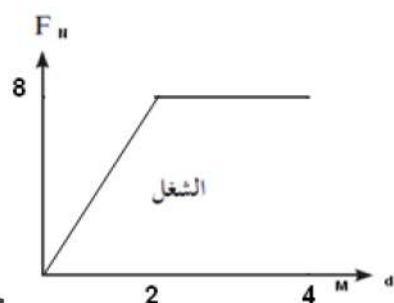
الشغل = مساحة المربع = الطول  $\times$  العرض



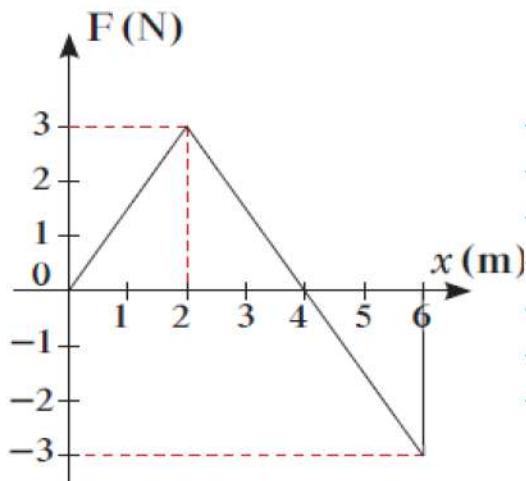
حساب الشغل بيانياً لقوة غير منتظمة

الشغل = مساحة المثلث =  $\frac{1}{2}$  القاعدة  $\times$  الارتفاع

\* احسب الشغل بيانياً في الأشكال التالية بعد دراستها بشكل جيد :

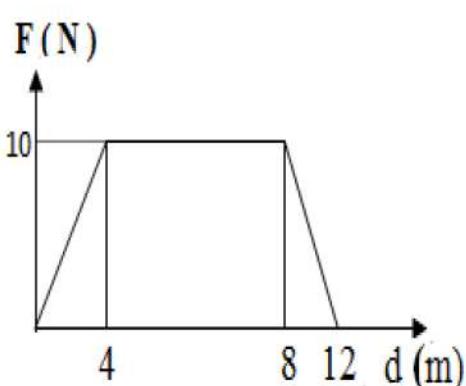


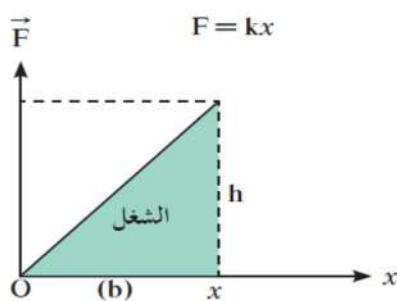
\* أوجد الشغل بيانيًا؟



مثال: جهاز يؤثر في جسم بقوة أفقية يتغير مقدارها مع الإزاحة المقطوعة كما بالشكل المجاور. والمطلوب: احسب الشغل الذي تنجذه القوة إذا تحرك الجسم أفقياً من  $d = 0$  m إلى  $d = 12$  m

الجسم أفقياً من  $d = 0$  m إلى  $d = 12$  m





الاستنتاج الثاني :

\* حساب شغل الناتج عن قور غير منتظمة

\* إثبته رياضيًّا أنَّ

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

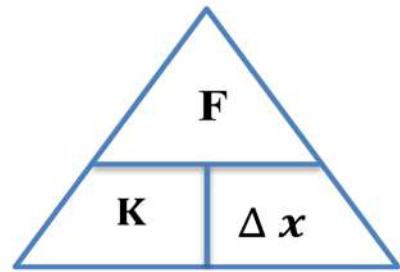
من حساب الشغل بيانيًّا لقوة غير منتظمة  
من خلال حساب مساحة الشكل الواقع تحت منحنى القوة والإزاحة

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

$$F = k \Delta x$$

$$W = \frac{1}{2} (k \cdot \Delta x) \cdot \Delta x$$

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



$$K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{N}{m}$$

\* ملاحظة :

$$J = N \cdot m$$

وحدة قياس الشغل

$$J \neq N/m$$

وحدة قياس ثابت هو ك

مثال : إذا كان مقدار الشغل اللازم لجعل زنبرك يستطيل 8 cm عن طوله الأصلي ر 400 . احسب مقدار ثابت مرنة الزنبرك ؟

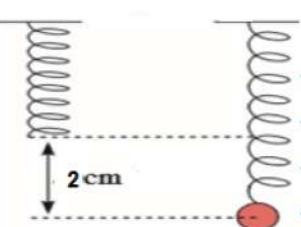


مثال : نابض من موضع على سطح أفقى أملس مثبت من أحد طرفيه في دعامة رأسية والطرف الآخر يرتبط به جسم أملس كتالته  $200\text{g}$  فإذا أثرت قوّة مقدارها  $3\text{N}$  على النابض فاستطال بمقدار  $5\text{ cm}$ . احسب كل من :

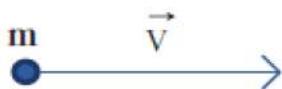
1- ثابت النابض ؟

2- مقدار الشغل المبذول ؟

\* مثال : زنك مثبت من أحد طرفيه ثابت مرونته  $400\text{ N/m}$ . ما هو مقدار الشغل اللازム بذله على الطرف الآخر لجعله يستطيل بمقدار  $2\text{ cm}$  عن طوله الأصلي ؟



## الشغل و الطاقة



هي طاقة يكتسبها الجسم بسبب حركته.

هي طاقة ينجزها الجسم بسبب حركته.

أو هي نصف حاصل ضرب كتلة الجسم في مربع السرعة الخطية التي يتحرك بها.

### الطاقة الحركية KE

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

الطاقة الحركية (كمية عدديّة) :

\* تقدر بـ جول = نيوتن . م = كجم . م / ث<sup>2</sup>

$$J = N . m = kg . m^2 / s^2$$

\* ما هى عناصر الطاقة الحركية ؟

(١) مربع السرعة الخطية .

(٢) كتلة .

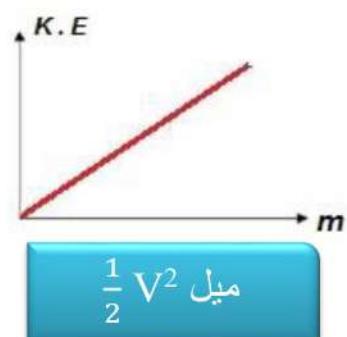
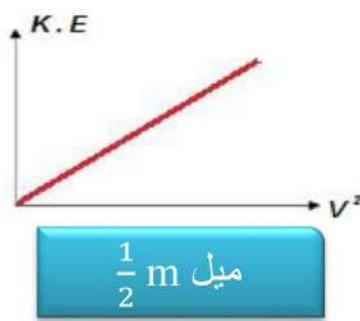
\* العوامل التي يتوقف عليها الطاقة الحركية :

(١) مقدار سرعة الجسم V

(٢) مقدار كتلة الجسم m

$$K.E \propto V^2$$

$$K.E \propto m$$



\* جسم زادت كتلته إلى المثليين فأن طاقته الحركية

\* جسم قلت سرعته إلى النصف فأن طاقته الحركية

\* جسم زادت كتلته إلى للمثليين وزادت سرعته إلى المثليين فأن طاقته الحركية ؟



\* متى تتساوى عددياً الطاقة الحركية لجسم و مربع سرعته الخطية ؟

**الاستنتاج الثالث :** العلاقة بين الشغل والتغير في الطاقة الحركية  
 $(W = \Delta K.E)$

إذا تأثر جسم بعده قور غير منتظمة (غير منتنة) فإن الجسم يتحرك بسرعة غير منتظمة  
 $\therefore$  السرعة متغيرة لذا حركته معجلة .

$$F = m \cdot a$$

$$W = F \cdot X$$

من قانون نيوتن الثاني

من قانون الشغل

### نعر قانون الطاقة الحركية

"الشغل الناتج من محصلة عدة قوى خارجية مؤثرة على جسم خلال فترة زمنية يساوى التغير في الطاقة الحركية خلال نفس الزمن".

ملاحظات هامة في مسائل الشغل وعلاقتها بالتغيير في الطاقة

$$W = \Delta K.E$$

$$= K.E_F - K.E_i = \frac{1}{2} m (V_F^2 - V_i^2)$$

$$\rightarrow W = F.d.\cos(\theta)$$

القانون العام

$$\rightarrow W = +m g h$$

جسم سقط او الشغل الناتج عن وزن الجسم

$$\rightarrow W = -m g h$$

جسم قذف رأسياً

$$\rightarrow W = mg (h_A - h_B)$$

حركة على مستوى مائل

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

القوى الغير منتظمة



مثال : سيارة كتلتها 2000 Kg تسير بسرعة 5m/s زاد سائقها سرعتها لتصبح 10 m/s بعجلة مقدارها  $m/s^2$ . احسب :

1- طاقة الحركة الابتدائية للسيارة ؟

2- طاقة الحركة النهائية للسيارة ؟

3- التغير في الطاقة الحركية ؟

4- المسافة المقطوعة ؟

مثال : كرة كتلتها 300g سقطت من مبني فوصلت سطح الأرض بسرعة 10 m/s . احسب :

1- طاقة الحركة للكرة عند سطح الأرض ؟

2- الشغل المبذول من وزن الجسم أثناء سقوط الجسم ؟

3- ارتفاع المبني ؟

مثال : كرة كتلتها و 300 سheet من مبني مرتفع بسرعة ابتدائية مقدارها 5 m/s و اصطدمت بسطح الأرض بسرعة مقدارها 35 m/s. احسب :

1- طاقة الحركة الابتدائية للكرة ؟

2- طاقة الحركة للكرة لحظة اصطدامها بالأرض ؟

3- الشغل المبذول أثناء سقوط الكرة ؟

4- الارتفاع الذي سقطت منه الكرة ؟

مثال : كرة كتلتها و 300 سheet من السكون من السكون من ارتفاعه 10 m. احسب :

1- طاقة الحركة للجسم عند سطح الأرض ؟

2- سرعة الجسم عند سطح الأرض ؟

مثال : أثرت قوة مقدارها  $100\text{N}$  على جسم ساكن كتالته  $20\text{kg}$  وإزاحة  $15^\circ$  إذا كانت القوة تصنع مع اتجاه إزاحة الجسم زاوية مقدارها  $60^\circ$ . احسب :

1- مقدار الشغل المبذول في تحريك الجسم ؟

2- السرعة النهائية للجسم ؟

مثال : صندوق خشبي كتالته  $10\text{kg}$  انزلق من سكون على مستوى أملس طوله  $5\text{m}$  يميل على الأفقي بزاوية مقدارها  $30^\circ$ . احسب :

1- القوة التي تحرك الجسم ؟

2- الشغل الناتج عن وزن الصندوق عندما ينزلق على المستوى المائل ؟

3- طاقة حركة الصندوق لحظة وصوله إلى أسفل المستوى المائل ؟

4- سرعة الصندوق لحظة وصوله إلى أسفل المستوى المائل ؟

مثال : استخدم قانون الطاقة الحركية لإيجاد سرعة كرة سقطت من سكون من ارتفاع 50cm . عن سطح الأرض مع إهمال احتكاك الهواء ؟

مثال : لاعب تزلج على الجليد كتلته 60kg يقف على قمة تل زاوية ميله 30 تحرك اللاعب من السكون علماً بأن طول التل 100m . احسب :

1- الشغل المبذول أثناء تحرك اللاعب ؟

2- طاقة حركة اللاعب أسفل التل ؟

3- سرعة وصول اللاعب أسفل التل ؟

مثال : ازلق جسم من سكون من أعلى مستوى مائل يميل بزاوية 30° مع المستوى الأفقي . ليصل إلى أسفل المستوى إذا علمت أن ارتفاع المستوى 3m .

احسب :

1- طول المستوى المائل ؟

2- سرعة الجسم أسفل المستوى المائل ؟

### ثانيًا : الطاقة الكامنة P. E

طاقة تخزنها الجسم وتسمح له بإنجاز شغل للتخلص منها.

صور الطاقة الكامنة :

(1) طاقة كامنة كيميائية : مثل الطاقة المخزنة فالطعام - البطاريات - الفدم

(2) طاقة كامنة مرونية : طاقة تخزن في الأجسام والتي تسمح له بالعودة إلى موضع الاستقرار عندما تفقدها .

(3) طاقة كامنة ثانوية(طاقة الوضع) : طاقة تخزن في الجسم بفعل بعده عن مستوى مرجعي معين .

\* جميع الأجسام عند رفعها من مستوى معين (مستوى مرجعي) يخزن فيها طاقة وضع إذا سمحنا للجسم بالحركة سوف تتحول لطاقة حركة ويبذل بها شغل مثل الماء في أعلى الشلال

$$W = P. E_g = m g h = F. h$$

## أنواع الطاقة الكامنة

طاقة كامنة مرنة

$$P.E_e = \frac{1}{2} K \Delta X^2$$

$$P.E_e = \frac{1}{2} C \Delta \theta^2$$

طاقة كامنة ثقالية

$$P.E_g = m g h$$

توقف على :

- (1) مقدار وزن الجسم.
- (2) مقدار الارتفاع الرأسى

ملاحظات هامة على الطاقة الكامنة المرنة :

1- اختزان الطاقة الكامنة المرنة يحدث عند شدّها أو لبّها وهي تساوي الشغل المبذول للتغيير وضعها من وضع مستقر إلى وضع الاستطالة أو الانكماش أو اللي وتحسب بالعلاقة التالية :

$$P.E_e = \frac{1}{2} K \Delta X^2$$

2- إذا تم لبّي جسم مثبت إلى خيط مطاطي من بإزاحة زاوية فإن الطاقة الكامنة المرنة تتحسب بالعلاقة التالية :

$$P.E_e = \frac{1}{2} C \Delta \theta^2$$

3- ثابت مرونة الجسم المرن (C) يعتمد على

(طول الخيط - سماكته - الخصائص الميكانيكية)

ويقاس بحسب النظام الدولي بوحدة

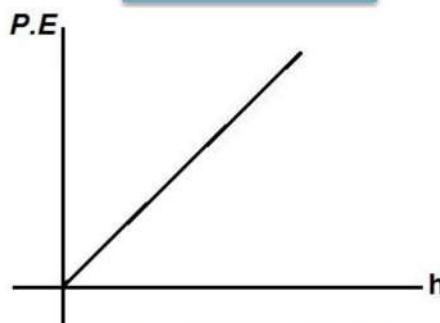
$$\text{N.m/rad}^2$$

\* ما هي العوامل التي تتوقف عليها الطاقة الكامنة التثاقلية (طاقة الوضع) :

(2) بعد الجسم الرأسى عن مستوى المرجعى

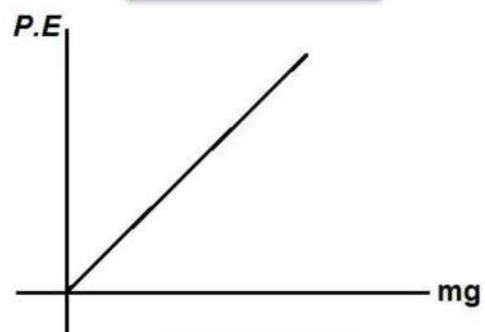
(1) وزن الجسم

$$P.E \propto h$$



$$(mg) = \text{الميل}$$

$$P.E \propto mg$$



$$(h) = \text{الميل}$$

**ملاحظة:** تنتهي الطاقة الكامنة التثاقلية (طاقة الوضع) ؟

عندما يكون الجسم على المستوى المرجعي  $h = 0$

هو ذلك المستوى الذي نبدأ منه قياس الطاقة الكامنة وعنده ينعدم الطاقة الكامنة التثاقلية لأي جسم .

المستوى المرجعي

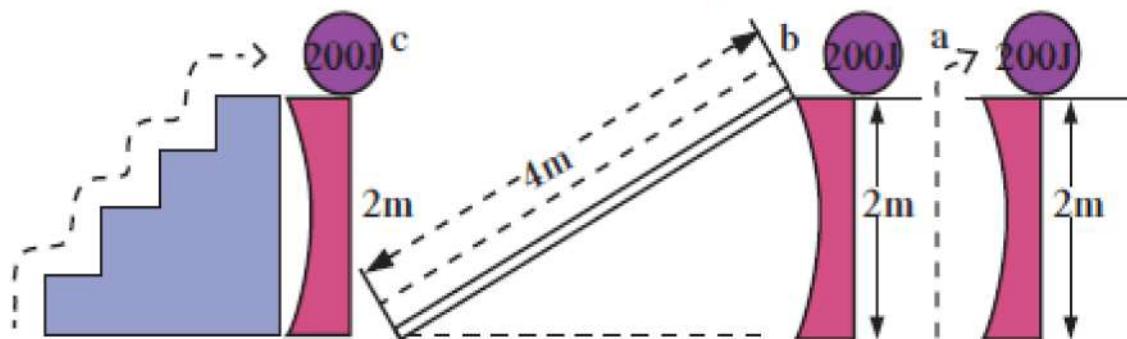
" الشغل هو الطاقة الكامنة التثاقلية "

وسبق أن درسنا شغل وزن الجسم على المستوى المُسأَل

ومنه وجده أن شغل الوزن لا يتوقف على :

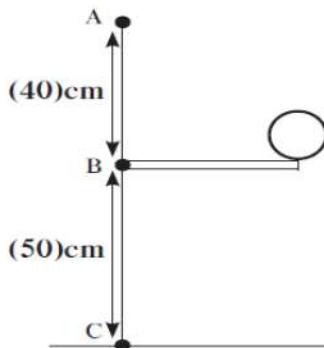
2- شكل المسار الذي يسلكه الجسم .

