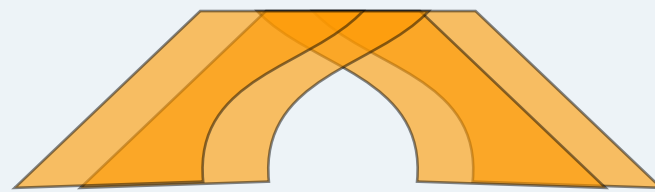


تم تحميل وعرض هذا المادة من موقع واجبي:



[www.wajibi.net](http://www.wajibi.net)

اشترك معنا ليصلك كل جديد:



# الفيزياء 2

ثاني ثانوي

## الفصل الأول

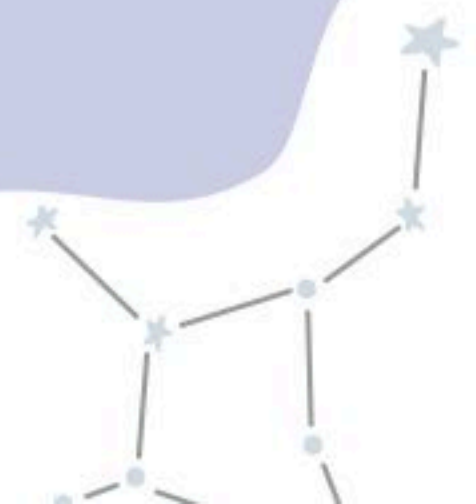
Tiktok: @molakhasi.aseel

Telegram: @physicsaseel

⚠️ أمانع الاستفاده منه بغرض تجاري!

قناتي التلجرام

اضغط هنا!



مدارات الكواكب اهليلجية، وتكون الشمس في احدي البؤرتين	القانون الأول لكبلر
الخط الوهمي من الشمس الى الكوكب يسمح مساحات متساوية في أزمنة متساوية	القانون الثاني لكبلر
مربع النسبة بين زمنين دوريين لكوكبين حول الشمس يساوي مكعب النسبة بين متوسطي بعديهما عنها	القانون الثالث لكبلر
قوة التجاذب بين جسمين وتتناسب طرديا مع كتل الأجسام	قوة الجاذبية
الأجسام تجذب أجساما أخرى بقوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلها وعكسيا مع مربع المسافة بين مراكزها	قانون الجذب الكوني
تأثير محيط بجسم له كتلة، ويساوي ثابت الجذب الكوني مضروبا في كتلة الجسم ومقسوما على مربع البعد عن مراكز الجسم، ويكون اتجاهه في اتجاه مركز الكتلة	المجال الجاذبي
كتلة تحدد مقدار قوة الجاذبية بين جسمين	كتلة الجاذبية
مقياس لممانعة أو مقاومة الجسم لأي نوع من القوى	كتلة القصور

المجال الجاذبي

$$g = \frac{Gm}{r^2}$$

يقاس بـ:

N/kg أو m/s<sup>2</sup>

زمن القمر الاصطناعي الذي يدور حول الأرض

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$

الجذب الكوني

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

كتلة القصور

$$m = \frac{F_{\text{المحصلة}}}{a}$$

سرعة القمر الاصطناعي الذي يدور حول الأرض

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

الزمن الدوري لكوكب يدور حول الشمس

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_s}}$$

كتلة الجاذبية

$$m = \frac{r^2 F_{\text{الجاذبية}}}{Gm}$$

على ماذا تدل تلك الرموز؟

G= ثابت الجذب الكوني → N.m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>

r= نصف القطر → m

m= الكتلة → kg

m<sub>E</sub>= كتلة الأرض  Earth

g= الجاذبية → N

F= القوة → N

a= التسارع → m/s<sup>2</sup>

v= السرعة → m/s

T= الزمن الدوري → s

راجع معلوماتك



### قانون كبلر الثالث

نصه: مربع النسبة بين زمنين دوريين لكوكبين حول الشمس يساوي مكعب النسبة بين متوسطي بعديهما عن الشمس

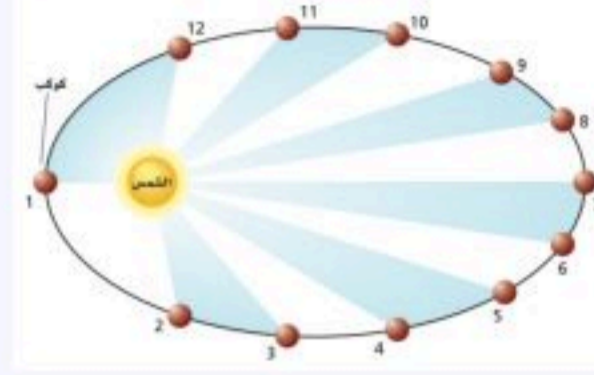
$$\left(\frac{r_A}{r_B}\right)^3 = \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^2$$

القانون الثالث لكبلر

نحل مسائل فيه

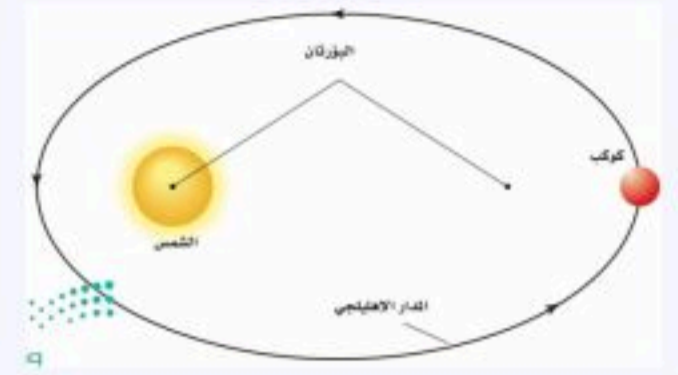
### قانون كبلر الثاني

نصه: الخط الوهمي من الشمس الى الكوكب يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية



### قانون كبلر الأول

نصه: مدارات الكواكب اهليلجية، وتكون الشمس في احدى البؤرتين



### استعمالات قانون كبلر الثالث

- مقارنة أبعاد الكواكب عن الشمس بأزمانها الدورية
- مقارنة الأبعاد والأزمان الدورية للقمر وللأقمار الاصطناعية حول الأرض

تتحرك الكواكب بسرعة أكبر عندما تكون قريبة من الشمس، بينما تتحرك أبطأ عندما تكون بعيدة عنها

القانونان الأول والثاني لكبلر يطبقان على كل كوكب على حدة، أما القانون الثالث فيربط بين حركة أكثر من كوكب حول الجسم نفسه

Phys Aseel



### تطبيق لقانون كبلر الثالث

قاس جاليليو أبعاد مدارات أقمار المشتري مستعملاً قطر المشتري وحدة قياس، ووجد أن الزمن الدوري لأقرب قمر هو 1.8 يوم، وكان على بعد 4.2 وحدات من مركز المشتري. أما القمر الرابع فزمنه الدوري 16.7 يوماً. احسب بعد القمر الرابع عن المشتري باستعمال الوحدات التي استعملها جاليليو.

المعطيات والمطلوب-

$$T_e = 16.7 \text{ days}$$

$$T_1 = 1.8 \text{ days}$$

$$r = 4.2 \text{ units}$$

$$r_e = ?$$

$$\left(\frac{r_e}{r_1}\right)^3 = \left(\frac{T_e}{T_1}\right)^2$$

$$r_e^3 = r_1^3 \left(\frac{T_e}{T_1}\right)^2$$

$$r_e = \sqrt[3]{r_1^3 \left(\frac{T_e}{T_1}\right)^2}$$

$$r_e = \sqrt[3]{(4.2 \text{ units})^3 \left(\frac{16.7 \text{ days}}{1.8 \text{ days}}\right)^2}$$

$$= \sqrt[3]{6.4 \times 10^3 \text{ units}^3}$$

$$= 19 \text{ units}$$

### المذنبات

### تنقسم الى مجموعتين

بحسب زمنها الدوري



زمنها الدوري:

أقل من 200 سنة

هالي (76 سنة)



زمنها الدوري:

أكبر من 200 سنة

هال - بوب (2400 سنة)

## قانون نيوتن في الجذب الكوني

تتناسب القوة  $F$  عكسياً مع مربع البعد  $r$  بين مركز الكوكب ومركز الشمس  
تتناسب القوة  $F$  طردياً مع حاصل ضرب الكتل  $m_1$  و  $m_2$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

قانون الجذب الكوني (العام)

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ | ثابت الجذب الكوني}$$

ينص قانون الجذب الكوني على أن الأجسام تجذب أجساماً أخرى بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتها، وعكسياً مع مربع المسافة بين مراكزها

إذا تضاعفت كتلة الكوكب القريب من الشمس فإن القوة ستتضاعف **مهم**

مصطلح

قوة الجاذبية: قوة التجاذب بين جسمين، وتتناسب طردياً مع كتل الأجسام

## الجذب الكوني والقانون الثالث لكبلر - ربط بين القانونين -

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_s}}$$

الزمن الدوري  
لكوكب يدور حول  
الشمس

## دلالات

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

تقاس بالكيلوجرام Kg  
تقاس بالنيوتن N  
يقاس بالمتر

## قياس ثابت الجذب الكوني $G$

استخدم كافنديش الجهاز الموضح أدناه، واستنتج أن قيمة ثابت الجذب الكوني تساوي:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$$

لماذا وحدة القياس؟  
تدبره



الجهاز المستعمل

تكمن أهمية تجربة كافنديش في كونها ساعدت في:

1. حساب كتلة الأرض
2. حساب قوة الجاذبية بين أي كتلتين
3. تحديد قيمة الثابت



قوانين كبلر الثلاث هي: ..... 9 ..... 9  
 تتحرك الكواكب بسرعة ..... عندما تكون قريبة من الشمس, بينما تتحرك ..... عندما تكون بعيدة عنها.  
 من أمثلة المذنبات التي زمنها الدوري يزيد عن 200 سنة .....  
 في قانون الجذب الكوني تتناسب القوة  $F$  ..... مع مربع البعد  $r$  بين مركز الكوكب ومركز الشمس.  
 لثابت الجذب الكوني  $G$  قيمة تساوي .....  
 اذا تضاعفت كتلة الكوكب القريب من الشمس فان القوة .....

