

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْعِلْمُ بَلَّغَ قَوْمًا ذِرْوَةَ الشَّرَفِ  
وَصَاحِبُ الْعِلْمِ مَحْفُوظٌ مِنَ الْخَرَفِ  
يَا صَاحِبَ الْعِلْمِ مَهْلًا لَا تُدْنِسْهُ  
بِالْمُؤَبَقَاتِ فَمَا لِلْعِلْمِ مِنْ خَلْفِ  
الْعِلْمُ يَرْفَعُ بَيْتًا لَا عِمَادَ لَهُ  
وَالْجَهْلُ يَهْدِمُ بَيْتَ الْعِزِّ وَالشَّرَفِ

◀ الوحدة الأولى :

# الزخم الخطي

## والتصادمات

← الدرس الأول :

### الزخم الخطي والدفع

← الدرس الثاني :

### التصادمات

## الدرس الأول

# الزخم الخطي والدفع

## ◀ الزخم الخطي :

← الزخم الخطي [ كمية التحرك ] (P) : " كمية فيزيائية متجهة تمثل ناتج ضرب كتلة الجسم في سرعته المتجهة " .

$$P = mv$$

حيث :

P : الزخم الخطي [kg. m/s]

m : كتلة الجسم [kg]

v : سرعة الجسم [m/s]

💡 **تنبيه :** الزخم الخطي كمية فيزيائية متجهة له نفس اتجاه السرعة .

## أسئلة :

(1) ما هي العوامل التي يعتمد عليها الزخم الخطي ؟

← 1- كتلة الجسم (طردياً)

2- سرعة الجسم (طردياً)

(2) **فسّر :**

أ) " يُعتبر الزخم الخطي مقياساً لممانعة الجسم لتغيير حالته الحركية " ؟

← لأنه كلما زاد الزخم الخطي للجسم ازداد مقدار القوة اللازم التأثير بها في الجسم لتغيير حالته الحركية .



ب) " يتغير زخم المركبات الزراعية التي تسير بسرعة ثابتة في أثناء حصادها للمحصول وتخزينه داخلها " ؟

← لأن كتلتها تزيد ، والعلاقة بين الكتلة و الزخم طردية ؛ فيزداد الزخم .

ج) ماذا نعني بقولنا " إن زخم جسم ( $8 \text{ kg.m/s}$ ) " ؟

← أي أن قوة خارجية أثرت في جسم كتلته ( $8 \text{ kg}$ ) ؛ فتحرّك بسرعة مقدارها ( $1 \text{ m/s}$ ) .

### أمثلة :

1) ركل لاعب كرة قدم كتلتها ( $440 \text{ g}$ ) باتجاه المرمى الذي يقع إلى جهة الشرق ، إذا علمت أن الكرة تحركت لحظة ركلها بسرعة ( $25 \text{ m/s}$ ) ؛ فجد الزخم الخطي للكرة .

2) سيارة كتلتها طن واحد ، احسب :

أ) زخمها الخطي حينما تتحرّك بسرعة ( $20 \text{ m/s}$ ) نحو الشمال .

ب) زخمها الخطي إذا توقفت ثم تحركت نحو الجنوب بسرعة ( $30 \text{ m/s}$ ) .

ج) التغيّر في زخم السيارة .

3) متى يمكن أن يكون الزخم الخطي لشاحنة كتلتها (10000 kg) مساوياً للزخم الخطي

لشخص كتلته (48 kg) ينزلق فوق زلاّجة كتلتها (2 kg) ؟

4) جسم كتلته (m) ، يتحرك بسرعة (v) ، ماذا يحدث لزخم هذا الجسم في الحالات الآتية :

أ) إذا أصبحت سرعة الجسم ثلاثة أمثال ما كانت عليه .

ب) إذا أصبحت سرعة الجسم مثلي ما كانت عليه ، ونقصت كتلته إلى نصف ما كانت عليه .

منصة أساس التعليمية

## ■ الزخم الخطي والقانون الثاني لنيوتن في الحركة :

← لتغيير الزخم الخطي للجسم يلزم التأثير فيه بقوة محصلة ، ويمكن إعادة صياغة قانون نيوتن

الثاني للربط بين زخم الجسم الخطي والقوة المحصلة كما يلي :

$$\Sigma F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

حيث :

$\Sigma F$  : القوة المحصلة [N]

$\Delta P$  : التغير في الزخم الخطي [kg.m/s]

$\Delta t$  : الزمن [s]

## أسئلة :

(1) اكتب نص قانون نيوتن الثاني معتمداً على العلاقة السابقة .

← " المعدّل الزمني لتغير الزخم الخطي لجسم  $\left(\frac{\Delta P}{\Delta t}\right)$  يساوي القوة المحصلة المؤثرة فيه " .

(2) ما العلاقة بين القوة المحصلة المؤثرة في جسم ومعدّل تغير زخمه الخطي ؟

← طردية .

(3) لماذا تُعدّ الصيغة  $(F = \frac{\Delta P}{\Delta t})$  صيغة عامة لقانون نيوتن الثاني ؟

← لأنه يمكن تطبيقها في حال ثبات كتلة الجسم المتحرك أو تغيرها .