1- طول المسار الذي يسلكه الجسم .



في الحالات الثلاثة A.B.C الشغل متساوي  
الطاقة الكامنة التثاقلية متساوية لأن وزن الجسم ثابت والبعد الرأس ثابت

مثال : في الشكل المقابل كررة كتلتها  $2\text{Kg}$  احسب الطاقة الكامنة الثقالية عند  $C.B.A$  إذا علمت أن  $g=10\text{m/s}^2$  ؟



### الطاقة الكامنة الثقالية حالة من ثبات

سالبة

$$P.E_g = - mgh$$

أصل المستوى المرجعي

صفر

$$P.E_g = 0$$

عند المستوى المرجعي

موجبة

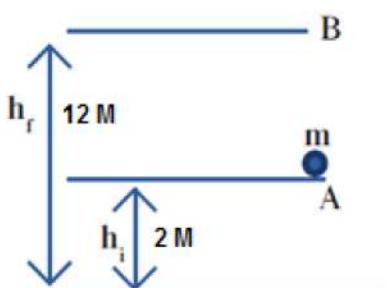
$$P.E_g = + mgh$$

أعلى المستوى المرجعي

**ملاحظة :** الشغل يساور مخصوص التغير في طاقة الوضع الثقالية

مثال : كتلة مقدارها  $5\text{ kg}$  تم رفعها رأسياً من النقطة A إلى النقطة B. احسب :

- 1- الشغل المبذول من وزن الجسم خلال الإزاحة من A إلى B ؟
- 2- التغير في طاقة الوضع الثقالية خلال الإزاحة من A إلى B ؟



مثال : كرة كتلتها  $200 \text{ kg}$  سقطت من النقطة A على ارتفاع  $15\text{m}$  عن سطح أرض رخوة فغاصت بها مسافة  $10\text{cm}$  إلى أن توقفت عن الحركة عند النقطة C إذا اعتبرنا سطح الأرض الرخوة عند النقطة B هو المستوى المرجعي . أحسب :



1- طاقة الحركة و طاقة الوضع الثانوية للكرة عند النقطة A ؟

2- طاقة الحركة و طاقة الوضع الثانوية للكرة عند النقطة B ؟

3- سرعة الكرة عند النقطة B ؟

4- طاقة الحركة و طاقة الوضع الثانوية للكرة عند النقطة C ؟

5- الشغل المبذول من وزن الكرة عندما تسقط من النقطة B إلى النقطة C ؟

6- قوة الاحتكاك المعيقة لحركة الكرة أثناء غوصها في الأرض الرخوة ؟

## الطاقة الميكانيكية $M.E$

هي مجموعة طاقتى الوضع والحركة للجسم المتحرك وتساوى الطاقة اللازمة لتغير موضع جسم أو تعديله

$$M.E = k.E + P.E_g$$

للحالة موضع من ثلاثة

عند سطح الأرض

$$P.E = 0$$

$$k.E = \text{max}$$

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

$$M.E = K.E$$

عند أي نقطة على المسار

$$P.E_g = mgh$$

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

$$M.E = k.E + P.E_g$$

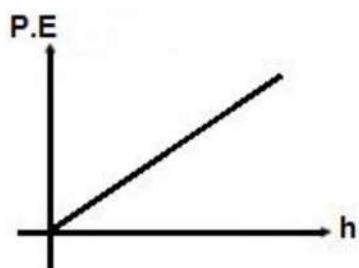
عند أقصى ارتفاع

$$P.E_g = \text{max}$$

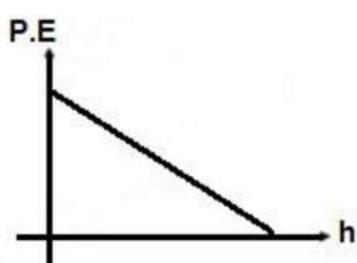
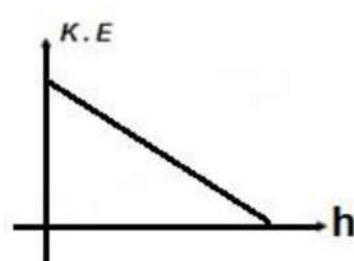
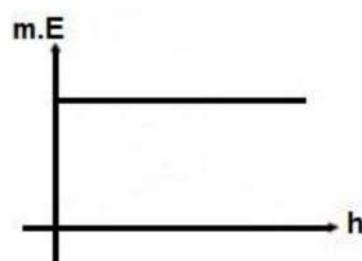
$$K.E = 0$$

$$M.E = P.E_g + k.E$$

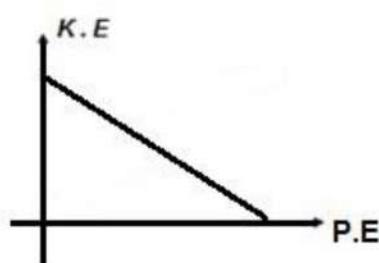
$$M.E = P.E_g$$



البعد عن المستوى المرجعي



مسافة السقوط



مثال : ثفاحة كتلتها  $0.150\text{ kg}$  موجودة على غصن شجرة على ارتفاع  $3\text{ m}$  عن سطح الأرض الذي يعتبر مستوى مرجعي للطاقة الكامنة الثقالية . احسب :

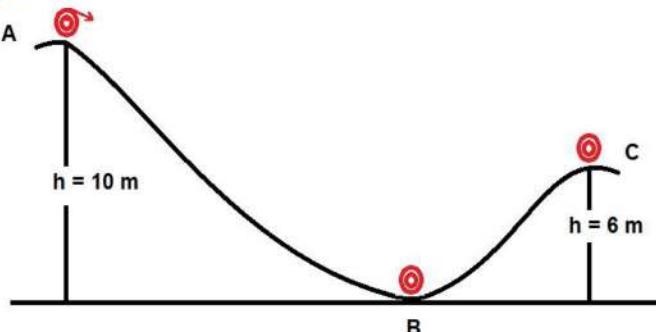
1- الطاقة الحركية للثفاحة أثناء وجودها على الغصن ؟

2- الطاقة الكامنة الثقالية أثناء وجودها على الغصن ؟

3- استخدم قانون الطاقة الحركية لحساب سرعة الثفاحة بعد سقوطها مسافة  $2\text{ m}$  من موضعها في غياب الاحتكاك ؟

4- الطاقة الميكانيكية للثفاحة عند وجودها على بعد  $2\text{ m}$  أسفل الموضع الابتدائي ؟

5- الطاقة الحركية للثفاحة لحظة الاصطدام بسطح الأرض ؟



مثال : في الشكل المقابل اذا كانت كتلة الكرة  $m=0.5\text{kg}$  و  $g=10\text{m/s}^2$  احسب :-

(1) الطاقة الميكانيكية للكرة عند النقطة A ؟

(2) الطاقة الحركية عند النقطة (B) ؟

(3) سرعة الكرة عند النقطة B ؟

(4) سرعة الكرة عند النقطة C ؟

(5) ما هو الارتفاع الذي تكون عليه الكرة عندما يتساوى طاقتى الوضع والحركة ؟

(6) السرعة التي تكون عندها طاقتى الوضع والحركة متساوين ؟

## حفظ (بقاء) الطاقة

هو الجسم الذي يملك ابعاد ترى بالعين المجردة.

**1) الجسم الماكروسکوپی**

### M.E<sub>macro</sub> الطاقة الميكانيكية الماكروسکوپیة

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

**يطلق عليها فقط الطاقة الميكانيكية (M . E)**

**الطاقة الميكانيكية الماكروسکوپیة :**

**مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة للجسم الماكروسکوپی .**

**الطاقة الحركية الماكروسکوپیة :**

طاقة تكتسبها الجزيئات فتعمل على زيادة سرعة حركتها .

**تتوقف على ( درجة الحرارة فقط )**

هو الجسم الذي يملك ابعاد لا ترى بالعين المجردة.

**2) الجسم المیکروسکوپی**

### M.E<sub>micro</sub> الطاقة الميكانيكية المیکروسکوپیة

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

**يطلق عليها الطاقة الداخلية ( U )**

**الطاقة الكامنة المیکروسکوپیة P.E<sub>micro</sub> تتغير اثناء تغير حالة النظام**

**الطاقة الحركية المیکروسکوپیة K.E<sub>micro</sub> تتغير اثناء تغير درجة حرارة النظام**

**الطاقة الميكانيكية المیکروسکوپیة ( الطاقة الداخلية ) :**

**مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة للجسم المیکروسکوپی (جسيمات النظام).**

**الطاقة الكامنة المیکروسکوپیة :**

طاقة تكتسبها جسيمات النظام ( التغير حالتها وكذلك طاقة الربط بين أجزاؤه ) .

**تتوقف على ( حالة المادة فقط )**



**الطاقة الكلية E**

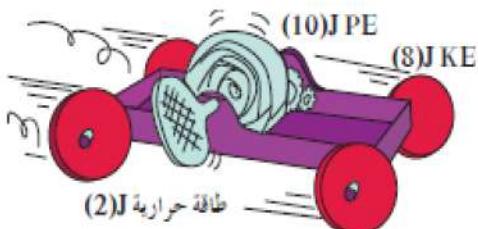
هي مجموع الطاقة الميكانيكية والطاقة الداخلية.

$$E = M.E + U$$

**قانون حفظ (بقاء) الطاقة**

الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكنها تحول لصورة أخرى داخل أي نظام معزول.

**أمثلة على بقاء الطاقة الكلية**



مثال ١: نظام يتكون من (عربة + أرض + وسط محیط ) نظام معزول تحول الطاقة الكامنة المخزونة إلى طاقة حركية عند ترك العربة لتحرك والفقد في الطاقة تحول إلى طاقة حرارية نتيجة عملية الاحتكاك بين إطارات العربة والأرض.

**الطاقة الكلية محفوظة . الطاقة الميكانيكية غير محفوظة**

**مثال ٢ :**

$$v = \text{constant}$$

$$\Delta KE = 0$$



نظام يتكون من (مظلة + مظلي + وسط محیط ) نظام معزول عند ما يقفز المظلي من الطائرة ويهبط لأسفل تقل طاقة وضمه الثانوية و تزداد طاقته الحركية . النقص في طاقة الوضع يعادل الزيادة في طاقة الحركة فتظل الطاقة الميكانيكية (محفوظة) ثابتة وعند وصول الجسم للسرعة الحدية (وهي السرعة الثابتة )

المتناظمة التي يتحرك بها الجسم عند ما يتتساوى وزنه مع **مقاومة الهواء** )) تقل طاقة الوضع الثانوية وثبتت طاقة حركته فتقل الطاقة الميكانيكية (غير محفوظة) .

النقص في الطاقة الميكانيكية يكتسبه الوسط المحیط فترتفع درجة حرارة الوسط .

$$\Delta KE = 0$$

**الطاقة الكلية محفوظة . الطاقة الميكانيكية غير محفوظة**

## الاستنتاج الرابع : حفظ الطاقة الميكانيكية في نظام معزول

ما سبق نستنتج أن (نص قانون حفظ الطاقة الميكانيكية)

في الأنظمة المعزولة عندما تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة يكون التغير في الطاقة الوضع الكامنة يساوي معكوس التغير في الطاقة الحركية.

مثال : كتلة نقطية مقدارها 10 أطلقت رأسياً لأعلى من النقطة 0 بسرعة

ابتدائية مقدارها  $10\text{m/s}$  ، اهمل احتكاك الهواء . احسب :

1- الطاقة الميكانيكية للكتلة عند النقطة 0 علماً أن النقطة تمثل المستوى المرجعي ؟

2- الطاقة الميكانيكية عند أعلى نقطة تصل إليها الكرة ؟

3- أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة ؟

مثال: جسم كتلته  $30\text{ Kg}$  موجود على سطح مبني ارتفاعها  $20\text{ m}$  فإذا سقط سقوطاً حرّاً. احسب كل من:

1- طاقة الوضع الثقلية للجسم قبل سقوطها؟

2- الطاقة الكالية للجسم قبل سقوطه؟

3- طاقة حركة الجسم عندما يصل لسطح الأرض؟

4- سرعة الجسم عند لحظة وصوله لسطح الأرض؟

5- الشغل الذي يبذله الجسم نتيجة سقوطه؟

6- الارتفاع الذي تصبح عنده سرعة الجسم تساوي  $10\text{ m/s}$ ؟

7- سرعة الجسم عند ارتفاع  $10\text{ m}$  من سطح الأرض؟

مثال: قذف حجر كتاته و 2Kg بسرعة 16m/s رأسيا إلى أعلى أعتبر أن نقطة القذف هي المستوى المرجعي في غياب مقاومة الهواء. ثم احسب كل من:  
**1- طاقة حركة الحجر لحظة قذفه؟**

**2- الطاقة الميكانيكية للنظام؟**

**3- طاقة وضع الحجر عندما أقصى ارتفاع يصل إليه؟**

**4- أقصى ارتفاع وصل إليه الحجر؟**

**5- الشغل الذي بذلته قوة جذب الأرض؟**

**6- الارتفاع الذي يتساوى عندها طاقتى الوضع والحركة؟**

**7- السرعة التي يتساوى عندها طاقتى الوضع والحركة؟**



مثال : صندوق خشبي كتلته  $10 \text{ Kg}$  أزلق من سكون من النقطة (1) على مستوى أملس طوله  $4\text{m}$  يميل على المستوى المرجعي بزاوية مقدارها  $30^\circ$  حتى وصل إلى المستوى المرجعي عن النقطة (2).

أحسب : 1- الطاقة الميكانيكية للنظام ؟

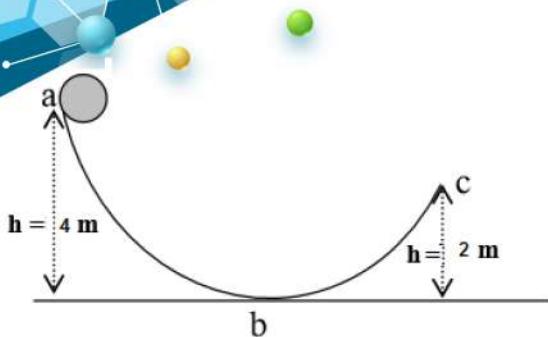
2- طاقة حركة الكرة أسفل المستوى المائي ؟

3- ارتفاع المستوى الذي تكون عنده سرعة الجسم تساوي  $5 \text{ m/s}$  ؟

4- سرعة الكرة على ارتفاع  $2 \text{ m}$  من المستوى المرجعي ؟

5- الارتفاع الذي يتساوى عنده طاقتى الوضع و الحركة ؟

6- سرعة الجسم عند الموضع الذي يتساوى فيه طاقتى الوضع و الحركة ؟



**مثال :** كرة وزنها  $200\text{N}$  تزلق من النقطة  $a$  على المسار الأملس  $a \rightarrow b \rightarrow c$  الموضح بالشكل إذا علمت أن النقطة  $b$  تمثل المستوى المرجعي. احسب

**1- طاقة وضع الكرة عند النقطة  $a$  ؟**

**2- الطاقة الميكانيكية للكرة عند النقطة  $a$  ؟**

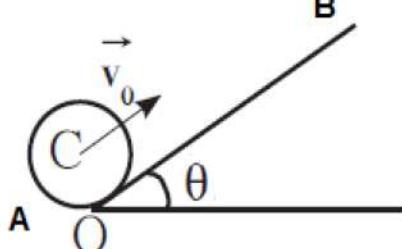
**3- سرعة الكرة عند النقطة  $b$  ؟**

**4- سرعة الكرة عند النقطة  $c$  ؟**

**مثال :** كرة موجودة على ارتفاع  $2\text{m}$  أعلى سطح الأرض (المستوى المرجعي)  
احسب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض ؟



مثال : جسم كتلته و 100 موضع أسفل مستوى مائل املاس كما بالشكل . اذا اعتبرنا سطح المستوى المائل هو المستوى المرجعي . اذا اطلق الجسم لأعلي من النقطة A بسرعة ابتدائية  $10 \text{ m/s}$  .