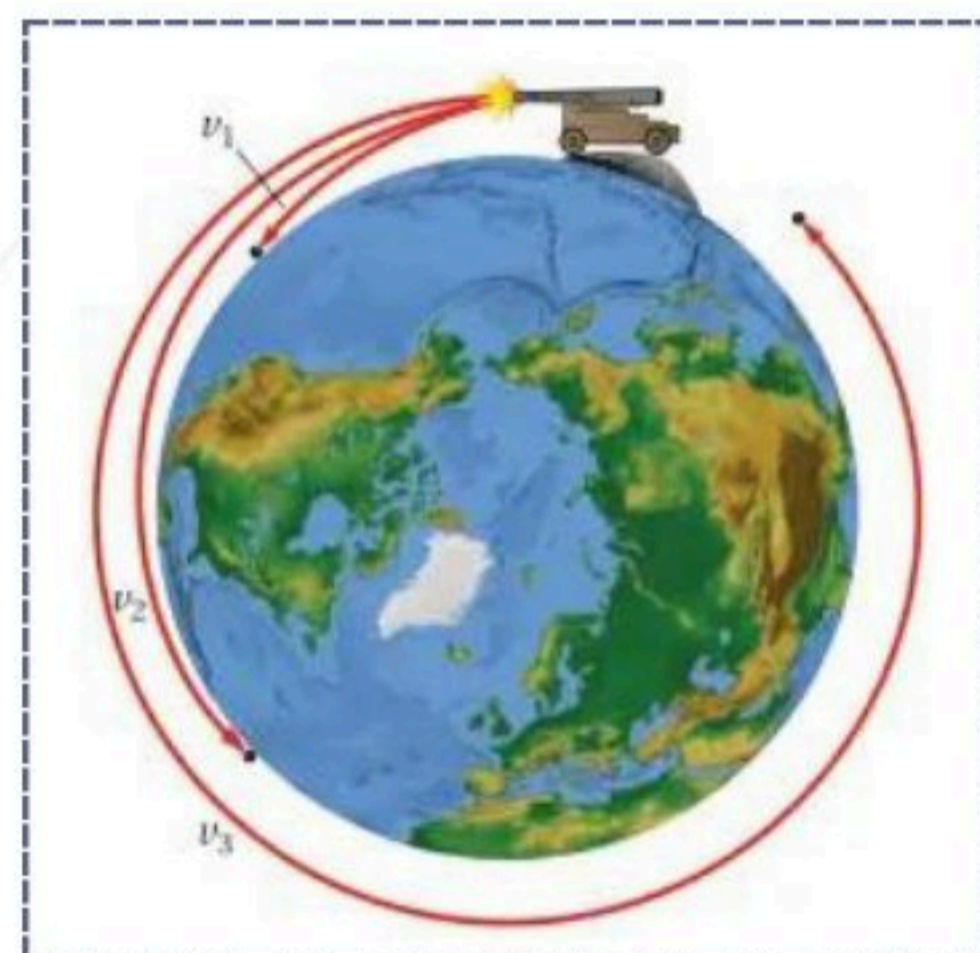


2-1

الدرس: استخدام قانون الجذب الكوني | الفصل: الجاذبية

تخيل نيوتن في تجربته الذهنية مدفعا يقذف قذيفة تسير في مسار قطع مكافئ

إذا أطلقنا قذيفة أو قمرًا اصطناعيًا على ارتفاع 150km سيدور في مدار ثابت حول الأرض



كيف أحصل على سرعته ؟

زمن القمر الاصطناعي الذي يدور حول الأرض

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_E}}$$

السرعة المدارية  $v$  والزمن الدوري  $T$  مستقلان عن كتلة القمر الاصطناعي

$$v = \sqrt{\frac{Gm_E}{r}}$$

سرعة القمر الاصطناعي الذي يدور حول الأرض

كلما زادت كتلة القمر الاصطناعي تطلب ذلك صاروخًا أقوى لإيصاله لمداره

افترض أنّ قمرًا اصطناعيًا يدور حول الأرض على ارتفاع 225km فوق سطحها. فإذا علمت أن كتلة الأرض  $5.97 \times 10^{24} \text{ Kg}$  ونصف قطر الأرض  $6.38 \times 10^6 \text{ m}$  فما مقدار سرعة القمر المدارية وزمنه الدوري؟

-المعطيات والمطلوب-

## الوزن وانعدام الوزن

مصطلح

انعدام الوزن ( zero-g ): حالة يكون فيها الوزن الظاهري صفرًا

يكون الوزن الظاهري صفرًا عندما تتسارع الأجسام بالكيفية نفسها في اتجاه الأرض

## مجال الجاذبية

المجال الجاذبي: تأثير محيط بجسم له كتلة، ويساوي ثابت الجذب الكوني مضروبًا في كتلة الجسم ومقسومًا على مربع البعد عن مركز الجسم

مصطلح

يكون اتجاه المجال الجاذبي في اتجاه مركز الكتلة

المجال الجاذبي

$$g = \frac{Gm}{r^2}$$

يقاس بـ

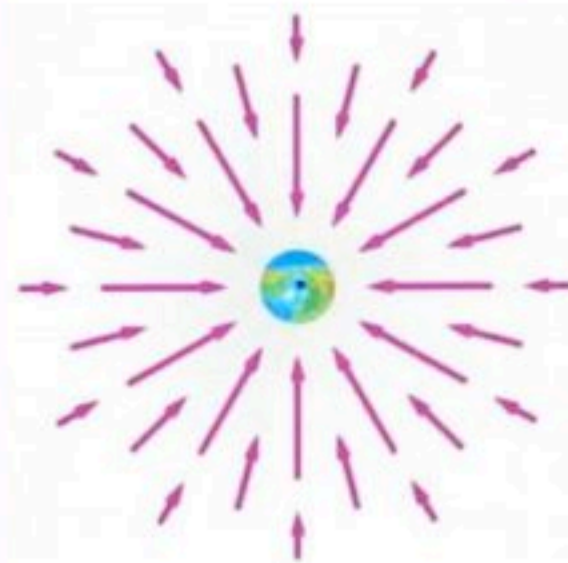
N/kg أو  $\text{m/s}^2$

يعتمد المجال على كتلة الأرض



وليس على كتلة الجسم

-شدة المجال الجاذبي عند سطح الأرض-



تساوي  $9.80 \text{ N/kg}$  في اتجاه مركز الأرض

يتناسب المجال عكسيًا مع مربع البعد عن الأرض (بمعنى كل ما ابتعدنا عن الأرض ضعف المجال)

مصطلح

الكتلة: نسبة مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما إلى مقدار تسارعه

كتلة جاذبية

كتلة قصور

كتلة الجاذبية



كتلة الجاذبية

$$m_{\text{الجاذبية}} = \frac{r^2 F_{\text{الجاذبية}}}{Gm}$$

تقاس بالميزان ذو كفتين

كتلة القصور



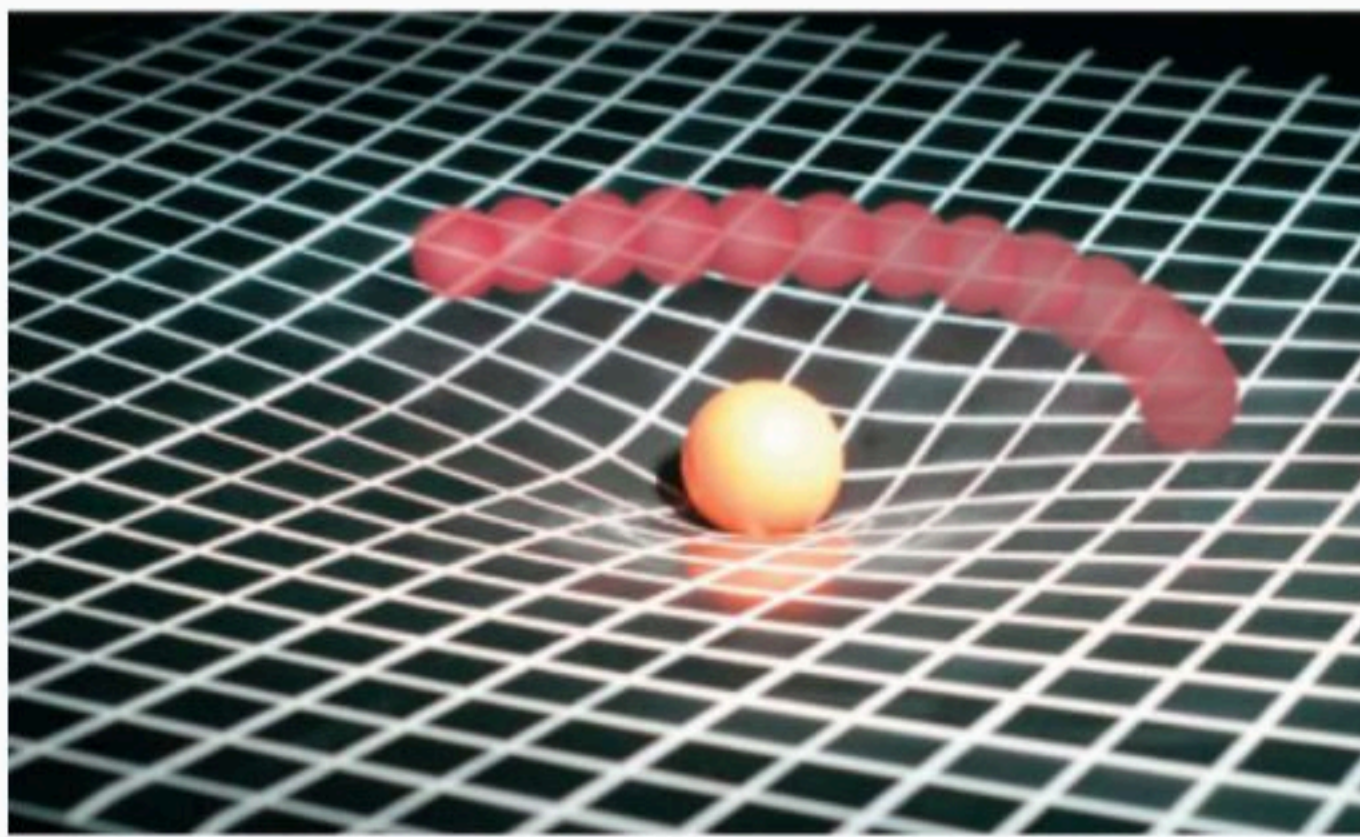
كتلة القصور

$$m_{\text{القصور}} = \frac{F_{\text{محطة}}}{a}$$

تقاس بكتلة القصور

فرضية مبدأ التكافؤ: تنص على أن كتلة القصور وكتلة الجاذبية متساويتان من حيث المقدار

نظرية أينشتاين في الجاذبية ◀



افتراض أينشتاين أن الجاذبية ليست مجرد قوة، بل هي تأثير من الفضاء نفسه، وبناءً على فرضية أينشتاين فإن الكتل تغير الفضاء (الزمكان) المحيط بها، فتجعله منحنياً، وتتسارع الأجسام الأخرى بسبب الطريقة التي تسير بها في هذا الفضاء المنحني



مصطلح

الثقوب السوداء: كتل كبيرة ذات كثافة ضخمة في الفضاء تمنع خروج الضوء منها

يُستدل على الثقوب السوداء من خلال تأثيرها في النجوم القريبة، ومن الأشعة الناتجة عن انجذاب المادة للثقوب السوداء وسقوطها فيها.

حل بنفسك

نوعا الكتلة هما: ..... و.....

يكون اتجاه مركز الجاذبية في .....