## ■ العلاقة بين الزخم الخطي والدفع :

← الدفع (I) : كمية فيزيائية متجهة تمثل ناتج ضرب القوة المحصلة المؤثرة في الجسم في زمن تأثيرها .

$$I = \sum F \Delta t$$

حيث :

I : الدفع [N.s]

$\sum F$  : القوة المحصلة [N]

$\Delta t$  : زمن تأثير القوة [s]

⚡ **تنبيه :** الدفع كمية فيزيائية متجهة له نفس اتجاه القوة المحصلة .

**سؤال :** ما هي العوامل التي يعتمد عليها الدفع ؟

← (1) القوة المحصلة المؤثرة في الجسم (طردياً) .

(2) زمن تأثير القوة (طردياً) .

**مثال :** ركل لاعب كرة قدم بقوة (40 N) غرباً ، إذا كان زمن تلامس قدمه مع الكرة (0.1 s) ؛

فجد دفع قدم اللاعب على الكرة .

← مبرهنة (الزخم الخطي – الدّفع) : " دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم يساوي التغيّر في زخمه الخطي " .

$$I = \Delta P$$

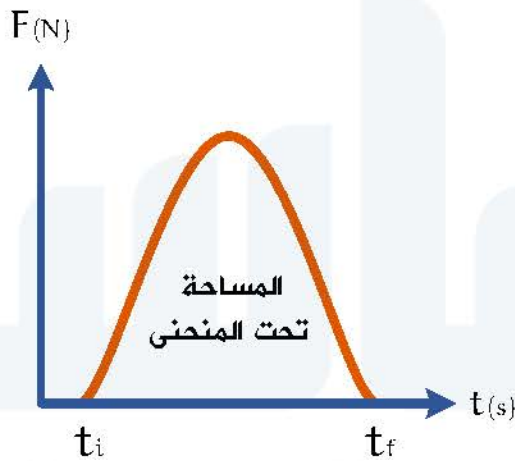
حيث :

$I$  : الدّفع  $[N \cdot s]$

$\Delta P$  : التغير في الزخم الخطي  $[kg \cdot m/s]$

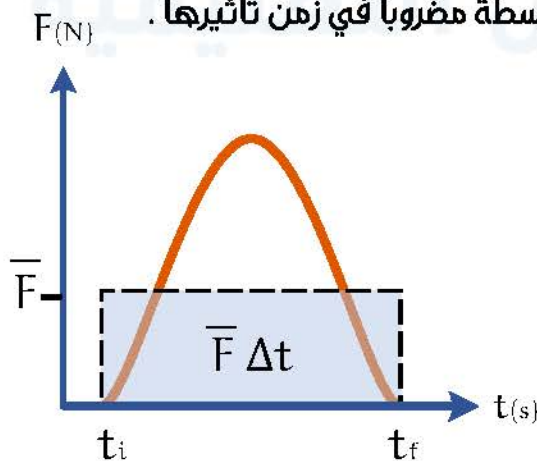
■ يمكن حساب الدفع الناتج عن قوة متغيرة بطريقتين :

الأولى : عن طريق منحنى (القوة – الزمن) :



$$I = \text{المساحة تحت المنحنى}$$

الثانية : عن طريق استخدام مقدار القوة المتوسطة مضروباً في زمن تأثيرها .



$$I = \bar{F} \Delta t$$

تذكّر: القوة المتوسطة هي " القوة المحصلة الثابتة التي إذا أثرت في الجسم لفترة زمنية

أحدثت الدفع نفسه الذي تحدثه القوة المتغيرة أثناء الفترة الزمنية نفسها " .

## أسئلة :

1) ما العلاقة بين دفع قوة محصلة مؤثرة في جسم والتغير في زخمه الخطي ؟

← طردية ، ولهما نفس الاتجاه .

## 2) فسر :

أ) " عند دفع عربة تسوق بقوة ثابتة يزداد زخمها الخطي بزيادة زمن تأثير القوة فيها " ؟

← لأن زيادة زمن التأثير - مع ثبات القوة - يزيد مقدار الدفع ؛ فيزداد الزخم .

ب) " يثني المظلي رجله لحظة ملاسة قدميه سطح الأرض " ؟

← لأن مقدار التغير في الزخم ثابت ، وثني المظلي رجله يجعل التغير في زخمه الخطي يستغرق

فترة زمنية أطول ؛ فيقل مقدار القوة المحصلة المؤثرة فيه .

3) بحسب علاقة تعريف الزخم الخطي ( $P = mv$ ) تكون وحدة قياسه  $[kg \cdot m/s]$  ، وبحسب

مبرهنة (الزخم الخطي - الدفع) تكون وحدة قياسه  $[N \cdot s]$  ؛ أثبت أن هاتين الوحدتين

متكافئتان .

←



### أمثلة :

1) سائق سيارة سباق كتلته (60 kg) يقود سيارته بسرعة (25 m/s) ، شاهد حيواناً على مضمار السباق ؛ فداس على الكوابح ليتفادى الاصطدام به ؛ فاندفع إلى الأمام ، إلا أن حزام الأمان أوقف جسمه عن الحركة خلال (0.4 s) ؛  
أ) احسب متوسط القوة التي أثّر بها حزام الأمان في جسم السائق .