احسب : 1- الطاقة الميكانيكية للجسم ؟

2- أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم ؟

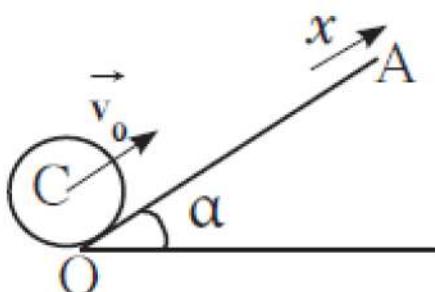
3- ارتفاع الجسم الذي يجعل سرعته  $5 \text{ m/s}$  ؟

4- الارتفاع الذي يتساوى عنده طاقتى الوضع والحركة ؟

5- سرعة الجسم عند الموضع الذي يتساوى فيه طاقتى الوضع والحركة ؟



مثال : الجسم الموضح بالشكل كتلته  $200 \text{ gm}$  يتحرك دون احتكاك علي المستوى



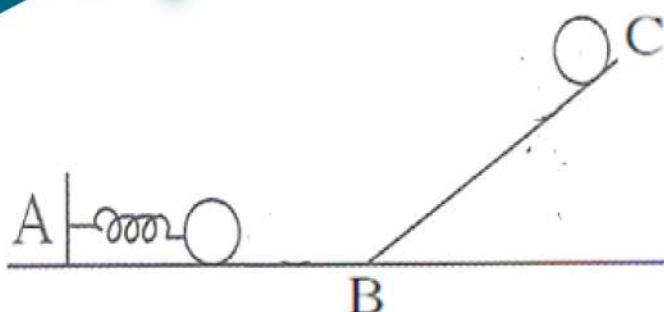
المائل الأملس الذي يصنع زاوية  $30^\circ$  أطلق  
الجسم من النقطة  $O$  بسرعة ابتدائية مقدارها  $4 \text{ m/s}$   
واستخدم المستوى المار بالنقطة  $O$   
كمستوى مرجعي .

1- احسب الطاقة الميكانيكية للنظام ؟

2- أوجد صيغة رياضية لطاقة الجسم الكامنة الشاقلية بدلالة البعد  $X$  ؟

3- احسب ارتفاع الجسم عندما تكون سرعته  $1 \text{ m/s}$  ؟

4- احسب أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة ؟



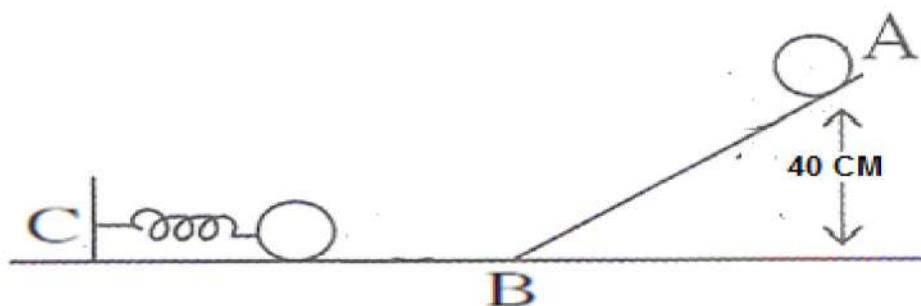
مثال: نابض طوله 100 cm مُخطٍ حتى أصبح طوله 50 cm عند النقطة A ووضع أمامه جسم كتلته 2 kg إذا كان ثابت مرؤنة النابض يساوي 200 N/M وتحرك الجسم على المسار الأملس  
أحسب: ABC

1- سرعة الجسم عند النقطة ?

2- أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم عند النقطة C ?



مثال: جسم كتلته  $2 \text{ kg}$  انزلق من سكون من النقطة A على ارتفاع  $40 \text{ cm}$  على المسار الأملس ABC ليصطدم عند النقطة C بالنابض، إذا كان ثابت النابض يساوي  $200 \text{ N/m}$ . احسب:

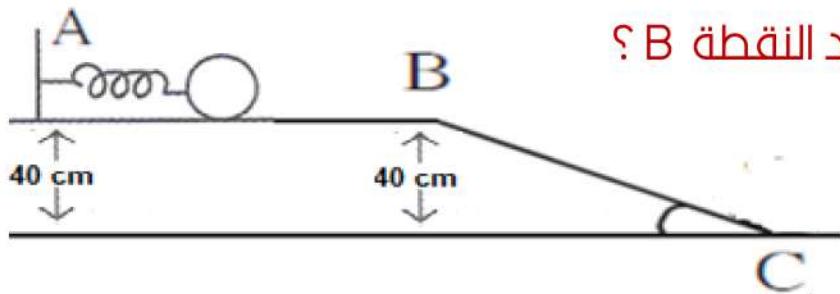


1- سرعة الجسم عند النقطة B ؟

2- مقدار الانفجارات الحادث في النابض بفرض عدم حدوث فقد في الطاقة ؟

مثال : نابض ثابت مرونته  $200 \text{ N/m}$  موضوع على مستوى أملس أفقى AB إذا ضغط بمقدار  $50\text{cm}$  عند النقطة A ثم وضع أمامه كتلته  $2\text{kg}$  ليتحرك الجسم على المستوى الأفقي الذي ارتفاعه  $40\text{ cm}$ .

1- احسب سرعة الجسم عند النقطة B ؟

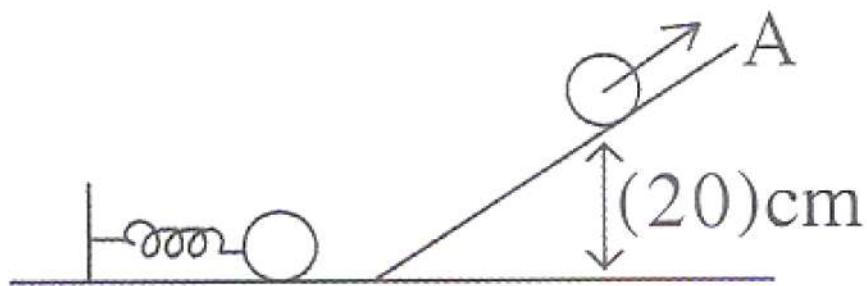


2- إذا تحرك الجسم ليصل إلى النقطة C والتي تمثل المستوى المرجعي وتحركت على المستوى الأملس المائل BC احسب سرعة الجسم عند النقطة C ؟



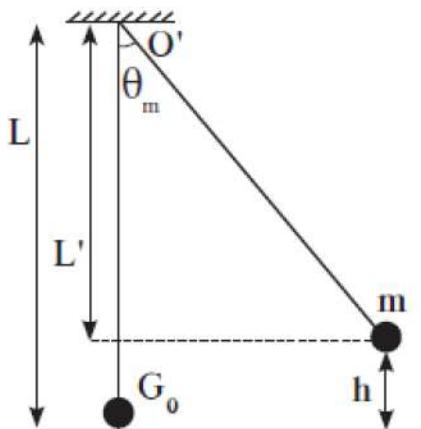
مثال : لإطلاق جسم كتالته  $200 \text{ gm}$  وضع الجسم أمام زنبرك طوله الحقيقي  $25 \text{ cm}$  قبل إطلاق الجسم تم ضغطه حتى أصبح طوله  $20 \text{ cm}$  وصل الجسم بعد الإطلاق إلى النقطة A على المستوى الأملس المائل التي تقع على ارتفاع  $20 \text{ cm}$  من المستوى الأفقي بسرعة  $V_A = 1 \text{ m/s}$ . احسب :

1- ثابت مرنة الزنبرك ؟



2- أقصى ارتفاع عن المستوى الأفقي يمكن أن تبلغه الكتلة ؟

تطبيق على حفظ الطاقة "البندول البسيط"



$$L = L' + h$$

$$\cos(\theta) = \frac{L'}{L}$$

$$L' = L \cos(\theta)$$

$$h = L - L \cos(\theta)$$

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

الاستنتاج السادس :-

$$P.E_g = mg h = mg L(1 - \cos(\theta_m))$$

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

$$M.E = k.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2} mv^2 + mg L(1 - \cos(\theta))$$

\* لحساب الطاقة الكامنة الثقالية (طاقة الوضع) :

\* لحساب الطاقة الحركية :

\* لحساب الطاقة الميكانيكية :

موضع البندول أثناء الحركة

(ب) عند سطح الأرض - المستور المرجعي (G)

$$P.E = 0 \quad h = 0$$

$$k.E_{max} \quad V_{max}$$

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

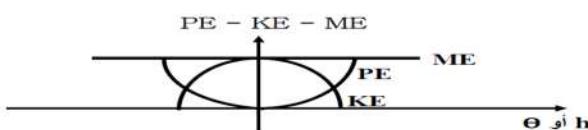
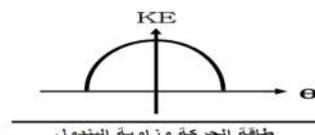
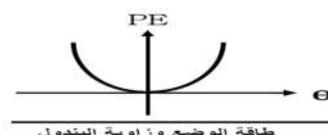


(ج) عند أقصى ارتفاع (m)

$$V = 0$$

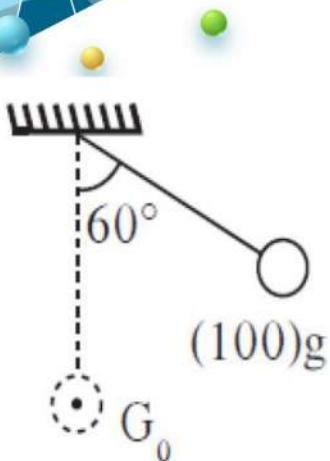
$$K.E = 0$$

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



مثال : بندول بسيط مكون من كتلة و 100 مربوط بخيط عديم الوزن لا يتمدد . طوله 40 cm شرطت الكتلة مع ابقاء الخيط مشدود بزاوية 60 وأفللت من دون سرعة ابتدائية ، لتهتز في غياب الاحتكاك . احسب :

- 1- الطاقة الميكانيكية للنظام عند أقصى ارتفاع ؟

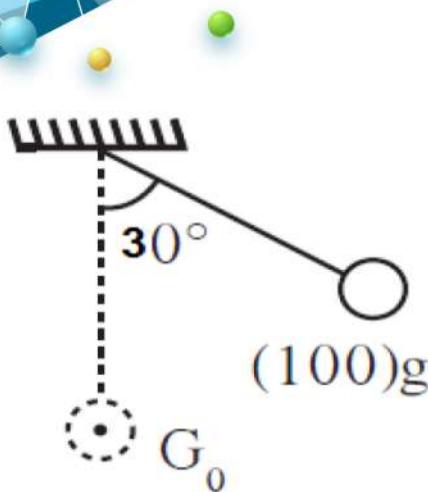


2- سرعة الكتلة عند النهاية ؟  $G_0$

3- الزاوية التي يتساوى عندها طاقتى الوضع و الحركة ؟

4- احسب السرعة التي يتساوى عندها طاقتى الوضع و الحركة ؟





مثال: بندول بسيط مكون من كتلة نهائية مقدارها 100 معلق في خيط من عديم الوزن وغير قابل للتمدد. طوله  $2\text{ m}$  ازيحت الكتلة والخيط مشدود بزاوية  $\theta = 30^\circ$  وأفللت من السكون في غياب الاحتكاك. احسب:

- الطاقة الميكانيكية للنظام عند أقصى ارتفاع؟

2- سرعة الكتلة عند مرورها بالنقطة  $G_0$ ؟

3- الزاوية التي يتساوى عندها طاقتى الوضع والحركة؟

4- السرعة التي يتساوى عندها طاقتى الوضع والحركة؟

مثال : بندول طول خيطه  $1\text{ m}$  علق في طرفيه كتله مقدارها و  $100$  ازigh بمقدار زاوية  $\theta_0$  وترك ليتحرك من السكون ، باستخدام الأدوات المخبرية تم حساب سرعة البندول عند مروره بنقطة الاتزان  $G_0$  وكانت  $2\text{ m/s}$  . احسب :

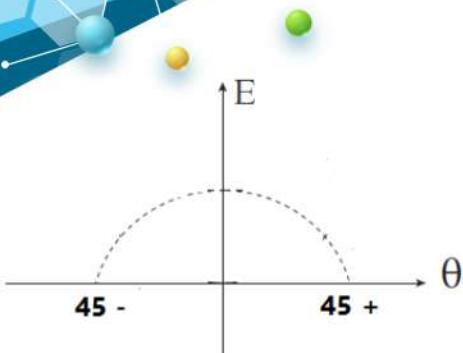
- الطاقة الميكانيكية للنظام عند النقطة  $G_0$  ؟

- أقصى إرادة زاوية للبندول ؟

- الزاوية التي يتساوى عندها طاقتى الوضع والحركة ؟

- السرعة التي يتساوى عندها طاقتى الوضع والحركة ؟

- الزاوية التي يكون عندها سرعة البندول تساوي  $1.5\text{ m/s}$  ؟



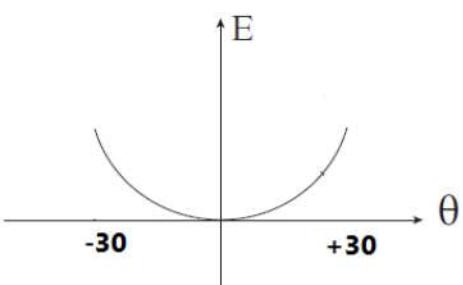
مثال : الشكل التالي يوضح العلاقة بين أحد أنواع الطاقة و زاوية الإزاحة لبندول ، إذا كانت كتلة البندول  $m = 1 \text{ kg}$  و مربوط بطرف خيط من عديم الوزن طوله  $l = 200 \text{ cm}$  - 1- حدد نوع الطاقة الموضحة بالرسم البياني ؟

2- طاقة الوضع الثاقلية عند أقصى إزاحة زاوية ؟

3- احسب الطاقة الميكانيكية للنظام ؟

4- طاقة الحركة عند النقطة  $G_0$  ؟

5- سرعة الجسم عند النقطة  $G_0$  ؟



مثال : الشكل التالي يوضح العلاقة بين أحد أنواع الطاقة و زاوية الإزاحة لبندول ، إذا كانت كتلة البندول  $m = 2 \text{ kg}$  و مربوط بطرف خيط من عديم الوزن طوله  $l = 100 \text{ cm}$  - 1- حدد نوع الطاقة الموضحة بالرسم البياني ؟

2- طاقة الوضع الثاقلية عند أقصى إزاحة زاوية ؟

3- احسب الطاقة الميكانيكية للنظام ؟

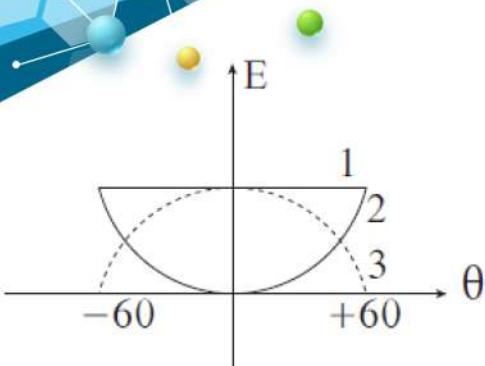
4- طاقة الحركة عند النقطة  $G_0$  ؟

5- سرعة الجسم عند النقطة  $G_0$  ؟



مثال : بندول بسيط مكون من كتلة نقطيه مقدارها 1m 200 gm معلقة بطرف بريط عديم الوزن طوله ازيحت الكتلة عن موضع الاستقرار بزاوية . 60

- 1- حدد نوع الطاقة التي يمثلها الرسم البياني في الشكل ؟
- 2- احسب مقدار الطاقة الميكانيكية للنظام ؟
- 3- اكتب بالنسبة لزاوية  $\theta$  صيغة رياضية للطاقة الكامنة الثقلية ؟
- 4- اكتب بالنسبة لزاوية  $\theta$  صيغة رياضية للطاقة الحركية ؟
- 5- احسب الزاوية التي يتساوى عندها الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة الثقلية ؟



## عدم حفظ الطاقة في نظام معزول

التغير في الطاقة الكلية للنظام يكون نتيجة التغير في الطاقة الداخلية أو الميكانيكية أو الـ **الإثنين معاً**

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

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

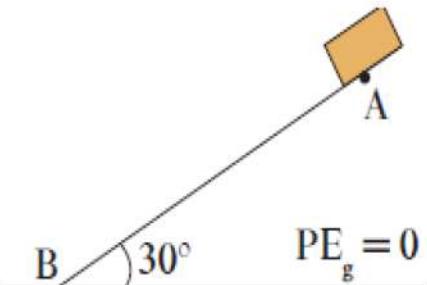
$$\Delta M.E = - \Delta U$$

وبما أن الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك يتتحول إلى طاقة داخلية ، تعمل على تغيير درجة حرارته أو تغير حالته الفيزيائية أو الـ **الإثنين معاً**

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

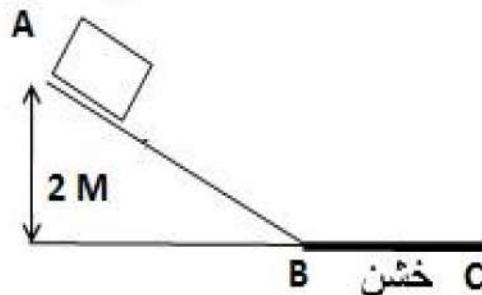
$$\Delta M.E = - f \times d$$

**مثال :** صندوق صغير كتلته  $m = 100 \text{ gm}$  أفلت من سكون من النقطة A على المستوى المائل الخشن



طول المسار AB يساوي  $m = 4$  ويتبع زاوية مقدارها  $30^\circ$ . إذا وصل الصندوق إلى النقطة B بسرعة  $V_B = 6 \text{ m/s}$ . احسب مقدار قوة الاحتكاك على المستوى المائل ؟