كلما ..... كتلة القمر الاصطناعي تطلب ذلك صاروخاً أقوس لإيصاله لمداره

إذا أطلقنا قذيفة أو قمرًا اصطناعيًا على ارتفاع ..... سيدور في مدار ثابت حول الأرض

قوة الجاذبية عبارة عن قوة ..... (مجال-تماس) اختر



Phys Aseel

تدريبات إضافية

حل بنفسك

-المعطيات والمطلوب-

كرتان متماثلتان، كتلة كل منهما  $6.8\text{kg}$ ، والبعد بين مركزيهما  $21.8\text{cm}$ . ما قوة الجاذبية التي تؤثر بها كل منهما في الأخرى؟

←

-المعطيات والمطلوب-

كتلة القمر  $7.3 \times 10^{22}$  ونصف قطره  $1785\text{km}$ ، ما شدة مجال الجاذبية على سطحه؟

←

# الفيزياء 2

ثاني ثانوي

## الفصل الثاني

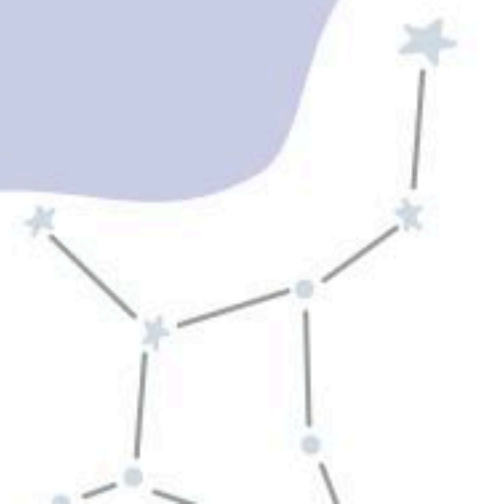
Tiktok: @molakhasi.aseel

Telegram: @physicsaseel

⚠️ أمانع الاستفاده منه بغرض تجاري!

قناتي التلجرام

اضغط هنا!



## قوانين الفصل الثاني

-التسارع الزاوي-

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

-السرعة الزاوية المتجهة-

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

-العزم-

$$\tau = Fr \sin\theta$$

-التردد الزاوي-

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

### العلاقات بين الكميات

عند دوران جسم صلب فإن كلًا من الإزاحة والسرعة والتسارع الزاوي يرتبط مع الإزاحة والسرعة والتسارع الخطي عند أي نقطة على الجسم بالمعادلات الآتية

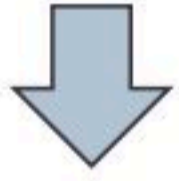
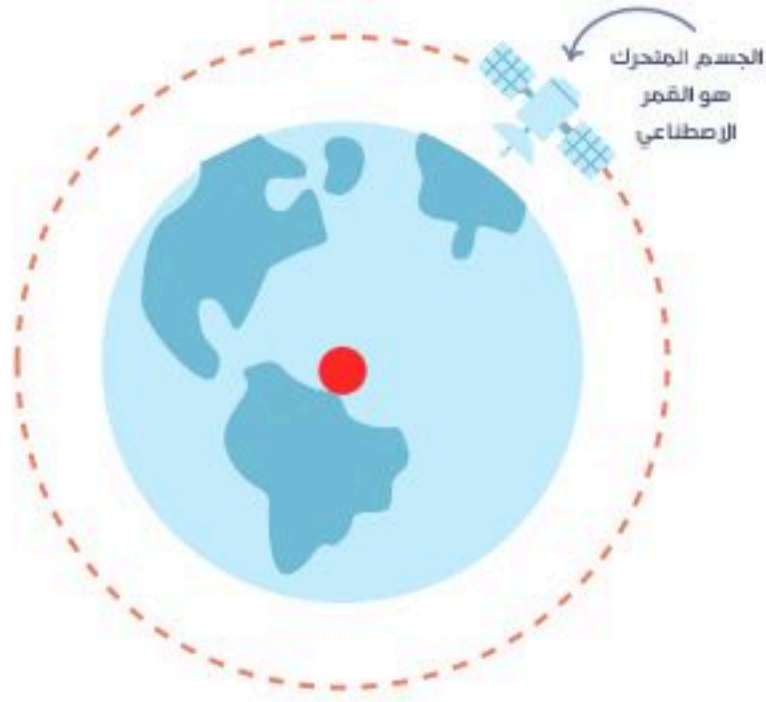
$$a = r\alpha$$

$$v = r\omega$$

$$d = r\theta$$



## الحركة الدائرية



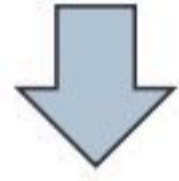
محور الدوران خارج الجسم

هل تستطيع التفرقة بينهم؟



ملحوظة: النقطة الحمراء تدل على محور الدوران

## الحركة الدورانية



محور الدوران داخل الجسم

من الأمثلة على الأجسام التي تتحرك حركة دورانية



مفصلات الباب



شفرات خلاط العصير

حل بلفسك من الأمثلة على الأجسام التي تتحرك حركة دورانية

## ◀ ما هو الراديان؟

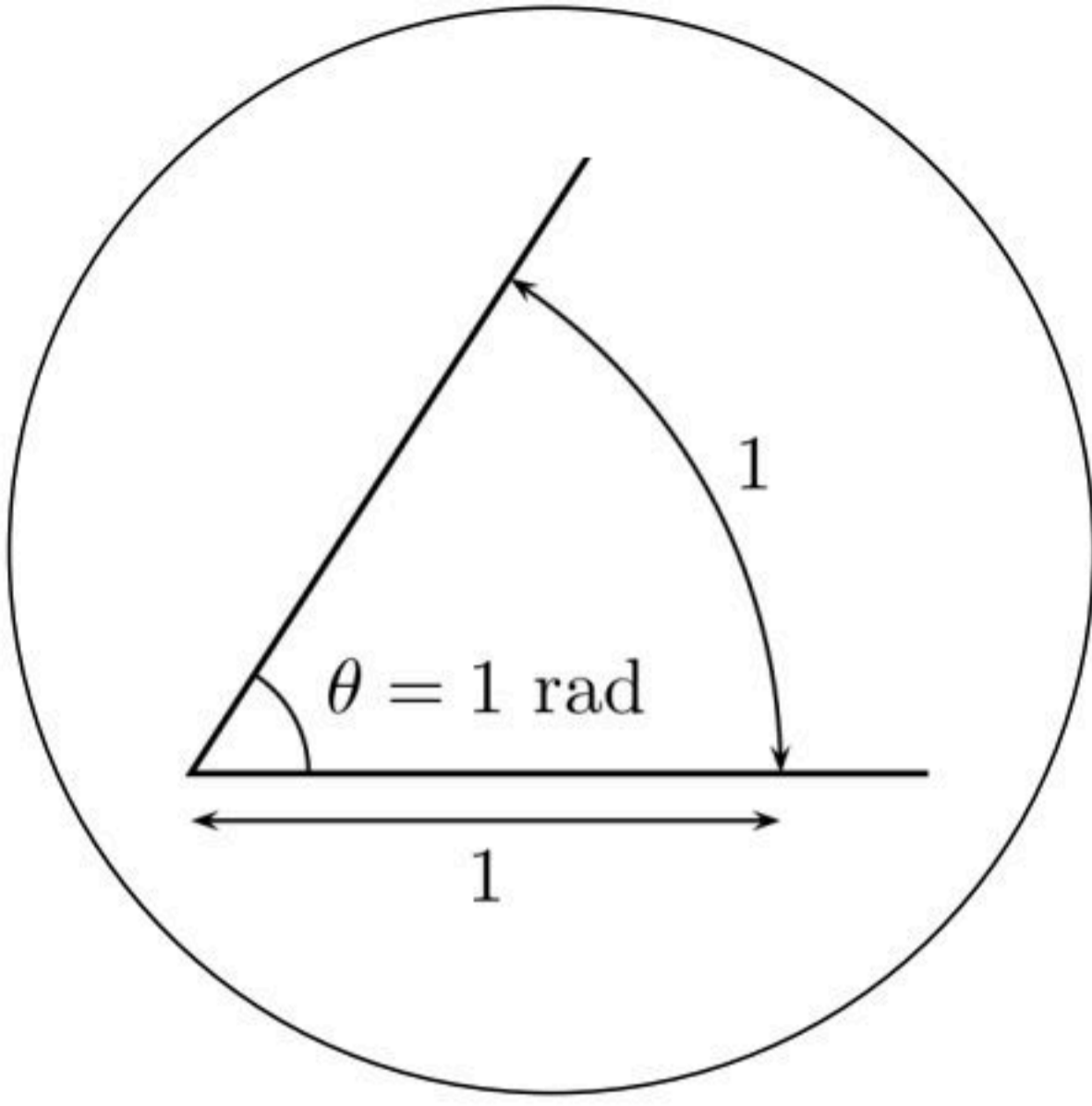
مصطلح

الراديان: وحدة قياس للزوايا

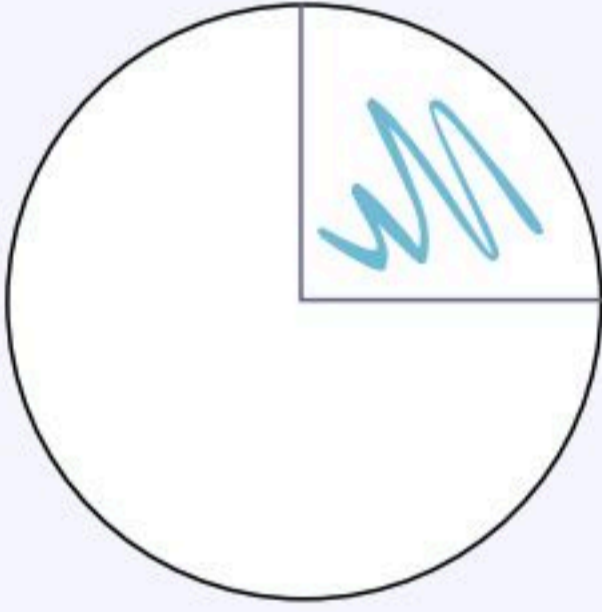
الراديان هي وحدة قياس الزوايا المعتمدة ضمن النظام الدولي للوحدات

◀ يُكتب اختصارًا rad ، ولكن نطقه راديان **تنبه**

◀ اتجاه الدوران موجب اذا كان عكس عقارب الساعة،  
والعكس

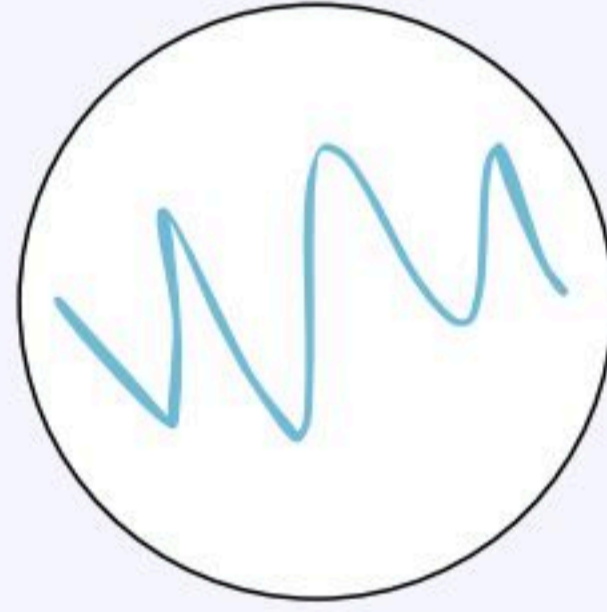


90°



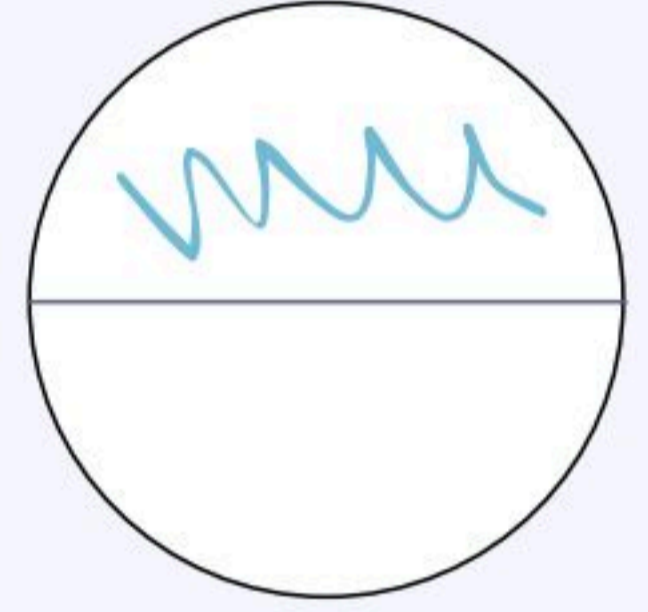
$\pi/2$  rad

360°



$2\pi$  rad

180°



$\pi$  rad

## ◀ كيف نصف الحركة الدورانية؟

مصطلح

الازاحة الزاوية: التغير في الزاوية أثناء دوران الجسم

مصطلح

السرعة الزاوية المتجهة: ناتج قسمة الازاحة الزاوية على الزمن

السرعة الزاوية  
المتجهة

تقاس بـ

rad/s

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

مصطلح

التسارع الزاوي: التغير في السرعة الزاوية المتجهة مقسوماً على الزمن

تقاس بـ:

rad/s

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

التسارع  
الزاوي

مصطلح

التردد الزاوي: عدد الدورات الكاملة التي يدورها الجسم في الثانية الواحدة

التردد  
الزاوي

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

كل أجزاء الجسم (الصلب) تدور بالمعدل نفسه والشمس لا تعد مثالاً على ذلك ✗

هل تدور جميع أجزاء الأرض بالمعدل نفسه؟  دل بنفسك

تطبيق عام

إذا كان التسارع الخطي لعربة نقل  $1.85 \text{ m/s}^2$  ، والتسارع الزاوي لإطاراتها  $5.23 \text{ rad/s}^2$  فما قطر الإطار الواحد للعربة؟

-المعطيات والمطلوب-

الراحة الزاوية

إذا كان قطر الكرة المستخدمة في فأرة الحاسوب  $2 \text{ cm}$ ، وحركت الفأرة  $12 \text{ cm}$ ، فما الراحة الزاوية للكرة؟

-المعطيات والمطلوب-

السرعة الزاوية

نصف قطر الحافة الخارجية لإطار سيارة 45cm، وسرعته 23m/s. ما مقدار السرعة الزاوية للإطار بوحدة rad/s؟

-المعطيات والمطلوب-

التسارع الزاوي

تناقص دوران مروحة من 475 rev/min الى 187 rev/min، خلال 4s، ما مقدار تسارعها الزاوي؟

-المعطيات والمطلوب-

مراجعة ختامية

راجع معلوماتك!

الازاحة الزاوية هي: .....

تكتب العلاقة بين الازاحة الزاوية والخطية ب: .....

راجع الجدول 1-2

تعادل 180° بالراديان: .....

من الدورة الكاملة:  $\frac{1}{2\pi}$  .....



حل بنفسك

مصطلح

ذراع القوة: المسافة العمودية من محور الدوران حتى نقطة تأثير القوة

$$L = r \sin \theta$$

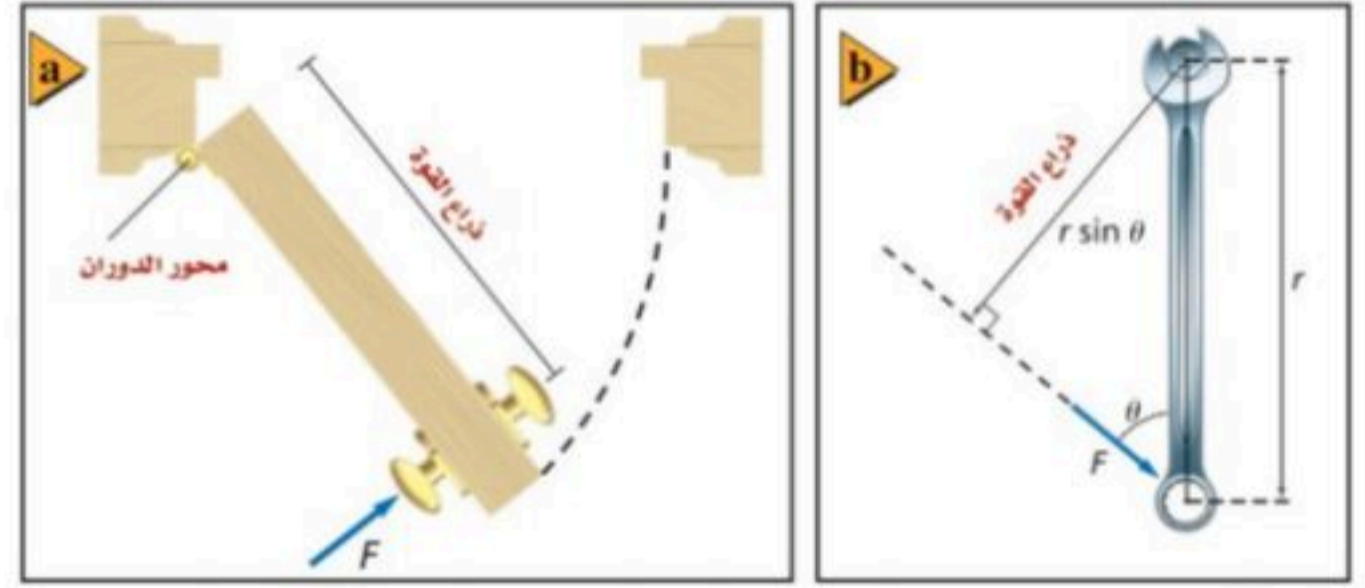
$$L = r$$

تقاس بـ:

m

أو

ايجاد ذراع القوة



قد تتطابق ذراع القوة L مع نصف قطر الدوران r

تنبيه

ذراع القوة هي المسافة العمودية فقط

مصطلح

تقاس بـ:

N.m

العزم: مقياس لمقدرة القوة F على إحداث الدوران



الزاوية = 0

$$\tau = FL$$

يوجد زاوية

$$\tau = Fr \sin \theta$$

تطبيق على العزم

بتطلب شد صامولة في محرك سيارة عزمًا مقداره 35 N.m. إذا استخدمت مفتاح شد طوله 25 cm، فأثرت في نهاية المفتاح بقوة تميل بزاوية 60° بالنسبة إلى الرأسية فما طول ذراع القوة؟ وما مقدار القوة التي يجب أن تؤثر بها؟

-المعطيات والمطلوب-

تذكر توحيد الوحدات

تطبيق 2 على العزم

إذا كانت كتلتك 65 kg ووقفت على بدالات دراجة هوائية، بحيث يصنع البدال زاوية مقدارها 35° على الأفقي وتبعد مسافة 18 cm عن مركز حلقة السلسلة، فما مقدار العزم الذي تؤثر فيه؟ وما مقدار العزم الذي تؤثر فيه إذا كانت البدالات رأسية؟

-المعطيات والمطلوب-





## محصلة العزم

- لإيجاد محصلة العزم -

$$\tau = Fgr$$

$$\tau_1 + \tau_2 = 0$$

$$Fgr_1 - Fgr_2 = 0$$

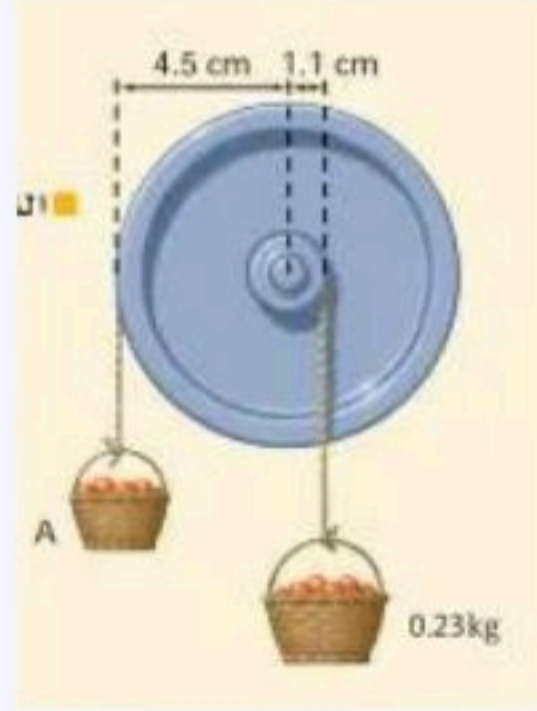
أو

العزمان متساويان في  
المقدار ومتعاكسان في  
الاتجاه

تطبيق على محصلة العزم

علقت سلتا فواكه بحبلين يمران على بكرتين قطراهما مختلفان، فاتزننا كما في الصورة، فما مقدار كتلة A؟

- المعطيات والمطلوب -



مراجعة ختامية

راجع معلوماتك!



نستطيع إيجاد العزم بالقانون: .....

ذراع القوة هي: .....

إذا كانت القوة متعامدة مع نصف قطر الدوران فذراع القوة ستساوي: .....

يرمز للعزم بالرمز: .....

يعتمد العزم على ثلاثة وهي: .....

موجود في ص 42

حل بنفسك

## مصطلح

**مركز الكتلة:** نقطة في الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التي يتحرك بها الجسم النقطي

← تحديد موقع مركز الكتلة لجسم الانسان

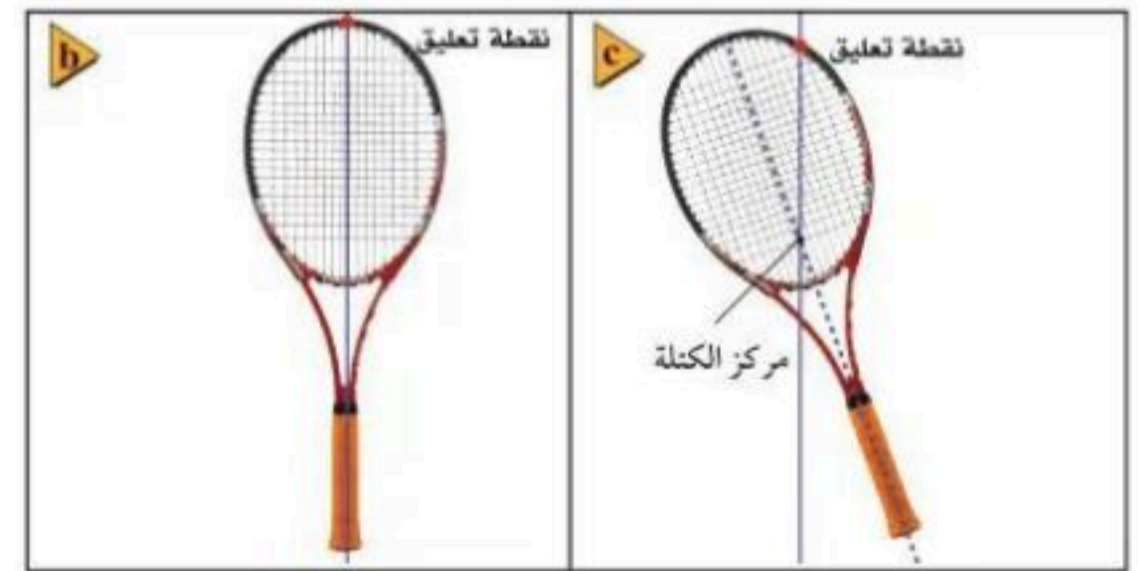
للشخص الذي يقف ويده متدليتان يكون على بعد سنتيمترات أسفل السرة منتصف المسافة بين جزأي الجسم الأمامي والخلفي أعلى من ذلك بالنسبة للطفل