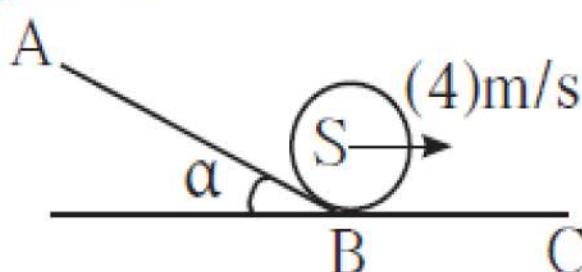
مثال : الشكل المقابل يوضح جسم كتلته 5 kg موضوع أعلى مستوى مائل أملس تحرك الجسم من السكون من النقطة A التي ترتفع عن الأرض بمقدار 2 m لتصل إلى النقطة رقم B ثم تحركت على المستوى الخشن لتنوقف عند النقطة C . و المطلوب احسب

1- الطاقة الميكانيكية للجسم عند النقطة A ؟

2- سرعة الجسم عند النقطة B ؟

3- إذا كان طول المسار BC 1m احسب مقدار قوة الاحتكاك ؟





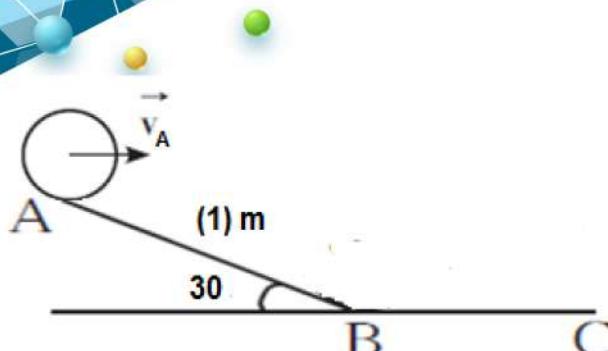
مثال : أفلت الجسم S وكتلته  $100 \text{ gm}$  من النقطة A على المسار ABC المستوى مائل أملس يصنع زاوية  $30^\circ$  في حين المسار الأفقي BC خشن وقوية الاحتكاك ثابته وتساوي  $N = 0.1 \text{ N}$  إذا كانت سرعة الجسم لحظة مروره بالنقطة B تساوي 4

m/s . احسب :

1- طول الجزء AB ؟

2- إذا أكمل الجسم مساره على المسار BC ليتوقف عند النقطة C احسب طول المسار BC ؟

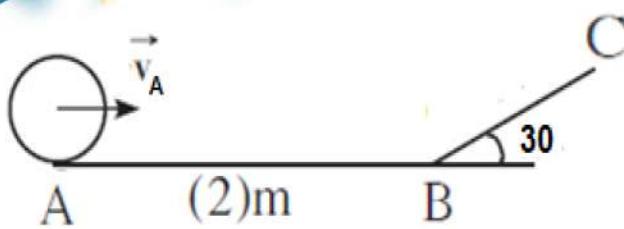




مثال : جسم كتلته  $2 \text{ kg}$  موضوع أعلى المستوى الخشن  $AB$  المائل بزاوية  $30^\circ$  عند النقطة  $A$  ازلق من سكون على المسار  $AB$  إذا علمت أن طول المسار  $AB$  يساوي  $30 \text{ cm}$  وأن قوة الاحتكاك على المسار  $ABC$  منتظمة وتساوي  $0.5 \text{ N}$  .  
1- احسب سرعة الجسم عند النقطة  $B$  ؟

2- إذا أكمل الجسم مساره على المستوى الخشن  $BC$  ليتوقف عند النقطة  $C$  احسب طول المسار  $BC$  ؟





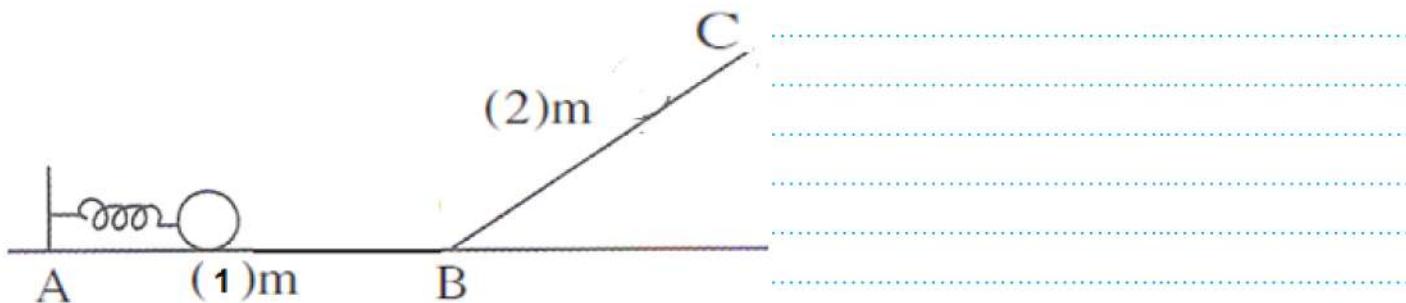
مثال: جسم كتلته 2 kg انطلق من النقطة A بسرعة مقدارها 5 m/s على المسار AB الخشن وطوله يساوي 2 m .  
بفرض أن قوة الاحتكاك على طول المسار AB ثابتة وتساوي 0.5 N .

1- احسب سرعة الجسم عند النقطة B ؟

2- إذا أكمل الجسم حركته على المستوى الأملس BC والذي يميل بزاوية مقدارها 30 ليتوقف عن الحركة عند النقطة C احسب طول المسار BC ؟

مثال : نابض طوله  $75\text{ cm}$  ثابت مرونته  $900\text{ N/m}$  مُخطٍ حتى أصبح طوله  $25\text{ cm}$  وضع أمامه جسم كتلته  $5\text{ kg}$  عند النقطة A لينطلق الجسم على المسار الخشن ABC إذا كان طول المسار AB يساوي  $1\text{ m}$  والمسار BC يساوي  $2\text{ m}$  وذلك بفرض قوة الاحتكاك ثابتة على المسار ABC الخشن وتساوي  $0.5\text{ N}$ .

1- احسب سرعة الجسم عند النقطة B



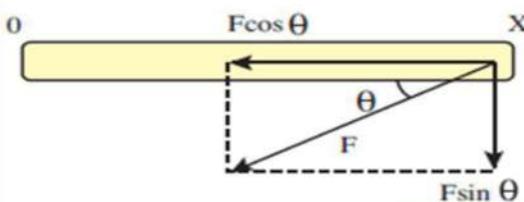
2- إذا أكمل الجسم حركته على المستوى المائل BC حتى توقف عند النقطة C احسب ارتفاع النقطة C

## عزم القوى

هي الكمية الفيزيائية التي تعبر عن مقدرة القوة على إحداث حركة دورانية حول مركز دوران .



## طول ذراع العزم



هو البعد بين مركز الدوران ونقطة تأثير القوة .

## حساب عزم القوة

$$\tau = \vec{F} \times \vec{d} \quad \text{العزم} = \text{مركبة القوه المؤثر} \times \text{طول ذراع العزم}$$

$$\tau = F d \sin \theta \quad \text{لحساب مقدار عزم القوى}$$

**على :** عزم القوه كمية متتجهة ؟

إلا أنها تنتج من حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهات القوه وطول الذراع .

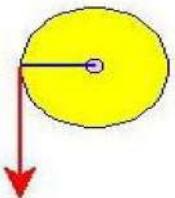
\* وحدة قياس عزم القوه = قوه × إزاحة (N×m)

**ملاحظة :** لتساوى جول (J)

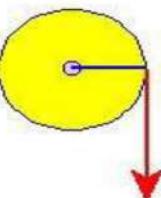
عزم القوة	الشغل	وجه المقارنة
$\tau = \vec{F} \times \vec{d}$	$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$	العلاقة المستخدمة لحسابه
متتجهة	عددية	نوع الكمية
اتجاهي	قياسي	نوع الضرب
N.m	الجول (J)	وحدة القياس

## تحديد اتجاه عزم القوة

### قاعدة عقارب الساعة



دوران عكس عقارب الساعة  
عزم موجب (+)



دوران مع حركة عقارب الساعة  
عزم سالب (-)

**ملاحظات :**

- بزيادة ذراع العزم تقل مقدار القوه اللازمه لـ احداث حركة دورانية .
- كلما قل طول الذراع يلزم تعويضه بقوة اكبر ( فائدته ميكانيكية اكبر ) .

\* ما هي العوامل التي يتوقف على مقدار عزم القوة ؟

(ا) مقدار القوه المؤثرة  $\tau \propto F$

(ب) طول الذراع  $d$

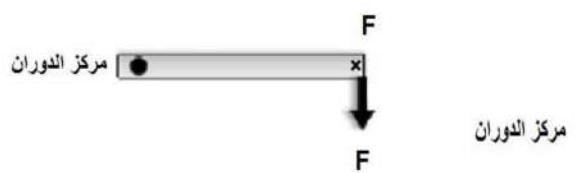
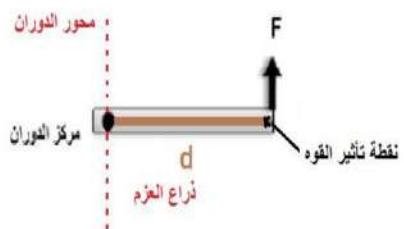
(ج) مقدار الزاوية بين القوه المؤثرة والذراع  $\tau \propto \sin(\theta)$

متى يكون العزم لنفس القوه بنفس الزاوية اكبر ما يمكن ؟

كلما زاد طول الذراع ( زادت الفائدة الميكانيكية ) عملية الدوران منقص الجهد اللازمه في ادارة مفتاح لحل برباعي يجب زيادة طول الذراع الذي يعمل على زنادة عزم الدوران

\* قاعدة اليد اليمنى :-

عندما يشير الإبهام في اتجاه القوه المؤثرة فإن دوران الأصابع الأربع مع اتجاه دوران الساق ( العزم )

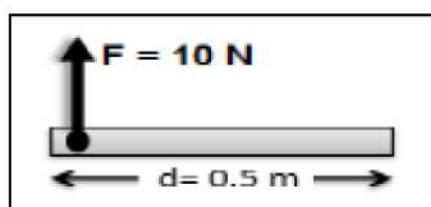
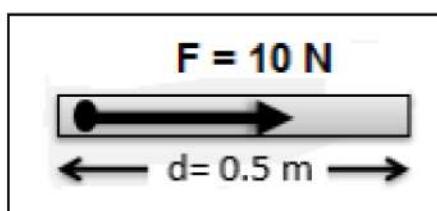
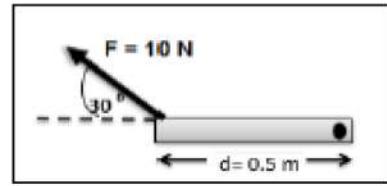
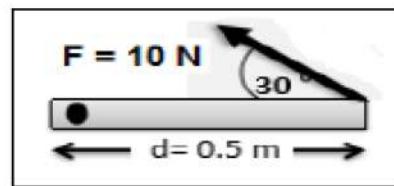
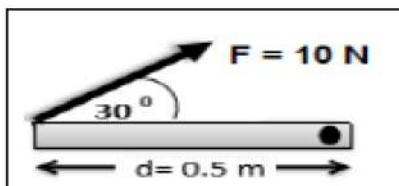
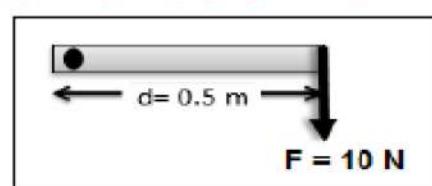
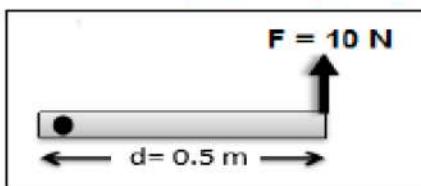


$$\tau = F d \sin(\theta)$$

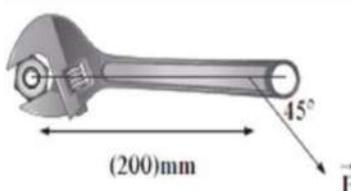
- اذا كان خط عمل القوة يوازي محور الدوران ( $\theta = 0$ )

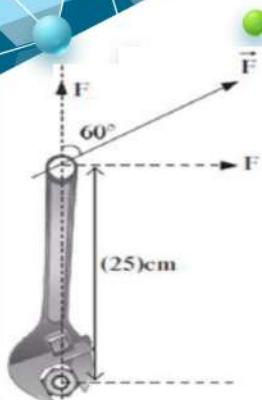
- اذا كان خط عمل القوة يمر بمركز الدوران ( $d=0$ )

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



**مثال : احسب مقدار عزم القوة التي تبذلها يدك على مفك ربط ، علماً أن طول ذراع القوة يساوي 200 mm و مقدار القوة يساوي 100 N و الزاوية بين القوة و ذراعها 45° ؟**

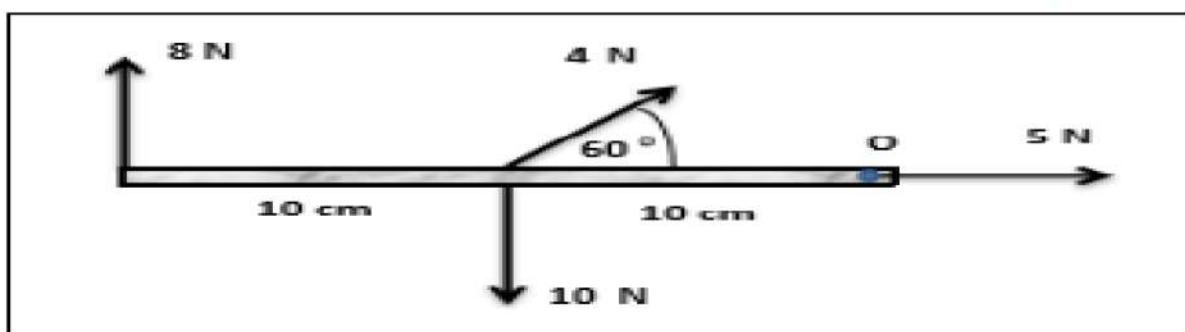




مثال : تحتاج صامولة إلى عزم قوة مقداره  $40 \text{ N.m}$  باستخدام مفك ربط طوله  $25 \text{ cm}$  ، احسب مقدار القوة اللازمة لثبيت الصامولة ؟

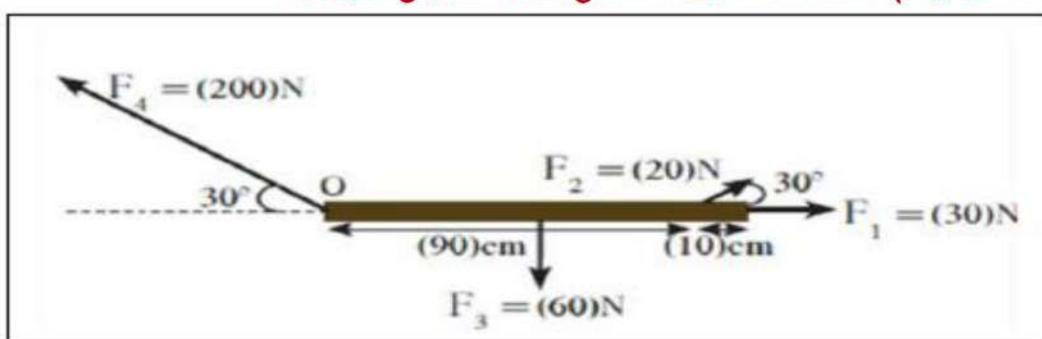
مثال : احسب عزم قوة الدوران الناتج عن قوة عمودية مقدارها  $20 \text{ N}$  عند نهاية مفتاح ربط طوله  $0.2 \text{ m}$  ؟

مثال : ساق منتظمة و متجانسة وزنها  $10 \text{ N}$  و طولها  $20 \text{ cm}$  . احسب محصلة العزوم المؤثرة على الساق بالنسبة لمحور الدوران O ؟

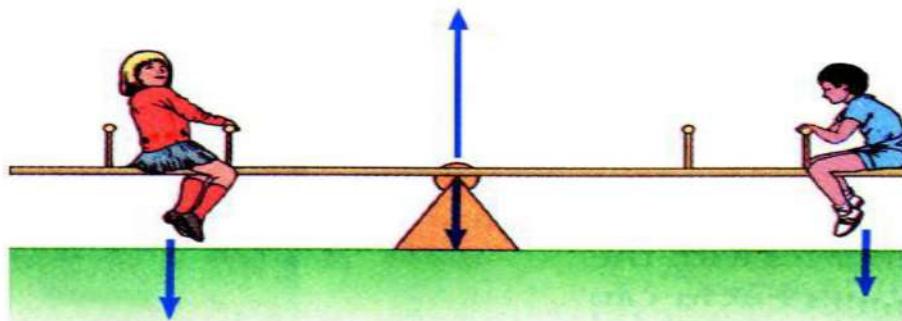


مثال : يوضح الشكل ساق متجانس طولها 100 cm وزنها N 60 تؤثر فيها ثلاثة قوى . احسب :

- 1- مقدار عزم القوة لكل من القوى الأربع وحدد اتجاهها حول محور الدوران O ؟
- 2- محصلة العزوم على الساق الناتج عن الأربع قوى ؟



## العزم المترننة



متى تتنزن الساق أفقيا ؟

(ا) اذا تأثرت الساق بعزمين متساوين مقداراً متعاكسان اتجاهها

(ب) محصلة القوى المؤثرة على الساق = صفر

$$\tau_1 = -\tau_2$$

$$\therefore \tau_1 + \tau_2 = 0$$

$$\sum \tau = 0$$

$$\sum f = 0$$

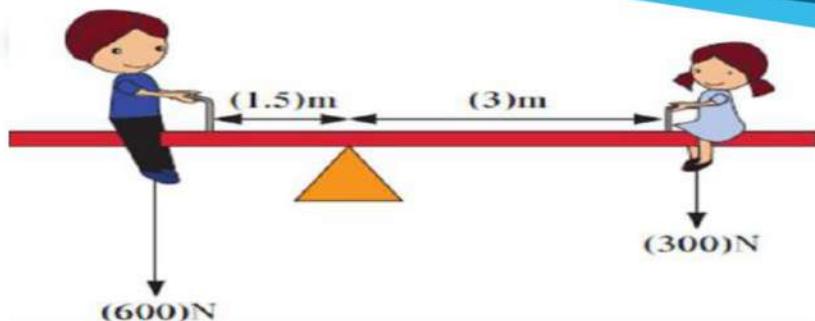
**ملاحظة:** نقطة الاتزان تقسم طول الساق بنسبة عكسية

$$\tau_1 = \tau_2$$

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

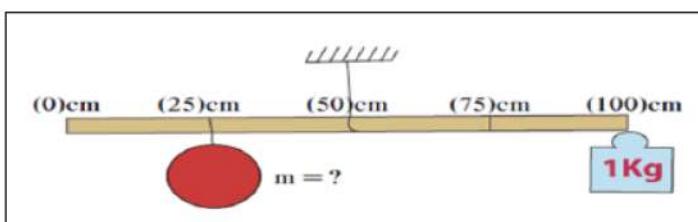
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

دائما نقطة الاتزان أقرب للجزء الأثقل



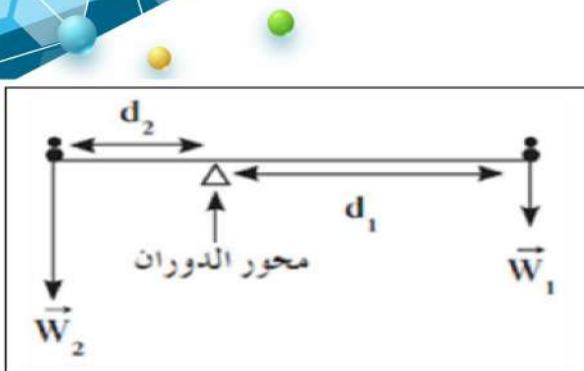
1- احسب مقدار عزم القوة لكل من وزني الفتاه و الولد الجالسين على اللوح المتأرجح بإهمال وزن اللوح ؟

2- احسب المسافة التي تفصل الفتاه عن محور ارتكاز اللوح عندما يساوي وزن الفتاه N 400 و النظام في حالة اتزان ؟

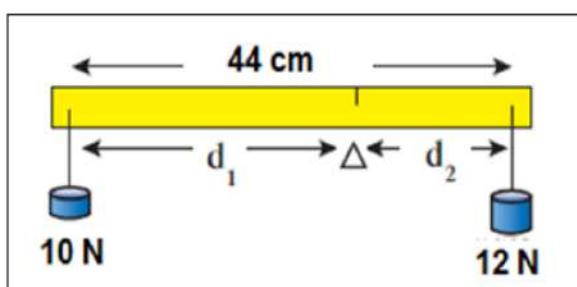


مثال : الشكل يمثل مسطحة متباينة  
ما هي كتلة الصقرة  $m$  علمًا أن  
النظام في حالة اتزان ؟





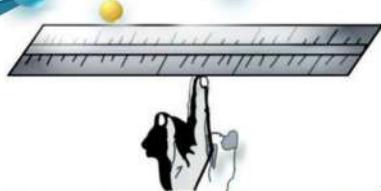
**مثال :** يجلس طفلان وزن أحدهما  $N = 300$  والأخر  $N = 450$  على طرفي أرجوحة طولها  $3\text{ m}$ . حدد موقع محور الدوران الذي يجعل النظام في حالة اتزان دوري ؟



**مثال :** مسطرة يمكن إهمال وزنها طولها  $44\text{ cm}$  تعلق في أحد طرفيها وزن مقداره  $N = 12$  وفي الطرف الآخر وزن مقداره  $N = 10$ . حدد موقع محور الدوران بالنسبة إلى أحدهما والذي يجعل النظام في حالة اتزان دوري ؟



**عزم القوة ومركز الثقل**



**مركز ثقل الجسم الصلب**

هو موقع محور الدوران الذي تكون محصلة عزوم قوى الجاذبية المؤثرة في الجسم الصلب تساوي صفر.

**عزم القوى وعلاقتها بمركز الثقل :**

(أ) إذا كان مسقط مركز ثقل الجسم يقع في إطار القاعدة الحاملة .

يتأثر الجسم بعزم دوراني في عكس اتجاه إمالة الجسم فتجعله يعود لحالة الاتزان .

(ب) إذا كان مركز ثقل الجسم يقع خارج إطار القاعدة لحامله .

يتأثر الجسم بعزم دوراني في نفس اتجاه إمالة الجسم فتجعله يدور في نفس اتجاه الانقلاب .

ماذا يحدث عند ركل كرة بحيث يكون امتداد تأثير القوه يمر بمركز ثقل الكرة ؟

حركة الكرة انتقالية من دون الدوران لأنعدام العزم لسبب انعدام طول الذراع .

ماذا يحدث عند ركل كره بحيث يكون امتداد تأثير القوه يمر بعيداً عن مركز الكرة ؟

حركة الكرة انتقالية دورانية بسبب وجود عزم قوه والذي يكون له أثر دوري

لوجود طول ذراع العزم .

**عزم الازدواج**

- هو حصل ضرب إحدى القوتين المؤثرتين في البعد العمودي بينهما .

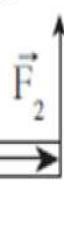
- هو عبارة عن قوتين متساوين في المقدار ومتوازيتين وتعملان في اتجاهين متضادين وليس لهما

خط عمل واحد .

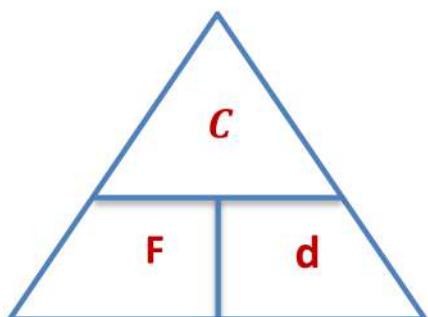
متى تتأثر الساق في الشكل المقابل بعزم ازدواج ؟

إذا تأثرت بعزمي قوتين متساوين مقداراً

ومتعاكستين نفس الاتجاه .



## استنتاج قانون عزم الازدواج



**متى تتأثر الساق بازدواج :**

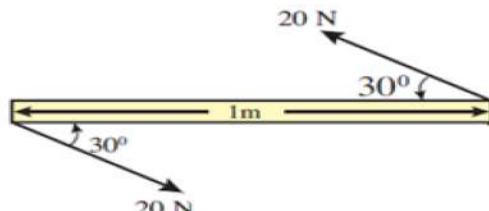
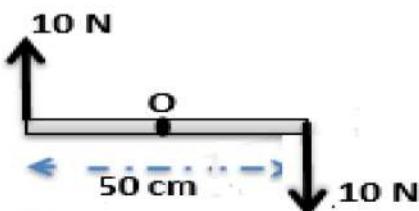
**إذا تأثرت الساق بـ**

- (1) **قوتان متساویتان مقداراً.**
- (2) **متعاكستان اتجاهها.**
- (3) **خط عملهما ليس على استقامة واحدة.**

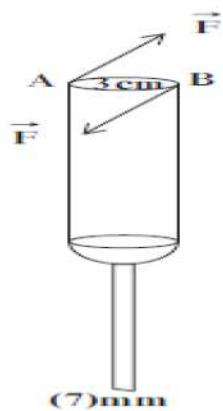
### تطبيقات على الازدواج

<p><b>استخدام الميكانيكي مفتاح الفك الرباعي لفك الصواميل باستخدام يديه الاثنتين لتمثل ازدواجا يساعد في دوران الصواميل .</b></p>	<p><b>عند قيادة الدراجات في المنعطفات فإن يديك تمثل ازدواجا يساعد في دوران الدراجة .</b></p>	<p><b>عند فتح صنبور الماء نؤثر بأصابعين مما يشكل ازدواجا في دور الصنبور .</b></p>
---	--	---

مثال : احسب عزم الازدواج في الحالات التالية :



مثال : مفك قطر مقبضه 3 cm عرض رأسه الذي يدخل في البرغي 7 mm استخدم لثبيت برجي بواسطة اليد بقوىتين متساويتين N 49 و متعاكستين في الاتجاه . احسب :

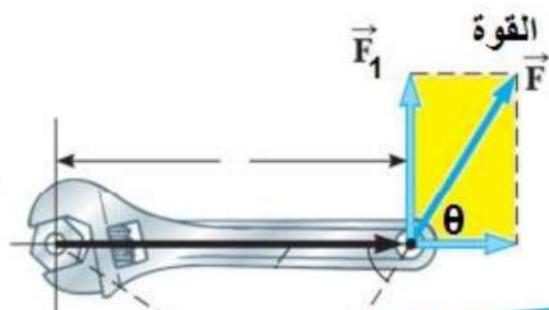


- 1- عزم الازدواج المؤثر على مقبض المفك ؟
- 2- القوة التي تؤدي إلى دوران البرغي ؟

**ملاحظة :** كلما قل البعد العمودي بين القوتان "d" زاد مقدار القوى المؤثرة على الجسم "f" عند ثبات عزم الازدواج "C"

علل : بالرغم من أن التأثير على مفتاح لحل مسمار يكون بقوة واحدة إلا أنه يتاثر بازدواج ؟ لأن تأثير المفتاح على المسمار يكون بقوىتين فعل ورد فعل ينشأ عنهما

عزم ازدواج فيدور المسمار.



### "القصور الذاتي الدوارني " I

(kg.m<sup>2</sup>)

هو مقدار مقاومة الجسم للتغير في الحالة الحركية .

القصور الذاتي

الحركة نوعان :

(أ) حركة خطية: لها قصور ذاتي خطير .

هو مقدار مقاومة الجسم للتغير في الحالة الحركية الخطية.

يحتاج الجسم لقوة للتغير في الحال الحركية الخطية.

العوامل التي يتوقف عليها القصور الذاتي الخطير:

١- سرعة الجسم . ٢- كتلة الجسم .

كلما زادت أي من كتلة الجسم أو سرعة الجسم يزداد القصور الذاتي الخطير فيمنع تحريك جسم ساكن او ايقاف جسم متحرك

(ب) حركة دورانية : لها قصور ذاتي دوارني .

هو مقدار مقاومة الجسم للتغير في الحالة الحركية الدورانية.

يحتاج لعزم قوة للتغير في الحال الحركية الدورانية .

العوامل التي يتوقف عليها القصور الذاتي الدورانية :

- ١- كتلة الجسم .
- ٢- بعد مركز كتلة الجسم عن مركز الدوران .
- ٣- شكل الجسم وتوزيع كتلته .



كلما زادت كتلة الجسم أو بعد الكتلة عن مركز الدوران يزداد القصور الذاتي الدوراني فيصعب دوران جسم ساكن و يصعب إيقاف جسم يدور .

### القصور الذاتي الدوراني ١

هو مقاومة الجسم للتغير في الحالة الحركية الدورانية حيث تميل الأجسام التي تدور للبقاء على حالتها الدورانية والأجسام الساكنة تميل للبقاء ساكنة .

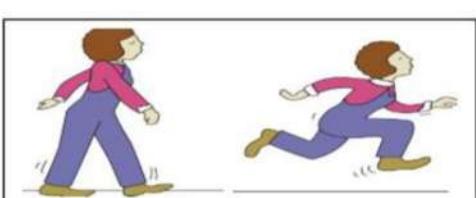
#### تعاليات خاصة بالقصور الذاتي الدوراني

\* يصعب دوران كرة مربوطة في خيط طويلاً بينما يسهل ذلك إذا كان الخيط قصيراً



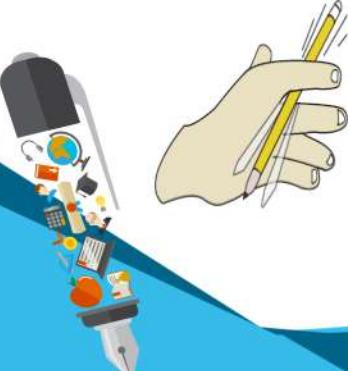
\* حركة بندول بسيط ذو خيط طويلاً بينما يسهل حركة كرة البندول إذا قل طول الخيط .

\* يسهل التدكم في مضرب بيسبول ذو يد قصيرة عن مضرب آخر ذو يد طويلة .



\* يصعب حركة الركض والساقين مفرودة بينما يسهل ذلك عند ثني الركبتين .

\* يصعب ارجده قلم من أحد طرفيه بين أصابعين بينما يسهل ذلك عند ارجده نفس القلم من منتصفه .



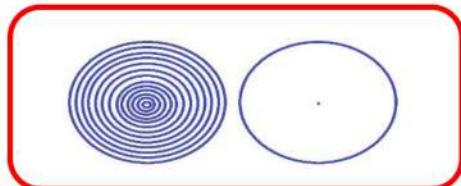


\*يصعب تغيير اتجاه سرعة الحيوانات ذات الأرجل الطويلة ويسهل ذلك على ذات الأرجل قصيرة .

كلما زاد بعد مركز كتلة الجسم عن مركز الدوران يزداد القصور الذاتي الدوراني فيصعب دوران الجسم ولكن **كلما قل بعد مركز الكتلة عن مركز الدوران** يقل القصور الذاتي الدوراني فيسهل دوران الجسم

علل : **القصور الذاتي الدوراني لحلقة مفرغة أكبر من القصور الذاتي الدوراني لقرص صلب ؟**

لأن كتلة الحلقة المفرغة موزعه بعيداً عن مركزها فيزداد القصور الذاتي الدوراني لها بينما القرص ينطبق مركز الكتلة على مركز الدوران فيقل قصور الذاتي الدوراني .



**أيهما يأخذ مسافة أطول للتوقف؟ مع التعليل ؟**

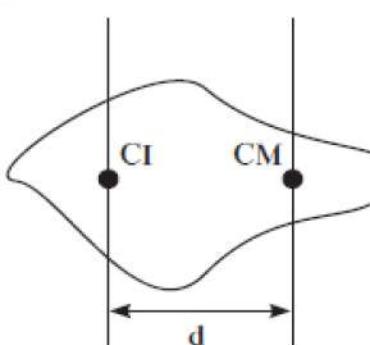
الحلقة المفرغة تأخذ مسافة أطول ، كتلتها موزعه بعيداً عن مركز الدوران لذا قصورها الذاتي الدوراني أعلى فيصعب إيقافها لذا تتخذ مسار أطول من القرص  
علل: **يستخدم البهلوان عصا طويله عند العبور على جبل ممتد في الهواء ؟**

حتى تبتعد الكتلة عن مركز الدوران فيزداد القصور الذاتي الدوراني أي تزداد مقاومة الجسم للتغير في الحالة الدورانية فيكون لديه وقت طويل لتعديل وضعه في حالة عدم الاتزان .



### قوانين القصور الذاتي الدوراني

#### "نظريه المحاور المتعازية"



عند دوران جسم :

\* يكون له قصوران ذاتيان دورانيان .

\* الأول نتائج دوران الجسم حول نفسه  $I_0$

\* الثاني نتائج دوران مركز كتلة الجسم حول مركز الدوران  $md^2$

\* القصور الذاتي الدوراني الكلي يساوي مجموع القصوران الذاتيان الدورانيان .

$$I = I_0 + md^2$$

ملاحظات هامة :

(ا) جسم يدور حول نفسه مركز كتلة الجسم منطبق على مركز الدوران .

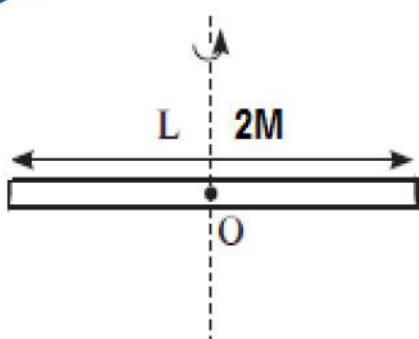
$$md^2=0 \quad (I=I_0)$$

$I_0=0 \quad md^2=0 \quad (m=0)$  . (ب) جسم كتلته معلم.