← جسم الانسان مرن وغير ثابت

هل مركز كتلة الانسان ثابت؟ حل بنفسك

← تحديد موقع مركز الكتلة لجسم مادي

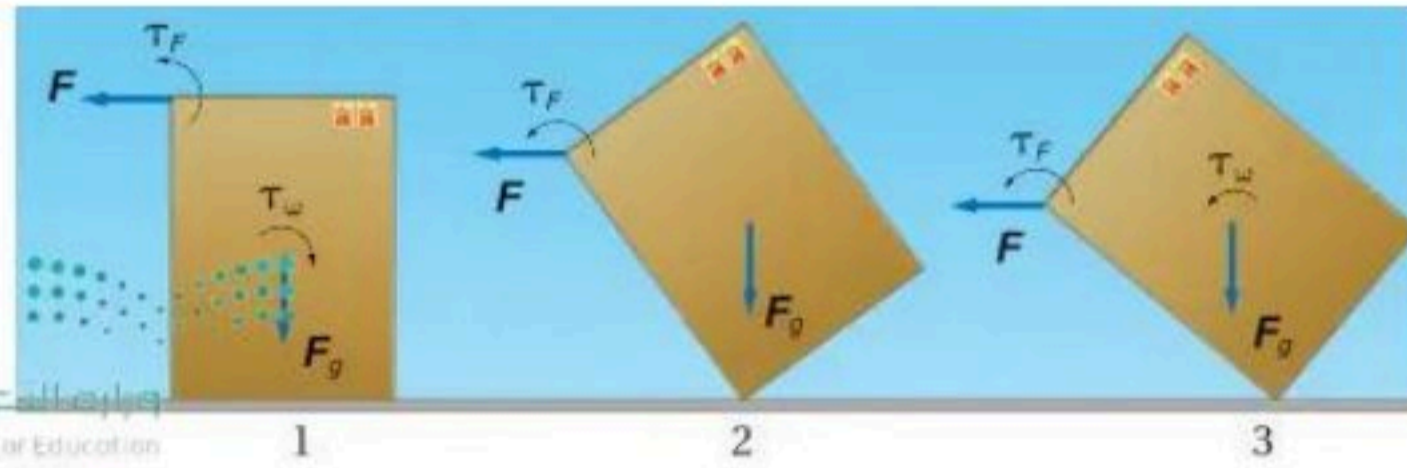
1. تعليقه من أي نقطة وعند توقفه عن التآرجح يكون المركز على الخط الرأسى المرسوم من نقطة التعليق
2. تعليق الجسم مرة أخرى من نقطة ثانية وارسم خطا رأسيا جديدا من النقطة
3. مركز الكتلة هو نقطة تقاطع الخطين



← مركز الكتلة والاستقرار ( الثبات )

-كيف نقلب صندوقا؟-

1. يجب تدويره حول احدى حوافه (زواياه)، بحيث تؤثر في أعلى الصندوق بقوة لتولد عزما، ويؤثر وزن الصندوق في مركز الكتلة بقوة فتولد عزما معاكسا
2. يصبح مركز الكتلة فوق نقطة الارتناد مباشرة يصبح العزم المعاكس صفرا ويبقى تأثير العزم الخارجى فقط، و بدوران الصندوق أكثر يبتعد مركز الكتلة عن نقطة الارتناد (الداعمة)
3. يؤثر العزما في الاتجاه نفسه فينقلب الصندوق بسرعة



← يعد الجسم في حالة استقرار اذا الى قوة خارجية لقلبه أو تحريكه

← كلما كانت قاعدة الجسم عريضة كام أكثر استقرارا

← السيارة ذات الارتفاع الأكبر يكون مركز كتلتها مرتفعا فتقلب

← كلما كان مركز كتلة الجسم منخفضا تكون السيارة أكثر استقرارا

← الانسان يكون أكثر استقرارا عند وقوفه مستويا على قدميه

← اذا كان مركز الكتلة خارج قاعدة الجسم كان الجسم غير مستقر والعكس صحيح

← اذا كانت قاعدة الجسم ضيقة ومركز الكتلة فوق القاعدة فالجسم يكون مستقرا ولكن أي قوة صغيرة تقلبه أو تدوره

## شرطا الاتزان

يعد الجسم متزن ميكانيكيا اذا كانت سرعته المتجهة وسرعته الزاوية المتجهة صفرا أو ثابتتين

بشرط

أن يكون في حالة اتزان انتقالي = أي أن محصلة القوى المؤثرة فيه تساوي 0

أن يكون في حالة اتزان دوراني = أي أن محصلة العزوم المؤثرة فيه تساوي 0

## دوران الأطر المرجعية



لا يمكننا تطبيق قوانين نيوتن هنا لأن الأطر المرجعية الدوارة أطر متسارعة وقوانين نيوتن تطبق فقط في حالة الأطر المرجعية غير المتسارعة (القصورية)

## القوة الطاردة المركزية

مصطلح

**القوة الطاردة المركزية: قوة وهمية تسحب الجسم المتحرك بسرعة دائرية خارج المركز**

ناتج عن القصور الذاتي عند التغير المفاجئ في الحركة

## قوة كوريوليس

مصطلح

**قوة كوريوليس: قوة وهمية ظاهرة تحرف الجسم عن مساره ناتجة عن دوران الأطر المرجعية**

# الفيزياء 2

ثاني ثانوي

## الفصل الثالث

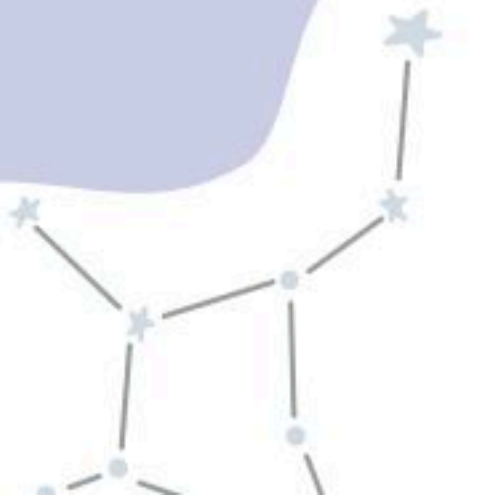
Tiktok: @molakhasi.aseel

Telegram: @physicsaseel

⚠️ أمانع الاستفاده منه بغرض تجاري!

قناتي التلجرام

اضغط هنا!



## قوانين الفصل الثالث

حاصل ضرب القوة المؤثرة في جسم في زمن تأثيرها	الدفع
حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته, وتقاس بوحدة kg.m/s	الزخم
زخم الجسم النهائي مطروح منه زخمه الابتدائي	نظرية الدفع - الزخم
النظام الذي لا يكتسب كتلة ولا يفقدها	النظام المغلق
نظام تكون فيه محصلة القوى الخارجية المؤثرة عليه تساوي صفر	النظام المعزول
ينص على أن زخم أي نظام مغلق أو معزول لا يتغير	قانون حفظ الزخم

الدفع-الزخم	الدفع	الزخم
$F \Delta t = p_f - p_i$	$F \Delta t$	$p = mv$
	يقاس بـ: N.s	يقاس بـ: kg.m/s

على ماذا تدل تلك الرموز؟

v = السرعة → m/s

m = الكتلة → kg

t = الزمن → s

F = القوة → N

p = الزخم → kg.m/s

راجع معلوماتك

هامش الملاحظات

مصطلح

الدفع: حاصل ضرب متوسط القوة المؤثرة في جسم في زمن تأثير القوة

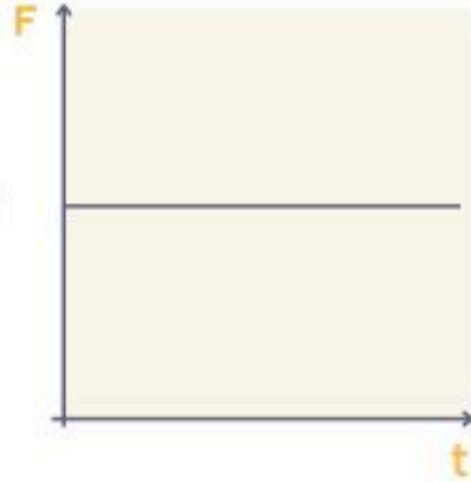
قانون الدفع

يقاس بـ:

N.s

$$F \Delta t$$

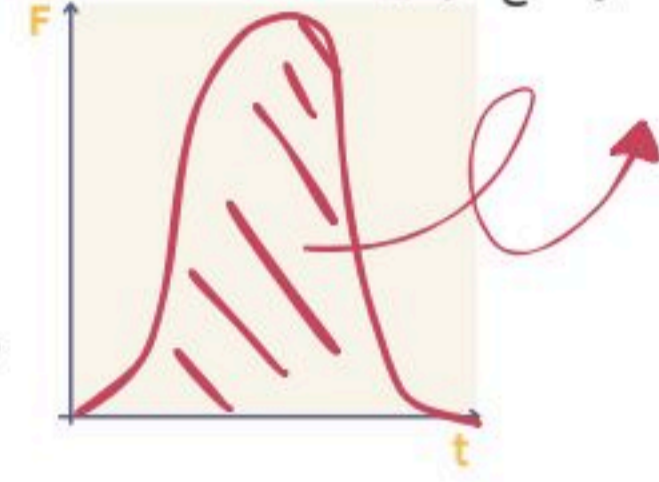
الدفع يساوي  $F \Delta t$



القوة ثابتة

القوة متغيرة

الدفع يساوي المساحة تحت منحنى العلاقة البيانية للقوة مع الزمن



مصطلح

الزخم: كمية الحركة في الجسم وهي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة

كمية متجهة

يقاس بـ:

kg.m/s

$$p = mv$$

قانون الزخم

مصطلح

نظرية الدفع-الزخم: الدفع على جسم ما يساوي زخم الجسم النهائي مطروحا منه زخمه الابتدائي

$$F \Delta t = p_f - p_i$$

الزخم الدفع-

تعمل الوسادة الهوائية على تقليل القوة بزيادة زمن الاصطدام ★ نظرية الدفع-الزخم والحفاظ على الحياة

السرعة و الزخم و الدفع جميعها كميات متجهة

تطبيق على الزخم

رميت كرة بيسبول كتلتها  $0.145\text{kg}$  بسرعة  $42\text{m/s}$ . فضربها لاعب المضرب أفقيا في اتجاه الرامي بسرعة  $58\text{m/s}$ . أوجد التغير في زخم الكرة

-المعطيات والمطلوب-

تطبيق على الدفع-الزخم

ضرب لاعب قرص هوكي ساكنا كتلته  $0.115\text{kg}$ , فأثر فيه بقوة ثابتة مقدارها  $30\text{N}$  في زمن مقداره  $0.16\text{s}$ , فأوجد مقدار السرعة التي سيتجه بها الهدف

-المعطيات والمطلوب-

تطبيق على الدفع

ضرب للاعب قرص هوكي مؤثرا فيه بقوة ثابتة مقدارها  $30\text{N}$  مدة  $0.16\text{s}$ . أوجد مقدار الدفع المؤثر في القرص

-المعطيات والمطلوب-

مراجعة ختامية

راجع معلوماتك!