$I_0=0 \quad r=0 \quad I=md^2$  . (ليس لها نصف قطر) . (ج) كتلة نقطية

مثال : احسب القصور الذاتي الدوراني لأسطوانة مصممه كتلتها 3kg وقطرها

$$I = \frac{1}{2} MR^2 \quad ? \quad 20 \text{ cm}$$



**مثال :** ساق منتظمة المقطع كتلتها  $2 \text{ kg}$  وطولها  $2 \text{ m}$  تدور حول نقطة  $O$  في منتصفها إذا علمت أن القصور الذاتي الدوراني يحسب بالعلاقة  $I = \frac{1}{12} ML^2$

**احسب :** 1- القصور الذاتي الدوراني للعصا؟

2- القصور الذاتي الدوراني عندما يكون محور الدوران يبعد عن النقطة  $O$  مسافة  $0.3 \text{ m}$  ؟

3- القصور الذاتي الدوراني إذا كان محور الدوران عند طرف العصا ؟



**مثال :** احسب القصور الذاتي الدوراني لعصا طولها

65 cm و كتلتها مهملة تنتهي بكتلتين متساويتين

مقدار كل منها 0.3 kg تدور حول أحد طرفيها

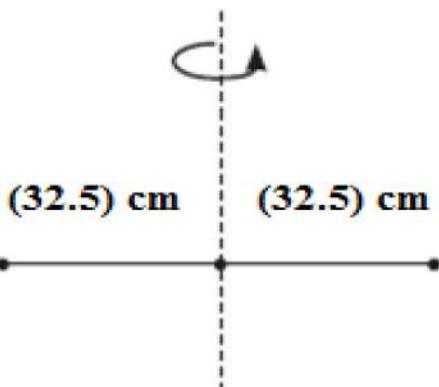
كما بالشكل علماً أن  $I = MR^2$

(65)cm



كما بالشكل علماً أن  $I = MR^2$

**2- احسب القصور الذاتي الدوراني للعصا عندما تدور حول مركز كتلتها؟**



(32.5) cm

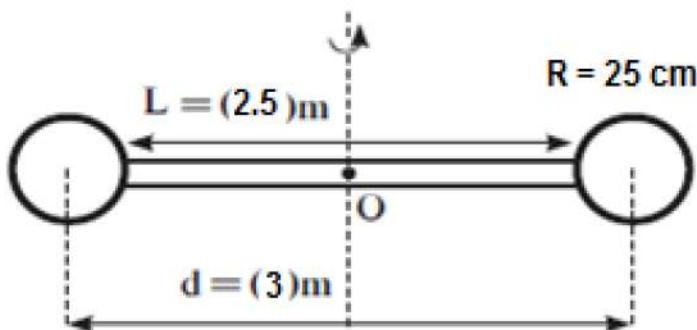
(32.5) cm



**مثال :** احسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مألف من قشرتين متماثلتين رقيقتين من الحديد كتلة الواحدة منها  $5 \text{ kg}$  ونصف قطرها  $25 \text{ cm}$  مثبتتين على طرف عصا كتلتها  $2 \text{ kg}$  وطولها  $2.5 \text{ cm}$  والمسافة بين مركزي كتلة الكرتين  $3 \text{ m}$  يدور النظام حول محور عمودي يمر بنقطة الوسط للعصا ، علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الأجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها

$$\text{قشرة} \quad I = \frac{2}{3} mr^2$$

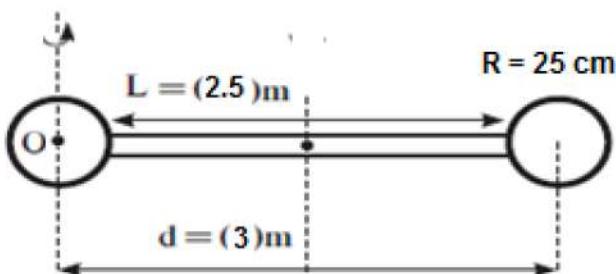
$$\text{عصا} \quad I = \frac{1}{12} mL^2 \quad \text{يساوي} :$$



**مثال :** احسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مؤلف من قشرتين متماثلتين رقيقتين من الحديد كتلة الواحدة منها  $5 \text{ kg}$  و نصف قطرها  $25 \text{ cm}$  مثبتتين على طرف عصا كتلتها  $2 \text{ kg}$  و طولها  $2.5 \text{ cm}$  والمسافة بين مركزى كتلة الكرتين  $3 \text{ m}$  يدور النظام حول محور عمودي يمر بمركز إحدى القشرتين ، علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الأجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها

$$\text{يساوي : } I = \frac{2}{3} mr^2 \quad \text{قشرة}$$

$$I = \frac{1}{12} mL^2 \quad \text{عصا}$$

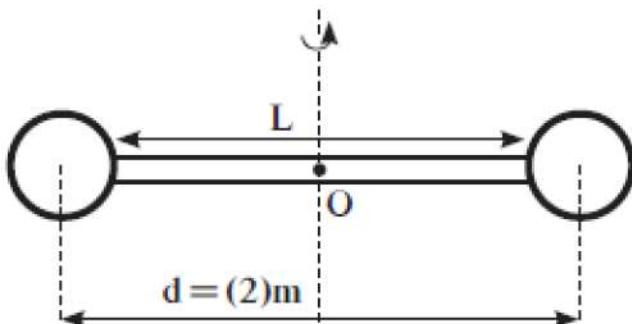


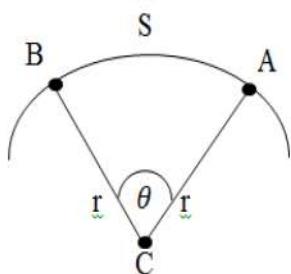
**مثال :** احسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مكون من كتلة الواحدة منهما  $2 \text{ kg}$  ونصف قطرها  $5 \text{ cm}$  مثبتتين على طرف عصا كتلتها  $2 \text{ kg}$  وطولها  $L$  والمسافة بين مركزي كتلة الكرتين  $m$  يدور النظام حول محوري عمودي يمر بنقطة الوسط للعصا ، علماً بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الأجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها

$$I = \frac{2}{5} mr^2 \quad \text{كرة}$$

$$I = \frac{1}{12} mL^2 \quad \text{عصا}$$

يساوي





## ديناميكا الدوران

### أنواع الحركة الدورانية

(أ) حركة دورانية بسرعة منتظمة (سرعة دورانية ثابتة) :

فيها يقطع الجسم أقواساً من دائرة متساوية في أزمنة متساوية.

أو يمسح نصف قطر زواياً متساوية في أزمنة متساوية.

\* حركة غير معجلة لا ينطبق عليها معادلات الحركة الدورانية المعجلة.

السرعة الزاوية $\omega$	السرعة الخطية $v$
$\omega = \frac{\Delta\theta}{t}$ $\Delta\theta = \omega t$	$\Delta s = vt$ $v = \frac{\Delta s}{t}$

(ب) حركة دوارنيه بعجلة منتظمة (عجلة دورانية ثابتة) :

$$\theta'' = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

عجلة زاوية (دورانية)

فيها تتغير السرعة الزاوية بانتظام.

العجلة الزاوية (الدورانية) :

هي التغير في السرعة الزاوية بالنسبة للزمن

تقدر بـ  $\text{Rad/s}^2$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

بالتشابه بين الحركة الخطية والدورانية

$$\theta'' = \frac{a}{r}$$

الحركة الدورانية المعجلة بانتظام ينطبق عليها معادلات الحركة الدورانية المنتظمة

$$\begin{aligned}\omega &= \omega_0 + \theta'' t \\ \theta &= \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2 \\ \omega^2 &= \omega_0^2 + 2\theta'' \theta\end{aligned}$$

الجسم المচمط

هي نظام من جزيئات تبعد عن بعضها البعض مسافات متساوية وهو ثابت الشكل لا يتأثر بالقوى أو عزوم القوى الخارجية أي انه غير قابل للتشوه أو التشكيل .

مقارنة بين الجسم المصمت والكتلة النقطية

الكتلة النقطية

الجسم المصمت

كتلة صغيره جداً مهمل نصف قطرها  
لكن لها كتلة (جسيم)

مركز كتلته عبارة عن كتلة نقطية وبقية الكتلة موزعة  
حوله .

يعبر عنه بخصائصه وهي :

نظام يتتألف من جزيئات البعد بينهم وبين مركز كتلة الجسم  
ثابت ولا يتأثر بأي قوى خارجية أي غير قابل للتشكل .

في دراسة الحركة الخطية لا يتطلب التفرقة بين الكتلة النقطية او الجسم المصمط لأن يمكن تمثيل حركة جسم مصمت بمركز كتلة وهو عبارة عن كتلة نقطية .

في دراسة الحركة الدورانية يلزم التفرقة بين الكتلة النقطية والجسم المصمط لأنها تختلف كل نقطة على سطح الجسم وبعد ها عن مركز الدوران في القصور الذاتي الدوراني وكذلك تختلف تطبيق معادلات الحركة الدورانية.

مما سبق علّ : لا يمكن أن تمثل الحركة الدورانية لجسم مصمم بحركة مركز ثقله ؟

### قوانين نيوتن للحركة الدورانية

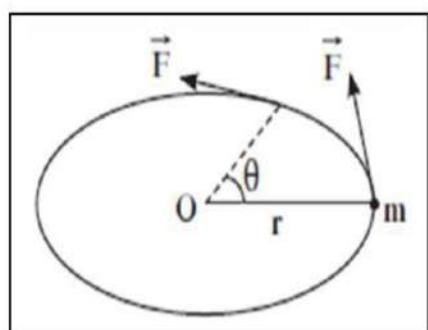
#### أول لنيوتن في الحركة الدورانية

يبقى الجسم الساكن ساكن والجسم الذي يدور بسرعة دورانية ثابتة ما لم تؤثر عليه عزوم قوى خارجية تغير من حالته الدورانية .

علّ : يطبق على القانون الأول لنيوتن في الحركة الدورانية بقانون القصور الذاتي الدوراني ؟

لأنه يصف عجز الجسم عن تغيير حالته الحركية الدورانية من دون مؤثر خارجي .

#### استنتاج القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية



يتوقف عزم القوة الدوراني على : (أ) العجلة الزاوية . (ب) القصور الذاتي الدوراني .

نص القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية : محصلة عزم القوى المؤثرة على نظام حول محور دوران ثابت تساوى حاصل ضرب العجلة الدورانية والقصور الذاتي الدوراني حول محور الدوران نفسه

**مثال :** عجلة مطحنة عبارة عن قرص كتلته 10 kg ونصف قطره 10 cm تدور

بمعدل 1500 rev/min انزلقت بانتظام للتوقف في زمن 10 s . علما بأن عزم القصور

$$\text{الذاتي للعجلة يتعين من العلاقة } I = \frac{1}{2} MR^2 . \text{ احسب :}$$

**1- العجلة الزاوية التي تحرك بها القرص ؟**

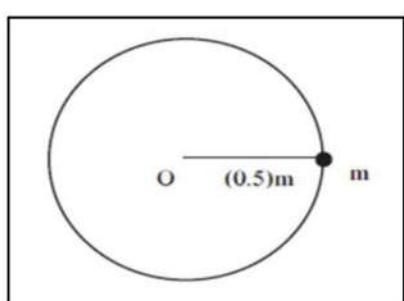
**2- عزم القوة الذي أثر عليها ؟**

**مثال :** تدور كتلة نقطية كتلتها 2 kg حول محور ثابت يبعد عنها 50 cm بتأثير

عزم قوى خارجية ثابتة ، بدأت الكتلة بركتها من سكون و اكتسبت سرعة بتردد

مقداره 2 rev/s خلال 3.14 s . احسب : **1- العجلة الزاوية ؟**

**2- محصلة عزم القوى الخارجية ؟**





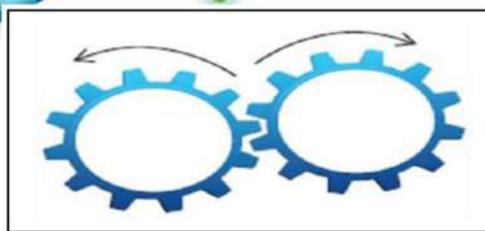
مثال : يدور برجي حول محور يمر بمركز كتلته بتردد  $3600 \text{ rev/s}$  وأثر عليه عزم ازدواج ثابتًا بعكس الاتجاه يؤدي إلى توقفه بعد دقيقة واحدة ، علمًا أن القصور الذاتي الدوراني له يساوي  $0.2 \text{ kg.m}^2$  . احسب :

- 1- عزم الدوران الذي أدى إلى توقفه ؟
- 2- عدد الدورات التي أكملها البرغي حتى يتوقف ؟

مثال : تدور عجلة قطرها  $1.5 \text{ m}$  وكتلتها  $4 \text{ kg}$  تحت تأثير عزم قوة مماسية مقدارها  $N = 6$  = تنطلق العجلة من السكون . احسب :

- 1- العجلة الزاوية ؟
- 2- الإزاحة الزاوية خلال زمن  $5 \text{ s}$  ؟
- 3- عدد الدورات التي تكملها العجلة خلال زمن  $5 \text{ s}$  ؟





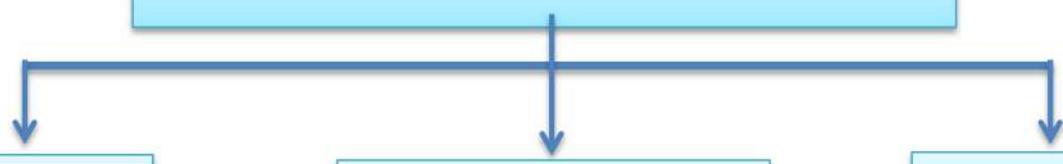
### القانون الثالث لنيوتن في الحركة الدورانية

لكل عزم قوه عزم قوه مضاد ، مساوي له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

**عمل : لا يمكن إيجاد محصلة عزمي الفعل ورد الفعل ؟**

لأن عزم الفعل وعزم رد الفعل المضاد من جسمين مختلفين اذ أن شرط اتجاه محصلة العزم أن يكون على نفس الجسم .

### تعاليل بين الحركة الخطية والحركة الدورانية



" $P$ "

استنتاج قانون القدرة  
في الحركة الدورانية :

" $k.E$ "

استنتاج قانون الطاقة الحركية  
في الحركة الدورانية

" $W$ "

استنتاج قانون الشغل  
في الحركة الدورانية

مثال : كتلة نقطية كتلتها  $0.1 \text{ kg}$  و قصورها الذاتي الدوراني يساوي  $10 \text{ kg.m}^2$  تتحرك بسرعة دورانية مقدارها  $20 \text{ rad/s}$  أثرت فيها عزم قوة مقدارها  $10 \text{ N.M}$  لمدة  $5 \text{ s}$ . احسب كلًا من :

1- العجلة الزاوية التي يتراك بها الجسم ؟

2- السرعة الزاوية النهائية للكتلة النقطية ؟

3- الإزاحة الزاوية للكتلة ؟

4- عدد الدورات التي تعملها الكتلة ؟

5- طاقة الحركة الابتدائية والنهاية للكتلة ؟

6- مقدار الشغل المبذول ؟

مثال : قرص مصمت كتلته  $1 \text{ kg}$  و نصف قطره  $50 \text{ cm}$  قصوره الذاتي الدوراني  $I = \frac{1}{2} Mr^2$  طبق عليه عزم قوة منتظم مقداره  $5 \text{ N.M}$  يبدأ دورانه من السكون .

احسب القدرة التي يبذلها عزم القوة في ثانيتين ؟

مثال : احسب الطاقة الحركية الدورانية لعساكتلتها  $500 \text{ g}$  و طولها  $50 \text{ cm}$  تدور حول محور بسرعة دورانية  $10 \text{ rad/s}$  حيث  $I = \frac{1}{12} ML^2$

مثال : طبقت قوة ثابتة  $N = 40$  على حافة قرص نصف قطره  $20\text{ cm}$  وعزم القصور الذاتي له  $10\text{ kg.m}^2$ . أوجد :

1- العجلة الزاوية للقرص ؟

2- السرعة الزاوية بعد  $4\text{ s}$  من السكون ؟

3- الإزاحة الزاوية التي عملها الجسم ؟

4- عدد اللفات خلال هذه الفترة الزمنية ؟

5- الشغل المبذول خلال  $4\text{ sec}$  ؟

6- طاقة الحركة النهائية للحركة ؟

7- القدرة خلال  $4\text{ sec}$  ؟

مثال : قرص مصمت كتلته  $0.25 \text{ kg}$  و نصف قطره  $10 \text{ cm}$  يدور حول محور عمودي يمر في مركزه بسرعة زاوية مقدارها  $10 \text{ rad/s}$  أحسب الطاقة الحركية الدورانية للقرص  
علماً بأن  $\frac{1}{2} M r^2 = I$  ؟

مثال : تطلق صرفة كروية قطرها  $30 \text{ cm}$  صعوداً على منحدر يميل على الأفق بزاوية  $15^\circ$  بسرعة زاوية مقدارها  $40 \text{ rad/s}$  تتدحرج هذه الصرفة صعوداً من دون أن تنزلق .  
أحسب الارتفاع الذي وصلت إليه هذه الصرفة عند توقفها ، علماً أن القصور الذاتي الدوراني للصرفة  $\frac{2}{5} M R^2 = I$  ؟



## مماطلة قوانين الحركة الدورانية

$\omega = \frac{\theta}{t}$	$V = \frac{S}{t}$	السرعة
$V = \omega r$		العلاقة بين السرعة الخطية والزاوية
$\theta'' = \frac{\omega}{t}$	$a = \frac{V}{t}$	العجلة
$a = \theta'' r$		العلاقة بين العجلة الخطية والزاوية
$\omega = \omega_0 + \theta'' t$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \theta'' \theta$	$v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = v_0^2 + 2 a s$	قوانين الحركة المعجلة بانتظام
$\tau = I \theta''$	$F = m a$	القانون الثاني لنيوتن
$\tau = F r$		العلاقة بين العزم والقوة لكتلة نقطية
$W = \tau \theta$	$W = F S$	الشغل
$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2$	$K.E = \frac{1}{2} mv^2$	طاقة الحركة
$P = \tau \omega$	$P = F V$	القدرة

## قوانين خاصة بالحركة الدورانية

$S = \theta r$	العلاقة بين الإزاحة الخطية والزاوية
$\theta = 2\pi$	الإزاحة الزاوية لجسم يدور دورة واحدة
$\theta = N 2\pi$	الإزاحة 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



### كمية الحركة الخطية $\vec{P}$

هي القصور الذاتي للجسم المتحرك . أو هي حاصل ضرب كتلة الجسم في السرعة التي يتحرك بها .

علل : كمية الحركة كمية متوجهة ؟

لأنها تنتج من حاصل ضرب كمية عددية (الكتلة ) في كمية متوجهة (السرعة ) .

عناصر كمية الحركة :  $\vec{P} = m \vec{V}$

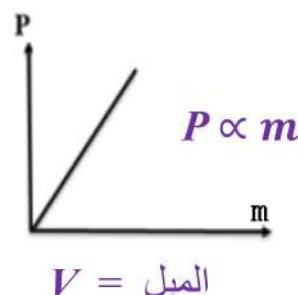
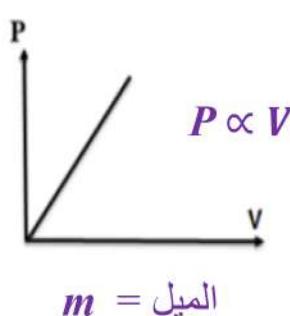
(ا) كتلة الجسم .

(ب) سرعته المتوجهة .

عوامل كمية الحركة :

(ج) سرعة الجسم (v)

(د) كتلة الجسم (m)



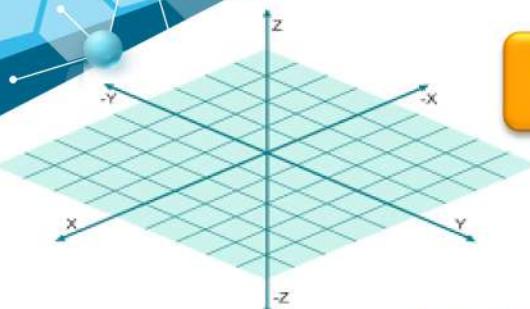
وحدة قياس كمية الحركة : ( kg.m/s )

ما المقصود بكمية الحركة لجسم تساوى 100 kg.m/s

اتجاه كمية الحركة : لها نفس اتجاه متوجه السرعة  
متى تتساوى طاقة الحركة لجسم مع كمية الحركة لنفس الجسم عددياً ؟



### المحاور الكارتيزية



متجه الوحدة  $\hat{u}$

هو متجه يساوي وحدة واحدة من وحدات القياس .

تنتج حاصل قسمة القيمة المتجهة نتجة على وحدة متجهة

$$\hat{v} = \frac{\vec{v}}{v}$$

ما سبق نجد أن :

عل: يصعب إيقاف سيارة كبيرة عن أخرى صغيرة يتحركان بنفس السرعة ؟

عل: يصعب إيقاف سيارة سريعة عن أخرى بطيئة من نفس النوع ؟

مثال : يتراكب جسم كتلته 4 kg بسرعة 10 m/s في الاتجاه الموجب لمدورة X أثرت فيه مقدارها 20N فزادت سرعته إلى 8 m/s . احسب :

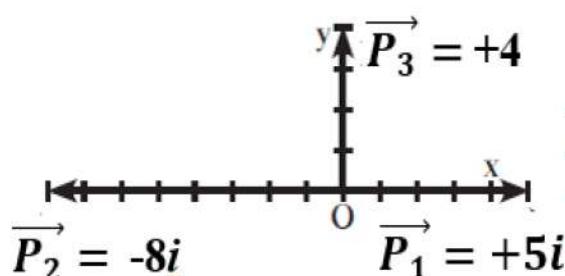
(أ) كمية الحركة الابتدائية ؟

(ب) كمية الحركة الخطية النهائية ؟

(ج) مقدار التغير في كمية الحركة ؟

مثال : في الشكل ثلاثة متجهات كمية الحركة لثلاث كتل نقطية .

احسب كمية الحركة المتجهة



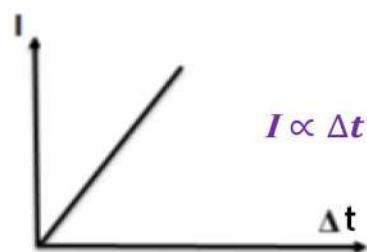
### الدفع I

$\rightarrow \rightarrow$   
 هو التغير في كمية الحركة الخطية  $I = \Delta P$   
 $\rightarrow \rightarrow$   
 حاصل ضرب القوة المؤثرة في زمن تأثير القوة  $I = F \times \Delta t$   
 عل : الدفع كمية متوجهة ؟

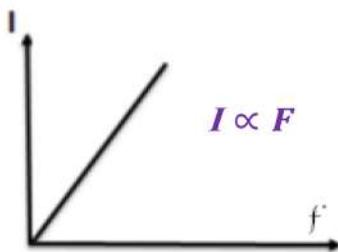
وحدة قياس الدفع N.S

الدفع = التغير في كمية الحركة  $N.S \leftarrow I = \Delta P \rightarrow kg \cdot m/s$   
 $kg \cdot m/s$  يكافئ N.S

(٢) زمن تأثير القوة.



(ا) القوة المؤثرة.

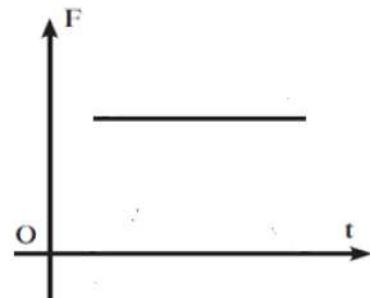
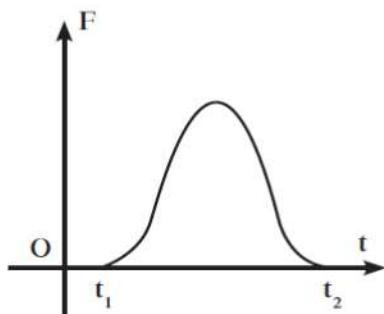


اتجاه الدفع هو نفس اتجاه القوة المؤثرة :  
 متوسط قوة الدفع

هي القوة الثابتة التي لو أثرت في الجسم لفترة زمنية نفسها لحدثه الدفع نفسه  
 التي تحده القوة المتغيرة .

منحنى قوه الدفع مع زمن تأثير القوة :

الدفع بيانيًا يساور مساحة الشكل أسفل منحنى القوة المؤثرة و زمن تأثير القوة .



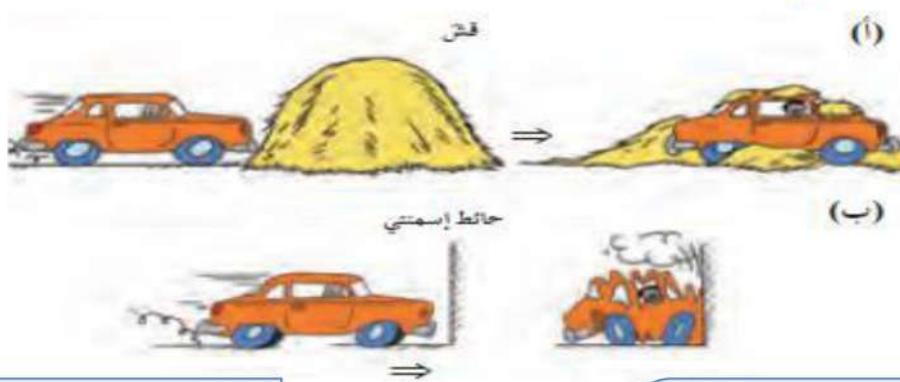
## استنتاج العلاقة بين الدفع والتغير في كمية الحركة

أي أن الدفع = التغير في كمية الحركة الخطية  
 العلاقة بين متوسط قوة الدفع (قوة الدفع) وזמן تأثير القوة

التغير في الحركة بالنسبة للزمن يساوى متوسط قوه الدفع  
 او المعدل الزمني للتغير في كمية الحركة = متوسط القوه المؤثرة

$$\text{ما سبق نجد أن } F \propto \frac{1}{\Delta t}$$

أي كلما زادت فترة تأثير القوة قل أثر القوة



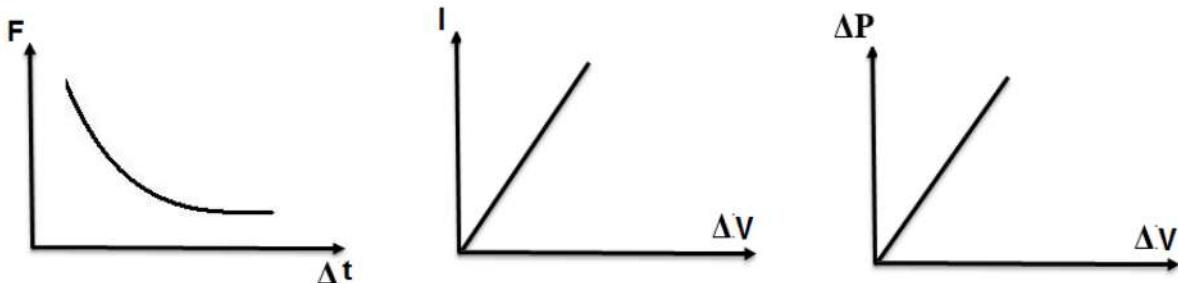
التصادم مع حائط قش  
 الفترة الزمنية طويلة.  
 اثر القوة قليل جداً.

التصادم مع حائط أسمتي  
 الفترة الزمنية قصيرة.  
 اثر القوة كبير جداً.



### فكرة عمل الوسادة الهوائية

حيث نعمل الأكياس الهوائية بالهواء (غاز النيتروجين) ولحظة التصادم ف تكون مرنة عندما يصطدم بها الشخص تزداد فتره التصادم فيقل اثر القوة.



ميل المنحنى في الحالتين = متوسط قوة الدفع

$F^-$

قوه احتكاك تقلل من السرعة .

$F^+$

قوه تعمل على زياده سرعه الجسم .

مثال : جسم ساكن كتلته  $g 100$  تعرض لقوة مقدارها  $N 100$  لفترة زمنية مقدارها  $s 0.01$  احسب :

2- الدفع ؟

4- سرعة الجسم النهائية ؟

1- التغير في كمية الحركة ؟

3- التغير في سرعة الجسم ؟

مثال : أثرت قوة مقدارها  $N 30000$  لمدة  $s 4$  في كتلة كبيرة مقدارها  $950 kg$  احسب :

1- الدفع ؟ 2- التغير في مقدار كمية الحركة ؟ 3- التغير في متوجه السرعة ؟



مثال : جسم كتلته  $3 \text{ kg}$  أثرت فيه قوة مقدارها  $N = 12$  فزادت سرعته من  $10 \text{ m/s}$  إلى  $18 \text{ m/s}$  احسب :

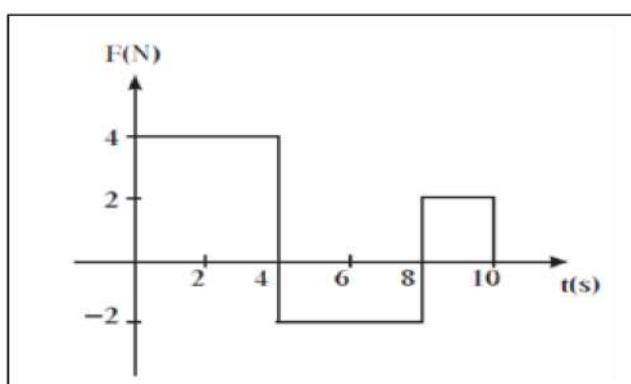
- 1- الدفع المعطى للجسم ؟

2- التغير في كمية الحركة للجسم ؟

3- زمن تأثير القوة ؟

مثال : قوة متغيرة تمثل بالرسم البياني التالي تؤثر في جسم ساكن كتلته  $2 \text{ kg}$  احسب :

1- سرعة الجسم عند نهاية الثانية الرابعة ؟

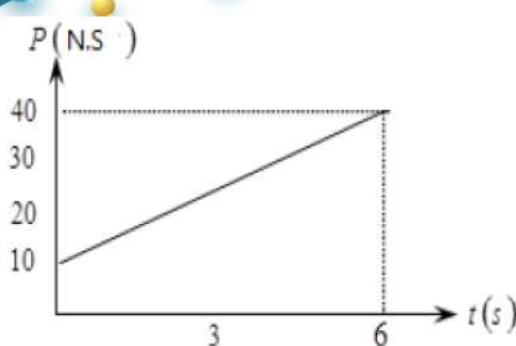


2- الدفع خلال الثانتين الأخيرتين ؟

3- دفع القوة الكلي ؟

4- الطاقة الحركية في نهاية مدة التأثير ؟

**مثال :** يبين الخط البياني الموضح بالشكل التغير في كمية الحركة لجسم كتلته 2 kg يتدرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس .



**احسب :** 1- كمية حركته الخطية الابتدائية ؟

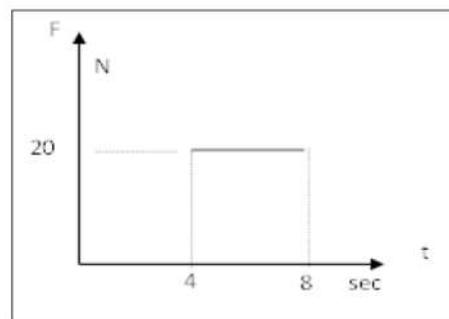
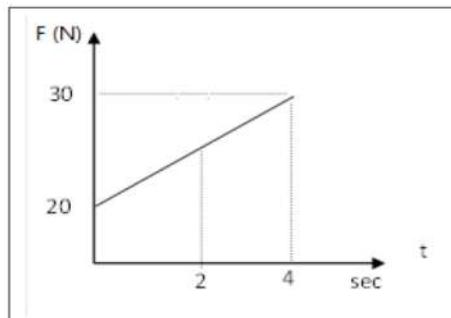
2- كمية حركته الخطية النهائية ؟

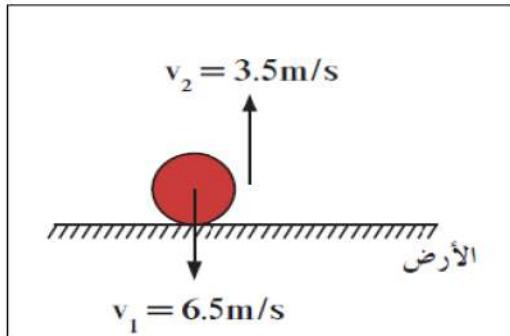
3- التغير في كمية حركته ؟

4- الدفع الذي يتلقاه الجسم ؟

5- مقدار متوسط القوة المؤثرة عليه ؟

**مثال :** من المنهجي البياني التالي احسب التغير في كمية الحركة الخطية للجسم (الدفع الذي يتلقاه الجسم ) ؟





**مثال :** كرة كتلتها  $0.15 \text{ kg}$  إذا كانت سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض تساوي  $6.5 \text{ m/s}$  و سرعة ارتدادها  $3.5 \text{ m/s}$

احسب مقدار واتجاه القوة المؤثرة في الأرض نتيجة الاصطدام إذا استمر لمدة  $0.025 \text{ s}$  ؟

**مثال :** سقطت كرة مطاطية كتلتها  $420 \text{ gm}$  من مكان مرتفع فوصلت سطح الأرض بسرعة  $20 \text{ m/s}$  ثم ارتدت رأسياً إلى أعلى بسرعة  $15 \text{ m/s}$  إذا كان زمن تلامسها بالأرض  $0.1 \text{ s}$

احسب : 1- كمية الحركة الخطية الابتدائية ؟

2- كمية الحركة الخطية النهائية ؟

3- مقدار التغير في كمية الحركة ؟

4- القوة المؤثرة في الكرة لحظة اصطدامها بالأرض ؟



مثال : كتلة نقطية مقدارها  $1 \text{ kg}$  تتحرك بسرعة منتظمة  $10 \text{ m/s}$  في الاتجاه الموجب لمحور  $X$  أثرت قوة منتظمة على الجسم لمدة  $4 \text{ s}$  فنخفضت سرعتها إلى  $2 \text{ m/s}$  دون تغير اتجاهها . إحسب :

1- كمية الحركة قبل تأثير القوة و بعده ؟

2- الدفع ؟  
3- مقدار القوة المؤثرة في الجسم واتجاهها ؟

نص القانون الثاني لنيوتن

مشتق كمية الحركة بالنسبة للزمن يساوي مصطلحة القوى الخارجية المؤثرة في النظام .