الدفع هو .....

الزخم هو .....

نستطيع ايجاد الزخم عبر القانون: .....

حل بنفسك

ما هي شروط حفظ الزخم؟

النظام معزول

النظام مغلق

مصطلح

النظام المغلق: النظام الذي لا يكتسب الكتلة ولا يفقدها

مصطلح

النظام المعزول: فيه تكون محصلة القوس الخارجية على النظام تساوي صفرا

لا يوجد على سطح الكرة الأرضية نظام معزول تماما

ليس كل تصادم يحقق قانون حفظ الزخم

كيف نتحقق من قانون حفظ الزخم؟

بالاثبات العملي

بالاثبات الرياضي

تطبيق على قانون حفظ الزخم

دفعت عربتا مختبر متصلتان بنابض احدهما نحو الأخرى لينضغط النابض، وتسكن العربتان. وعند افلاتهما ابتعدت العربة التي كتلتها 5kg بسرعة 0.12m/s، في حين ابتعدت العربة الأخرى التي كتلتها 2kg في الاتجاه المعاكس. ما السرعة المتجهة للعربة ذات الكتلة 2kg؟

-المعطيات والمطلوب-



الارتداد ← من أمثله القفز / اطلاق الرصاص / الجري / الصواريخ / المسبار الفضائي / المحركات النفاثة

التصادم في بعدين

$$\begin{array}{l} \text{المحور X} \\ p_{fx1} + p_{fx2} = p_{pi1} \\ \\ \text{المحور Y} \\ p_{fy1} + p_{fy2} = 0 \end{array}$$

قانون حفظ الزخم  
في التصادم في  
بعدين

راجع معلوماتك!

مراجعة ختامية

ينص قانون حفظ الزخم على

النظام الذي لا يكتسب كتلة ولا يفقدها:

النظام الذي تؤثر فيه قوى داخلية:



حل بنفسك

# الفيزياء 2

ثاني ثانوي

## الفصل الرابع

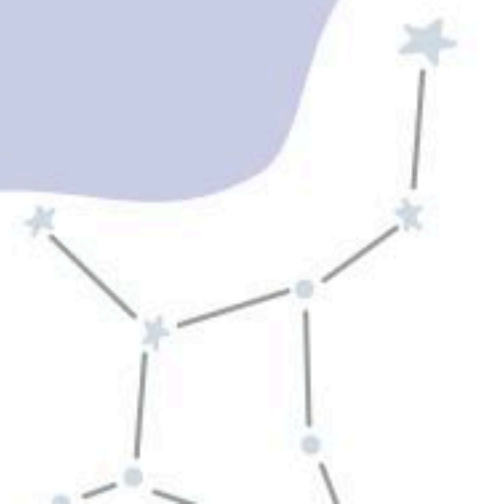
Tiktok: @molakhasi.aseel

Telegram: @physicsaseel

⚠️ أمانع الاستفاده منه بغرض تجاري!

قناتي التلجرام

اضغط هنا!



مصطلح

**الشغل:** الانتقال الميكانيكي للطاقة ويتم عندما تؤثر قوة ثابتة في جسم في اتجاه حركته

يقاس بـ:  $W = Fd$   
 N.m أو J  
**قانون الشغل**

كمية قياسية

سالب

موجب

← عكس اتجاه الازاحة  
 تتناقص طاقة النظام

← في اتجاه الازاحة  
 تزداد طاقة النظام

القوة عمودية على اتجاه الحركة

$$W = 0$$

القوة تميل بزاوية في اتجاه الحركة

$$W = Fd \cos \theta$$

القوة في اتجاه الحركة

$$W = Fd$$

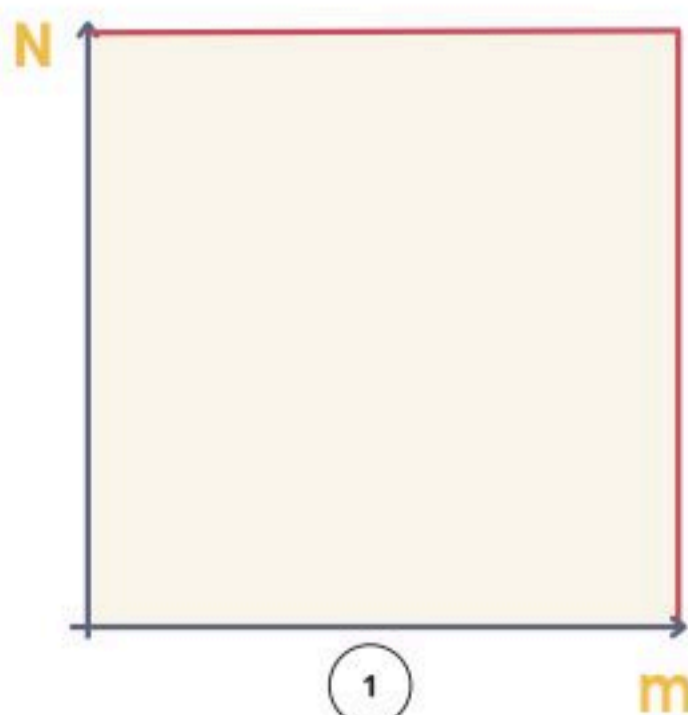
- الشغل المبذول من قوة الاحتكاك يكون دائما سالبا وهو يقلل من الطاقة الحركية للنظام والشغل الموجب يزيد طاقته
- ليس كل تصادم يحقق قانون حفظ الزخم
- الشغل كمية **قياسية** والاشارة تدل على أن النظام يفقد أو يكتسب وليس اتجاهه
- ليست كل قوة تنتج شغلاً



حل بنفسك

يمكن إيجاد الدفع الموجود في الصورة غير القانون:

إيجاد الشغل عند تغير القوى المؤثرة



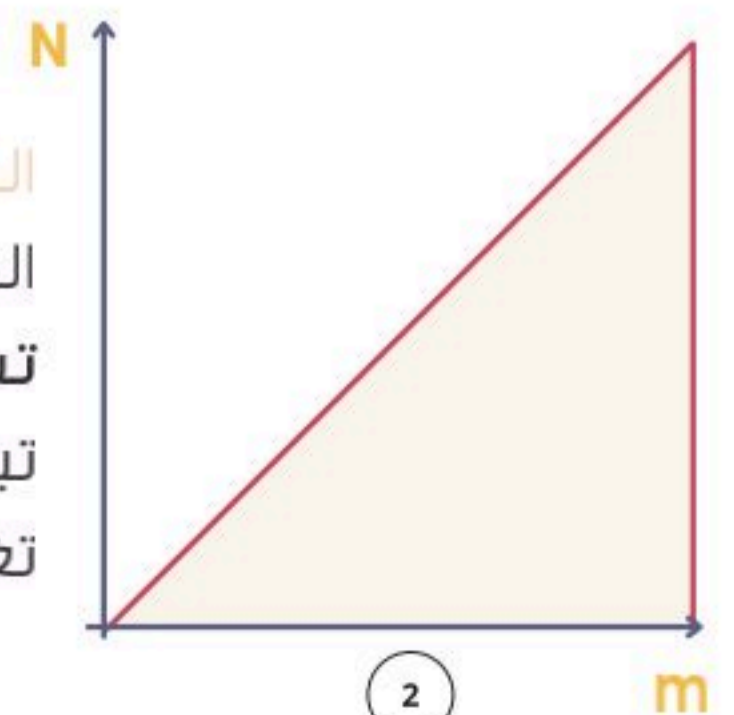
مثال  $F=10 \quad d=2$

1  $W = 10 \times 2 = 20$

2  $W = 10 \times 2 / 2 = 10$

$$W = Fd$$

المساحة تحت المنحنى البياني (القوة - الازاحة) تساوي الشغل الذي تبذله تلك القوة حتى لو تغيرت



$$W = \frac{1}{2} Fd$$

? **CS** يرفع محرك كهربائي مصعدا مسافة 9m خلال 15s بالتأثير بقوة رأسية إلى أعلى مقدارها  $1.20 \times 10^4$  N احسب قدرة المحرك بوحدة kW

المعطيات والمطلوب

$$t = 15s$$

$$F = 1.2 \times 10^4 \text{ N}$$

$$d = 9 \text{ m}$$

$$P = ?$$

القانون المستخدم

$$P = \frac{W}{t}$$

? **CS** ينزلق قرص هوكي كتلته 105g على سطح جليدي، فإذا أثر لاعب بقوة ثابتة المقدار 4.5N في القرص فحركه لمسافة 0.150m في اتجاه القوة نفسه، فما مقدار الشغل الذي بذله اللاعب على القرص؟ وما مقدار التغير في طاقة القرص؟

المعطيات والمطلوب

$$F = 4.5 \text{ N}$$

$$d = 0.150 \text{ m}$$

$$m = 105 \text{ g}$$

$$W = ?$$

$$\Delta KE = ?$$

القانون المستخدم

$$W = F \cdot d$$

$$W = KE_f - KE_i$$

## الطاقة: المقدرة على إنجاز شغل

مصطلح

الطاقة **الحركية**: الطاقة الناتجة عن الحركة وتساوي حاصل ضرب نصف كتلة الجسم في مربع سرعته

مثل سقوط كرة و حركة الإلكترون

يقاس بـ:

kg.m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> أو J

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

قانون الطاقة الحركية

مثال

إذا تحرك جسم كتلته 2kg بسرعة 1m/s فإن طاقته الحركية تساوي 1J.

## نظرية الشغل-الطاقة: الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية

مصطلح

يمكن أن تنتقل الطاقة بين المحيط الخارجي والنظام خلال عملية إنجاز الشغل

$$W = KE_f - KE_i$$

نظرية الشغل - الطاقة

## القدرة: المعدل الزمني لبذل الشغل | الشغل مقسومًا على الزمن اللازم لإنجازه

مصطلح

مثال

إذا رفعت كأس ماء وزنه 2N مسافة 0.5m فقد تكون بذلت شغلًا مقداره 1J.

تُقاس بـ:

W أو kW  
الوات أو 1000W  
الحصان الميكانيكي=746W

$$P = \frac{W}{t}$$

بجدولة القوة والسرعة

$$P = Fv$$

تطبيق على القوانين

? **س** يرفع محرك كهربائي مصعدًا مسافة 9m خلال 15s بالتأثير بقوة رأسية إلى أعلى مقدارها  $1.20 \times 10^4$  N. احسب قدرة المحررة بوحدة kW

المعطيات والمطلوب

$t = 15s$   
 $F = 1.2 \times 10^4 N$   
 $d = 9m$

القانون المستخدم

$$P = \frac{W}{t}$$

إذا كانت القوة تصنع زاوية 60 مع الإزاحة فإن الشغل يساوي:

الطاقة الحركية لجسم كتلته 60kg يتحرك بسرعة 10m/s:

الشغل بيانياً يساوي:

مراجعة ختامية

حل بنفسك  
راجع معلوماتك!