بقاء كمية الحركة (كمية محفوظة) ثابتة لا تتغير  $\Delta P = 0$

### كمية الحركة لها حالتان

غير محفوظة (متغيرة)

محفوظة (ثابتة) لا تتغير

تكون كمية الحركة غير محفوظة إذا كانت القوة المؤثرة قوى خارجية.

تكون كمية الحركة محفوظة إذا كانت القوة المؤثرة قوى داخلية.

**أمثلة:** القوى الخارجية قويم تغير من مقدار سرعة الجسم أو اتجاهه سرعة الجسم .

(أ) قوى الاحتكاك : تغير من مقدار السرعة .

على: إذا تحرك جسم على مستوى خشن فإن كمية حركته غير محفوظة ؟

**(ب) القوة المركزية في الحركة الدائرية :**

تعمل تغيير اتجاه سرعة الجسم فيتغير اتجاه كمية حركة فتصبح كمية الحركة غير محفوظة .

على: كمية الحركة غير محفوظة في الحركة الدائرية ؟

**أمثلة:**

- ❖ قوى التدافع بين جزيئات غاز محبوس داخل إناء (تصادم جزيئات الهواء داخل كرة).

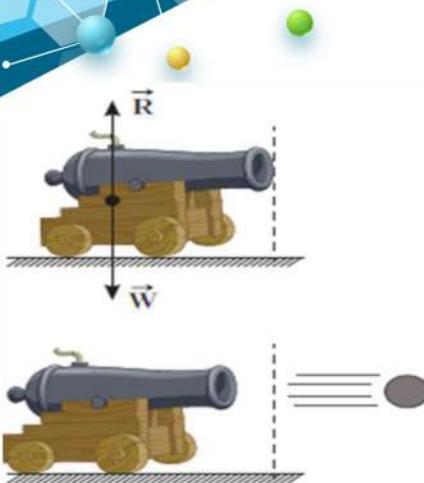
- ❖ دفع الكرسي الأهامي لسيارة من الخلف أثناء حركة السيارة .

- ❖ النظام المولف من مدفع + طلقات الألعاب النارية لحظة الانفجار .

- ❖ دفع لوح الغطس أثناء القفز في حمام سباحة النشاط الاشعاعي للذرات

### نص قانون بقاء كمية الحركة الثاني لنيوتن

في غياب القوة الخارجية المؤثرة على نظام فإن كمية الحركة تبقى محفوظة (ثابتة) منتظمة لا تتغير .



**سرعة ارتداد المدفع :**

النظام المكون من المدفع والقذيفة متزن قبل الإطلاق لأن وزن المدفع للأسفل متساوي لقوة رد الفعل للأعلى.

يعتبر ارتداد المدفع عند إطلاق القذيفة أحد تطبيقات حفظ كمية الحركة، لأن عند الإطلاق ينفجر البارود ويقذف القذيفة خارج المدفع وتعتبر قوى داخلية وتبقى القوى الخارجية تساوي صفر.

**ملحوظة هامة جداً**

سرعة ارتداد المدفع أقل من سرعة انطلاق القذيفة لأن كتلة المدفع أكبر من كتلة القذيفة

$$\Delta P = 0$$

$$\vec{P}_f - \vec{P}_i = 0$$

$$\vec{P}_f = \vec{P}_i$$

$$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

بعد التدافع

قبل التدافع

$$V_1 = 0 \quad V_2 = 0$$

$$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = 0$$

$$m_1 v'_1 = -m_2 v'_2$$

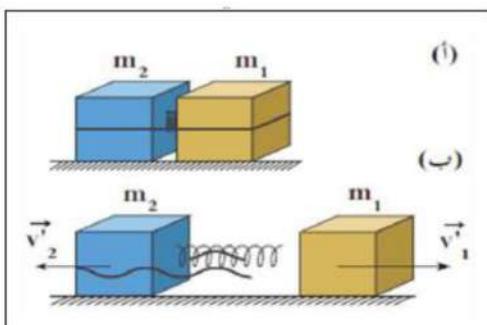
**مثال :** طلقة مسدس كتلتها 50 g انطلقت بسرعة 120 m/s من مسدس كتلته 600 g . أحسب سرعة ارتداد المسدس ؟



**مثال :** انفجر جسم كتلته  $200 \text{ gm}$  وانقسم إلى نصفين متساوين. احسب سرعة الجزء الثاني منه إذا كانت سرعة الجسم الأول  $0.1 \text{ m/s}$  على المحور الأفقي بالاتجاه السالب ؟

**مثال :** يقف رجل كتلته  $76 \text{ kg}$  على لوح خشبي طافي كتلته  $45 \text{ kg}$  إذا فطأ بعيداً عن اللوح الخشبي بسرعة  $2.5 \text{ m/s}$ , كم ستبلغ سرعة اللوح الخشبي ؟

**مثال :** كتلتان نقطيتان مقدارهما  $m_1=1\text{kg}$  ,  $m_2=2\text{kg}$  مربوطان بخيط وتضغطان زنبرك بينهما وموضعان على سطح أفقي عديم الاحتكاك , عند حرق الخيط يتصرّر الزنبرك ويدفع الكتلتين فتترک  $m_1$  بسرعة  $1.8 \text{ m/s}$  بالاتجاه الموجب على المحور  $x$  . هل كمية حركة النظام مدفوظة ؟ احسب سرعة الكتلة  $m_2$  ؟



## أنواع التصادمات

### تصادمات لا مرنة كلياً

يُنتج عنها فقد في الطاقة الحركية في صورة حرارة أو شرارة.

**مثال :**

اصدام جسم لجسم آخر ثم التحام الجسمان بعد التصادم .الجسمان قبل التصادم منفصلان وبعد التصادم ملتحمان ويتحركان كجسم واحد.

كمية الحركة محفوظة

$$\Delta P = 0$$

الطاقة الحركية غير محفوظة

$$\Delta K.E \neq 0$$

### تصادمات لا مرنة

يُنتج عنها فقد في الطاقة الحركية في صورة حرارة أو شرارة.

**مثال :**

اصدام الكرة بالأرض عند سقوطها من ارتفاع معين ثم ارتدت لارتفاع أقل من الذي سقطت منه .

الجسمين بعد الصدم منفصلان

كمية الحركة محفوظة

$$\Delta P = 0$$

الطاقة الحركية غير محفوظة

$$\Delta K.E \neq 0$$

### تصادمات مرنة

لا يُنتج عنها أي فقد في الطاقة الحركية.

**مثال :**

تصادمات جزيئات الغاز داخل نظام مغلق .

كمية الحركة محفوظة

$$\Delta P = 0$$

الطاقة الحركية محفوظة

$$\Delta K.E = 0$$

## ملاحظات على التصادم المرن

احسب سرعة الجسمين بعد التصادم

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

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

ماذا يحدث عندما :

تصطدم كرة متحركة مع أخرى مساوية لها

ساكنة؟



تصطدم كرة صغيرة متحركة بأخرى

كبيرة ساكنة؟



تصطدم كرة كبيرة بأخرى صغيرة

ساكنة؟



## ملاحظات على التصادمات الامرنية

### التصادم الامرنى كلياً

في المسائل :

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

قبل الصدم      بعد الصدم

حساب سرعة الجسمين بعد التصادم والالتحام

$$\vec{v}' = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

### التصادم الامرنى

في المسائل :

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

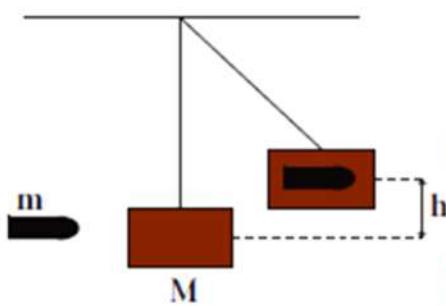
قبل الصدم      بعد الصدم

لحساب الطاقة المبذولة في التصادمات

الامرنى - الامرنى كلياً

$$\Delta K.E = K.E_f - K.E_i$$

### البندول القذافي



جهاز يستخدم في قياس سرعة وزاوية انطلاق القذائف.

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

$$M.E = \text{أقصى ارتفاع} = K.E + P.E$$

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

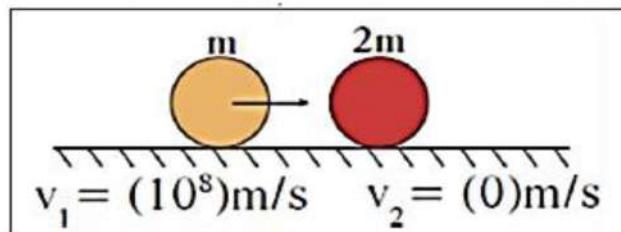
$$M.E = P.E = (m_1 + m_2) g h$$

وبما أن الطاقة محفوظة يكون :

$$M.E_M = M.E_{\text{أقصى ارتفاع}}$$

$$\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = (m_1 + m_2) g h$$

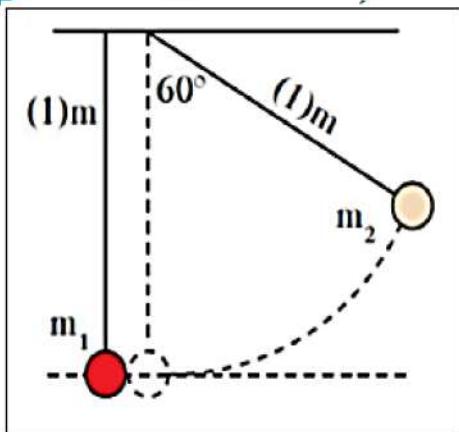
مثال : يتدرك جسم كتلته  $5 \text{ kg}$  بسرعة مقدارها  $2 \text{ m/s}$  في الاتجاه الموجب  $x^+$  تصادم مع جسم آخر كتلته  $3 \text{ kg}$  يتدرك بسرعة  $2 \text{ m/s}$  عكس اتجاه حركة الجسم الأول.  
أحسب سرعة كل من الجسمين بعد التصادم وحدد اتجاه كل منهما علماً بأن التصادم تام المرنة؟



مثال : نيوترون كتلته  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  وسرعته الابتدائية  $i \text{ m/s}$  تصادم مع جسيم ساكن كتلته ضعف كتلة النيوترون .

أحسب سرعة الجسمين بعد التصادم بفرض أنه تصادم تام المرنة ؟

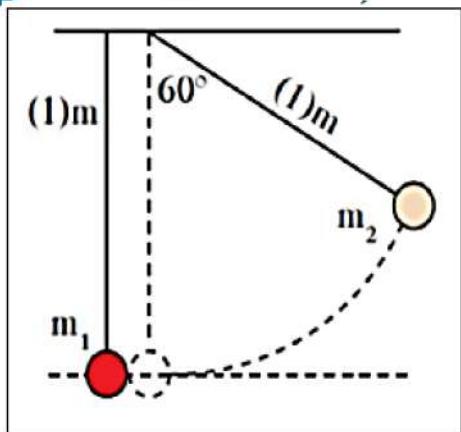




**مثال :** كرتان كتلة الأولى  $200\text{ g}$  و الثانية  $400\text{ g}$  معلقتان و متذبذبان بخيطين طول كل خيط  $1\text{ M}$  بجانب بعضهما البعض سُبّبت الكرة الثانية بحيث بقي الخيط مشدود و صنع زاوية  $60^\circ$  مع الخيط العمودي ، وترك يتدرك نحو الكرة  $M_1$  الساكنة . احسب :

- (1) سرعة الكرة  $M_2$  قبل التصادم مباشرة ؟
- (2) سرعة الكرتين بعد التصادم بفرض أن التصادم تام المرونة ؟
- (3) الارتفاع الذي تصل إليه الكرتين بعد التصادم ؟





مثال : كرتان كتلة الأولى  $g = 200$  و الثانية  $g = 400$  معلقتان و متزنتان بخيطين طول كل خيط  $1\text{ M}$  بجانب بعضهما البعض سحبت الكرة الثانية بحيث بقي الخيط مشدود و صنع زاوية  $60^\circ$  مع الخيط العمودي ، وترك يتدرك نحو الكرة  $M_1$  الساكنة . احسب :

- (1) سرعة الكرة  $M_2$  قبل التصادم مباشرة ؟
- (2) سرعة الكرتين بعد التصادم بفرض أن التصادم تام المرونة ؟
- (3) الارتفاع الذي تصل إليه الكرتين بعد التصادم ؟

مثال : يتدرك جسم كتلته  $5 \text{ kg}$  بسرعة  $3 \text{ m/s}$  شمالاً ( الاتجاه الموجب لمدحور  $y$  ) تصادم مع جسم آخر كتلته  $3 \text{ kg}$  يتدرك بسرعة  $6 \text{ m/s}$  جنوباً ( الاتجاه السالب لمدحور  $y$  ) إذا التحام الجسمان و تدرك كجسم واحد . احسب :

**(1) السرعة المشتركة للنظام بعد التصادم ؟**

**(2) الفقد في الطاقة الحركية (أين تذهب الطاقة المفقودة) ؟**



مثال : كرتان من الصلصال تتصادمان معاً كلياً ، كتلة الكرة الأولى  $0.5 \text{ kg}$  و تتحرك إلى اليمين بسرعة  $4 \text{ m/s}$  بينما الكرة الثانية كتلتها  $0.25 \text{ kg}$  و تتحرك نحو اليسار بسرعة  $3 \text{ m/s}$  احسب :

(1) سرعة النظام المألف من الكتلتين بعد التصادم ؟

(2) مقدار التغير في مقدار الطاقة الحركية ؟

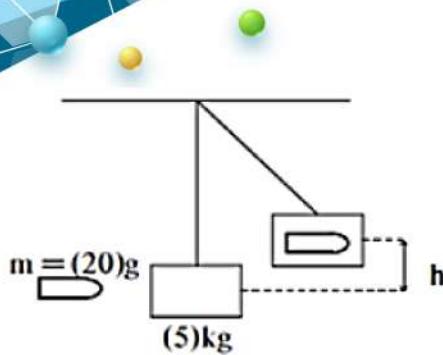


مثال : سمسكة كبيرة كتلتها  $5 \text{ kg}$  تتحرك بسرعة  $1 \text{ m/s}$  باتجاه سمسكة صغيرة ساكنة كتلتها  $1 \text{ kg}$  احسب :

- 1- سرعة السمسكة الكبيرة بعد ابتلاعها السمسكة الصغيرة ؟
- 2- إذا كانت السمسكة الصغيرة تسبح بسرعة  $4 \text{ m/s}$  عكس حركة السمسكة الكبيرة ,كم تبلغ سرعة السمسكة الكبيرة بعد ابتلاعها ؟

مثال : متزلج على الجليد كتلته  $60 \text{ kg}$  يقف ساكننا عندما اتجه نحوه متزلج آخر كتلته  $40 \text{ kg}$  بسرعة  $12 \text{ km/hr}$  ليمسك به و يتراكان كنظام واحد بسرعة  $7 \text{ km/hr}$  احسب : 1- سرعة النظام بعد التصادم ؟

2- الطاقة الحركية للنظام قبل و بعد التصادم ؟

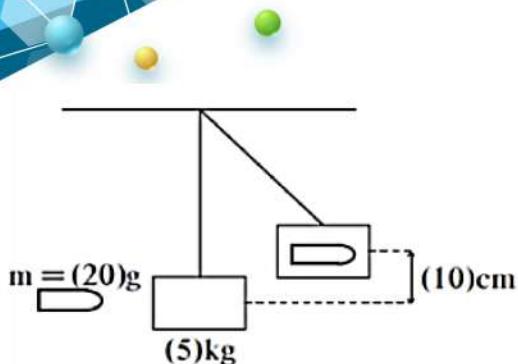


مثال : طلقة كتلتها  $20\text{ g}$  اطلقت بسرعة  $300\text{ m/s}$  لتصطدم بالبندول القذفي المثبت فيه كتلة ساكنة مقدارها  $5\text{ kg}$  احسب :

(1) السرعة التي يتدرك بها جملة الجسمين بعد التصادم ؟

(2) أقصى ارتفاع للبندول القذفي بعد التصادم ؟





**مثال :** أطلقت رصاصة كتلتها  $20\text{ g}$  على بندول قدфи ساكن كتلته  $5\text{ kg}$  فارتفع مسافة  $10\text{ cm}$  عن المستوى الأفقي.

**احسب :** (1) سرعة الرصاصة عند انطلاقها .

(2) هل التصادم مرن ؟