## مصطلح

الآلة: أداة تؤدي لتسهيل المهام وتخفيف الحمل بتغيير مقدار القوة المؤثرة أو اتجاهها

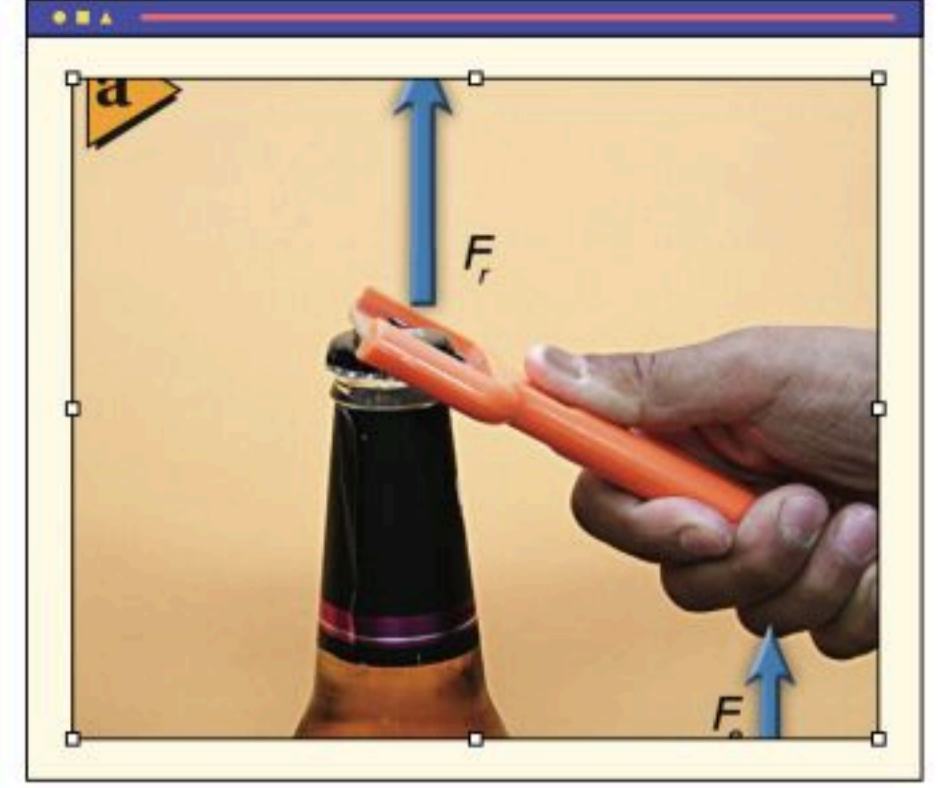
## المقاومة

القوة التي أثرت بها الآلة

## القوة المسلطة

القوة التي أثرت في الآلة بواسطة شخص ما

حل بنفسك حدد القوة المسلطة من خلال الصورة:



الآلات ليست مصدرًا للطاقة

طوال القامة لديهم أنظمة رافعة فائدتها الميكانيكية أقل من الأشخاص القصار القامة

★ آلة المشي البشرية ص 116

$$MA = \frac{F_r}{F_e}$$

الفائدة الميكانيكية

$$IMA = \frac{d_e}{d_r}$$

الفائدة الميكانيكية المثالية

## الفائدة الميكانيكية

## ★ IMA

الفائدة الميكانيكية المثالية

نسبة القوة المسلطة إلى إزاحة القوة المقاومة

## ★ MA

الفائدة الميكانيكية

نسبة القوة المقاومة إلى القوة المسلطة

## ما الفرق بين الآلة الحقيقية والمثالية؟

كفاءتها أقل من 100% الشغل المبذول < الشغل الناتج  
 $W_{out} < W_{in}$

الحقيقية

كفاءتها 100% الشغل المبذول = الشغل الناتج  
 $W_{out} = W_{in}$

المثالية

الآلة المثالية ليست حقيقية، وتستخدم لتقييم أداء نظام الآلات الفعلي.

## نظام البكرات

مركب

$$MA > 1$$

- تغير اتجاه القوة
- تغير مقدار القوة

ثابت

$$MA = 1$$

- تغير اتجاه القوة

$$e = \frac{W_o}{W_i} \times 100$$

الشغل الناتج  
الشغل المبذول

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

الفائدة الميكانيكية  
الفائدة الميكانيكية المثالية

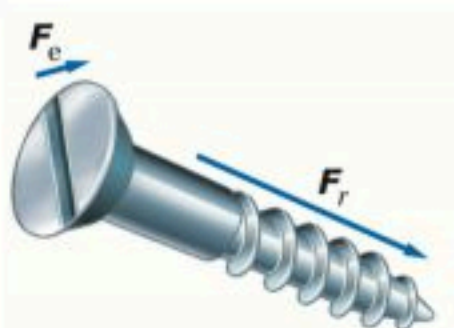
## الكفاءة e

بطريقتين  
كنسبة مئوية

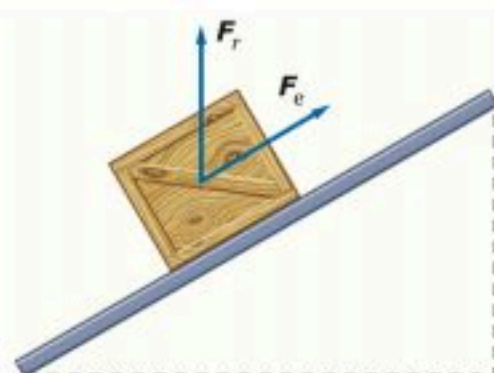
عندها 6

## مجموعة الآلات البسيطة

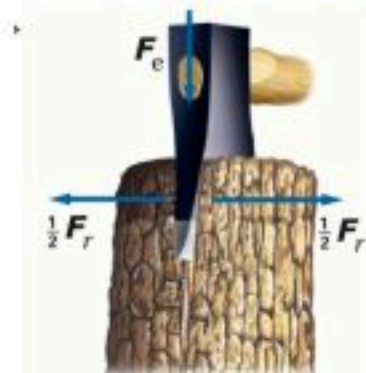
البراغي



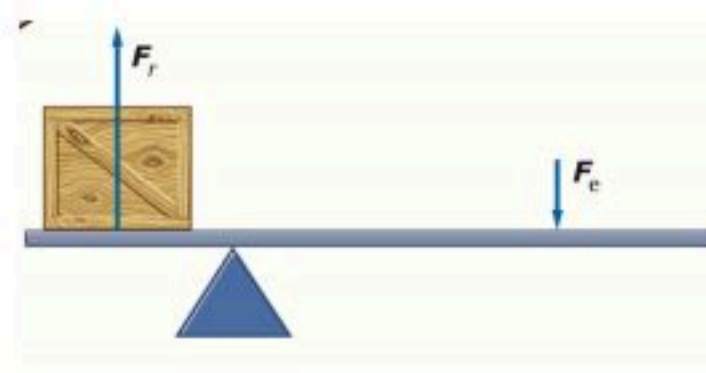
المستوى المائل



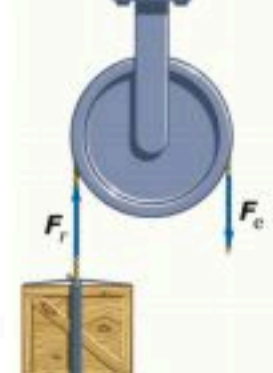
الوتد والإسفين



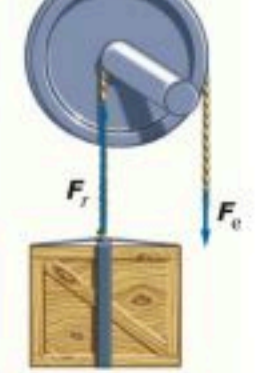
الرافعة



البكرة



العجلة والمحور



مصطلح

الآلة المركّبة: آلة تتكون من آلتين بسيطتين أو أكثر بحيث تصبح المقاومة لإحداها قوة مسلطة للأخرى

حل بنفسك نوع الأداة في الصورة أدناه:



الفائدة الميكانيكية  $MA$  لـ

$$MA = MA_1 \times MA_2$$

$$MA = \frac{F_r}{F_e} \times \frac{F_r}{F_e} = \frac{F_r}{F_e}$$

للآلة البسيطة الأولى      للآلة البسيطة الثاني

الفائدة الميكانيكية المثالية  $IMA$  لـ

$$IMA = \frac{\text{طول ذراع الدواسة}}{\text{نصف قطر الإطار}} \times \frac{\text{عدد مسننات ناقل الحركة الخلفي}}{\text{عدد مسننات ناقل الحركة الأمامي}}$$

أو  $IMA = \frac{d}{d} \times \frac{d}{d}$

للآلة البسيطة الأولى      للآلة البسيطة الثاني

كيف يتم تغيير الفائدة الميكانيكية للدراجة الهوائية متعددة نواقل الحركة؟

- ★ لزيادة  $IMA$  يجعل السائق نصف قطر الحركة الخلفي **كبيرًا** مقارنة بنصف قطر الحركة الأمامي
- ★ في الطرق المستوية أو عندما يحتاج السائق إلى سرعة كبيرة فإنه يجعل ناقل الحركة الخلفي **صغيرًا** والأمامي **كبيرًا**

Phys Appeal

تطبيق على القوانين

احسب كفاءة آلة فائدتها الميكانيكية 0.6 وفائدتها المثالية 1.2: س ؟

المعطيات والمطلوب

$$MA = 0.6$$

$$IMA = 1.2$$

القانون المستخدم

$$e = \frac{MA}{IMA} \times 100$$

إيجاد الفائدة الميكانيكية / الميكانيكية المثالية / الكفاءة جميعها تطبيقها سهل وغالبًا يكون تعويضًا مباشرًا.

مراجعة ختامية

راجع معلوماتك!

الهدف من استخدام الآلات البسيطة:

في آلة المشي البشرية المفاصل المتحركة بين العظام تمثل:

في الآلة الحقيقية دائمًا الشغل المبذول ..... الشغل الناتج.  $\langle \rangle = \langle \rangle$



حل بنفسك

Phys Appeal

## 4-1 الأشكال المتعددة للطاقة

### نموذج لنظرية الشغل والطاقة:

- تشبه فرضية الشغل والطاقة تتبع انفاق المال.
1. إذا بذل المحيط الخارجي شغلا على النظام، تزيد طاقة النظام. مثل: إذا اعطاني احد نقود تزيد نقودي.
  2. إذا بذل النظام شغلا على المحيط الخارجي، تقل طاقة النظام. مثل: انفاق النقود فتقل نقودي.

$$\text{الطاقة الحركية: } k = \frac{1}{2}mv^2 \quad w = \Delta KE \quad w = FD \quad \text{الوحدة: جول}$$

أنواع الطاقة الحركية	
طاقة حركية دورانية	طاقة حركية خطية
العوامل المؤثرة: 1. الكتلة. 2. السرعة الزاوية ( $\omega$ ). 3. توزيع الكتلة.	العوامل المؤثرة: 1. الكتلة. 2. السرعة الخطية ( $v$ ).

### أنواع طاقة الوضع (الكامنة - المخزنة):

1. طاقة كيميائية في الغذاء ووقود السيارة.
2. طاقة النابض المرنة.
3. طاقة الوضع الجاذبية.
4. الطاقة السكونية.

طاقة الوضع الجاذبية طاقة مخزنة نتيجة قوة الجاذبية بين الأرض والجسم.

- قانون طاقة الوضع الجاذبية: (ارتفاع  $h$ )  $PE = mgh$

مستوى الاسناد هو المستوى الذي تكون فيه طاقة الوضع تساوي الصفر.

\* طاقة الوضع الجاذبية = شغل الجاذبية ولكن بتغيير الاشارة

طاقة الوضع المرنة طاقة مخزنة في الجسم نتيجة تغيير شكل الجسم.

- مثل: طاقة مخزنة في نابض، الاوتار، الاسفنج، المطاط. (أو أي شيء مرن).

الطاقة السكونية قانونها:  $E_0 = mc^2$  حيث  $c$  هي سرعة الضوء و  $3 \times 10^{10}$  ما عليها تطبيقات ولا نحفظ سرعة الضوء.

علل: خشب الخيزران لا يخزن طاقة وضع كبيرة. لأنه قليل المرنة.

علل: قضبان الألياف الزجاجية (الزائنة) قابلة أكثر لتخزين طاقة الوضع. لأنها عالية المرنة.

## 4-2 حفظ الطاقة

الطاقة الميكانيكية مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع للجسم.

$$E = KE + PE \quad \text{طاقة ميكانيكية} = E$$



قانون حفظ الطاقة لأي نظام مغلق ومعزول لا تفنى الطاقة ولا تستحدث إلا باذن الله, أي يبقى مقدارها ثابت.

$$E_i = E_f$$

تطبيقات وامثلة على حفظ الطاقة:

1. سطح مائل (أملس) يعني الاحتكاك صفر دامه أملس.  
أقصى طاقة وضع في اعلى المنحدر = أقصى طاقة حركية في أسفل المنحدر  
$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$
2. حركة البندول.  
أقصى PE و KE=0 في اعلى نقطة, أقصى KE و PE=0 في أسفل نقطة عند الاسناد.
3. التزلج.

فقدان الطاقة الميكانيكية: تفقد الطاقة الميكانيكية بفعل الاحتكاك على شكل طاقة حرارية وطاقة صوتية.

تحليل التصادمات: انظري الكتاب ص118 (اتوقع الرسمة).

التصادمات:

1. التصادم فوق المرن أو الانفجاري.  $KE_f > KE_i$
2. التصادم المرن.  $KE_f = KE_i$
3. التصادم العديم المرونة.  $KE_f < KE_i$

ما الفرق بين الزخم والطاقة الحركية؟

KE	P	القانون
$KE = \frac{1}{2}mv^2$	$P = mv$	نوع الكمية
قياسية	متجهة	ما يسببه في التصادم
ضرر (تحطم)	إيقاف	
محفوظ في التصادم المرن فقط	دائما محفوظ	

\* كل الطاقات كميات قياسية.

## 5-1 درجة الحرارة والطاقة الحرارية

**الطاقة الحرارية للجزيئات** مقياس لحركة جزيئات الجسم الداخلية.

**علل:** تمدد البالون المنفوخ عند تعرضه لاشعة الشمس. يمتص البالون طاقة حرارية من الهواء الخارجي فتزيد Ke ثم تزيد V (وهي سرعة الجزيئات) ثم يزيد عدد التصادمات على الجدران فتزيد القوة الدافعة ويتمدد البالون.

**علل:** ينكمش البالون المنفوخ في الجو البارد. يفقد البالون طاقة حرارية في الهواء الخارجي فنقل KE وتقل V ويقل عدد التصادمات على الجدران فيقل الدفع وينكمش البالون.

**الطاقة الحرارية في المواد الصلبة** مجموع متوسطي طاقة الوضع والحركية للذرات مضروبة في عدد الذرات.

تعتمد **درجة الحرارة** على **متوسط الطاقة الحركية** للجزيئات في الجسم، بينما تعتمد **كمية الطاقة الحرارية** على **عدد الجزيئات**.

- درجة الحرارة هي متوسط الطاقة، درجة اختبارك هي متوسط مستواك، يعني درجة الحرارة مع متوسط KE، والطاقة الحرارية مع عدد الجزيئات.

**الاتزان الحراري** الحالة التي يصبح عندها معدلا تدفق الطاقة بين جسمين متساويين ويكون لهما درجة الحرارة نفسها.

انواع المقاييس الحرارية		
مقاييس طبية	مقياس بلوري	موازين منزلية
يعتمد على الدوائر الالكترونية.	يعتمد على تغير لون البلورة مع تغير درجة الحرارة.	يتمدد حجم السائل مع ارتفاع درجة الحرارة. كحولي- زئبقي

انواع التدرج على الميزان الحراري		
فهرنهايت	كلفن	سلسيوس
	373°K	100°C
	273°K	0°C

غليان الماء
انصهار الجليد

$$K - 273 \rightarrow C$$

$$C + 273 \rightarrow K$$

**علل:** استخدام مقياس سلسيوس في المسائل العلمية والهندسة غير عملي. لأنه يحتوي على درجات سالبة، اذ ان الدرجات السالبة قد توحي بان لجزيء طاقة حركية سالبة.

**طرق نقل الحرارة:**

1. **طريقة التوصيل:** يتم نقل الحرارة عن طريق تصادم الجزيئات بعضها مع بعض، ويحدث في الحالة الصلبة والسائلة والغازية.
2. **الحمل الحراري:** وهي حركة المائع (السائل أو الغازي) عن طريق اختلاف درجات الحرارة، ويتم في الحالة السائلة والغازية فقط.
- يحدث الحمل الحراري عن طريق اختلاف طبقات الهواء أو الماء في الحرارة بحيث تزيد T الحرارة ويزيد V الحجم وتقل ρ (رو) الكثافة (الطبقة الخفيفة تتحرك للأعلى) والعكس صحيح.
3. **الاشعاع الحراري:** يتم نقل الطاقة فيه عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية، ويحدث في الفراغ والسائل والغاز والجامد الشفاف.

$$\text{الكثافة} = \rho = \frac{m}{v} \quad \text{كتلة } m \quad \text{حجم } v$$

**الحرارة النوعية (C)** كمية الطاقة اللازمة لرفع 1kg من المادة 1°C حرارة. (الحرارة النوعية نفسها السعة الحرارية)

كمية الحرارة  $Q = Cm\Delta T$  c حرارة نوعية m كتلة T الفرق في درجات الحرارة

$$T_f = \frac{C_A m_A T_A + C_B m_B T_B}{C_A m_A + C_B m_B}$$

درجة الحرارة النهائية لخليط داخل مسعر:

الغرض من المسعر:

1. قياس التغير في الطاقة الحرارية.
2. يوجد نوع منه لقياس التفاعلات الكيميائية ومحتوى الاطعمة من الطاقة.

مبدأ عمل المسعر: يعتمد مبدأ عمله على مبدأ حفظ الطاقة.

انواع الكائنات الحية من حيث درجة حرارة اجسامها	
كائنات حية متغيرة درجة الحرارة	كائنات حية ثابتة درجة الحرارة
هي الكائنات التي تغير درجة حرارة اجسامها بتغير درجة حرارة الجو المحيط بها. مثل: السمك, السحالي, الضفادع, الحشرات.	هي التي تبقى درجة حرارة اجسامها ثابتة ولا تتغير مع تغير الجو المحيط بها. مثل: الثدييات, الطيور.

## 5-2 تغيرات حالة المادة وقوانين الديناميكا الحرارية

درجة الانصهار هي درجة ثابتة تتحول فيها المادة من الحالة الصلبة إلى السائلة.

الحرارة الكامنة للانصهار ( $H_f$ ) كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1kg من المادة الصلبة إلى الحالة السائلة.

درجة الغليان درجة حرارة ثابتة تتحول فيها المادة من الحالة السائلة إلى الغازية.

الحرارة الكامنة للتبخير ( $H_v$ ) كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1kg من المادة السائلة إلى الغازية.

عل: تسمى الحرارة الكامنة للانصهار بهذا الاسم. لأنها لا تسبب تغير درجة حرارة الترمومتر.

عل: عند صهر الجليد تثبت درجة الحرارة عند الصفر حتى ينصهر بأكمله. لان الحرارة تستغل في تفكيك الروابط بين الجزيئات.

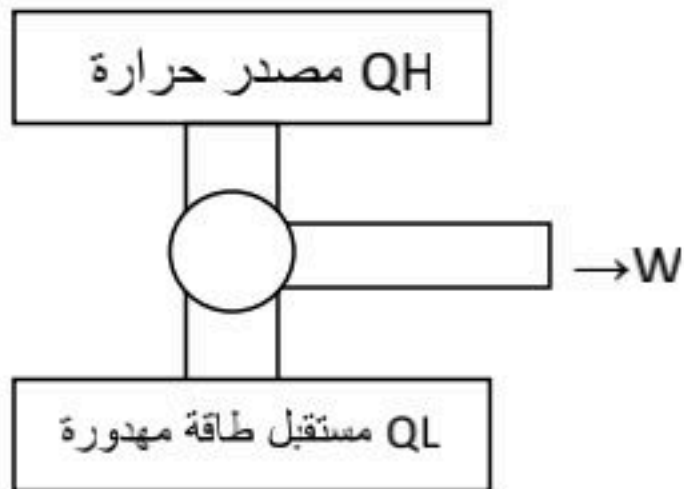
$Q = Cm\Delta T$	$Q_f = mH_f$	$Q_v = mH_v$
كلهم وحدتهم جول	انصهار, $H_f =$ الحرارة الكامنة للانصهار	تبخير, $H_v =$ الحرارة الكامنة للتبخير

قانون الديناميكا الاول:  $\Delta U = Q - w$  جول = u التغير في الطاقة الحرارية, Q = الطاقة المضافة للجسم, = w شغل بذله الجسم (U هو نفسه Q بس رمز ثاني)

المحرك الحراري اداة تحول الطاقة الحرارية الحرارية إلى طاقة ميكانيكية.

مبدأ عمل المحرك الحراري: تحويل الطاقة الحرارية إلى ميكانيكية.

كفاءة المحرك الحراري:  $e = \frac{w}{Q} \times 100$  e ≠ 100 لوجود طاقة حرارية ضائعة دائما.



تطبيقات على قانون الديناميكا الاول		
المضخة	المبردات	المحرك الحراري
تنقل الطاقة من من مستودع بارد إلى ساخن	تنقل الطاقة من مستودع بارد إلى	تنقل الطاقة من مستودع ساخن إلى

بارد وينتج شغل. (تلقائي لانه من حار لبارد) مثل: محرك السيارة.	ساخن عن طريق بذل شغل شغل. (غير تلقائي من بارد إلى حار) مثل: الثلاجة.	عن طريق بذل شغل وفي اتجاهين متعاكسين. مثل: المكيف. شوفي الرسمة في الدفتر حقت البيت
---	--	---

**الانتروبي** مقياس للفوضى في النظام.

**قانون الديناميكا الثاني** ينص على ان العمليات الطبيعية تجري في اتجاه المحافظة على الانتروبي الكلي أو زيادته في النظام.

**قانون الانتروبي:**  $\Delta S = \frac{Q}{T}$  = كمية الطاقة الحرارية, T = درجة الحرارة ومقاسه دائما بالكلفن.

الوحدة: j/k

**العوامل المؤثرة في الانتروبي:** درجة الحرارة, الشغل (إذا تغيرت درجة الحرارة). يتناسب الانتروبي طرديا مع الحرارة.