ب) كم يكون متوسط القوة التي ستؤثر في جسم السائق لو لم يضع السائق حزام الأمان ، علماً بأنه سيتوقف عند ارتطام جسمه بمقود السيارة خلال (0.001 s) ؟

2) تؤثر قوة في جسم كتلته (4 kg) يتحرك بسرعة (5 m/s) مدةً زمنية مقدارها (10 s) ؛ فتصبح سرعته (8 m/s) ، احسب :

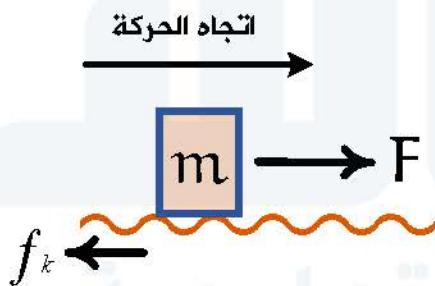
أ) التغير في الزخم الخطي للجسم .

ب) الدفع الذي تلقاه الجسم .

ج) مقدار متوسط القوة المؤثرة فيه .

3) أثرت قوة ( $F$ ) مقدارها ( $50\text{ N}$ ) في جسم كتلته ( $4\text{ kg}$ ) ؛ فحركته على سطح خشن أفقياً نحو الشرق كما في الشكل المجاور ، إذا علمت أن قوة الاحتكاك المؤثرة في الجسم ( $2\text{ N/kg}$ ) من كتلته ، والقوة أثرت مدّة ( $5\text{ s}$ ) ؛ فجد :

أ) دفع القوة ( $F$ ) .



ب) دفع قوة الاحتكاك ( $f_k$ ) .

ج) سرعة الجسم عند نهاية تلك الفترة ، علماً بأن الجسم بدأ حركته من السكون .

- 4) وضع صندوق كتلته (100 kg) في شاحنة تتحرك شرقاً بسرعة مقدارها (20 m/s) ، إذا ضغط السائق على دواسة المكابح فتوقفت الشاحنة خلال (0.5 s) من لحظة الضغط على المكابح ؛ فاحسب مقدار ما يأتي :
- أ) الزخم الخطي الابتدائي للصندوق .



- ب) الدفع المؤثر في الصندوق .

- ج) قوة الاحتكاك المتوسطة اللازم تأثيرها في الصندوق لمنع من الانزلاق .

- 5) يركل لاعب كرة قدم ساكنة كتلتها (0.45 kg) ؛ فتنتلق بسرعة (30 m/s) في اتجاه محور (+x) ، إذا علمت أن القوة المتوسطة المؤثرة في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب تساوي (135 N) ؛ فاحسب مقدار ما يأتي - بإهمال وزن الكرة مقارنة بالقوة المؤثرة فيها - :
- أ) زخم الكرة عند لحظة ابتعادها عن قدم اللاعب .

ب) زمن تلامس الكرة مع قدم اللاعب .

ج) الدفع المؤثر في الكرة خلال زمن تلامسها مع قدم اللاعب .

6) يوضح الشكل المجاور التمثيل البياني لمنحنى  $(F - t)$  ، جد مقدار الدفع الذي تحدثه القوة في الفترة الزمنية  $(t = 1 \text{ s})$  إلى  $(t = 5 \text{ s})$  .



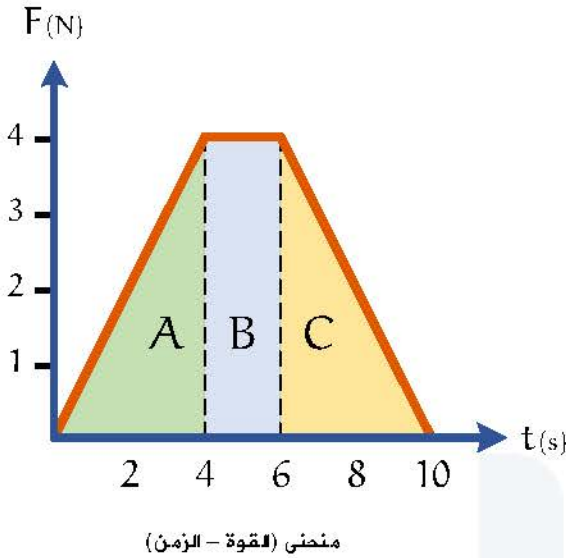
7) تؤثر قوة محصلة باتجاه محور (+x) في صندوق ساكن كتلته (3 kg) مدّة زمنية مقدارها

(10 s)، إذا علمت أن مقدار القوة المحصلة يتغير بالنسبة للزمن كما هو موضح في منحنى

(القوة - الزمن)؛ فاحسب مقدار ما يأتي :

أ) الدفع المؤثر في الصندوق خلال الفترة الزمنية

لتأثير القوة المحصلة، وحدد اتجاهه .



ب) السرعة النهائية للصندوق في نهاية الفترة الزمنية لتأثير القوة المحصلة، وحدد اتجاهها .

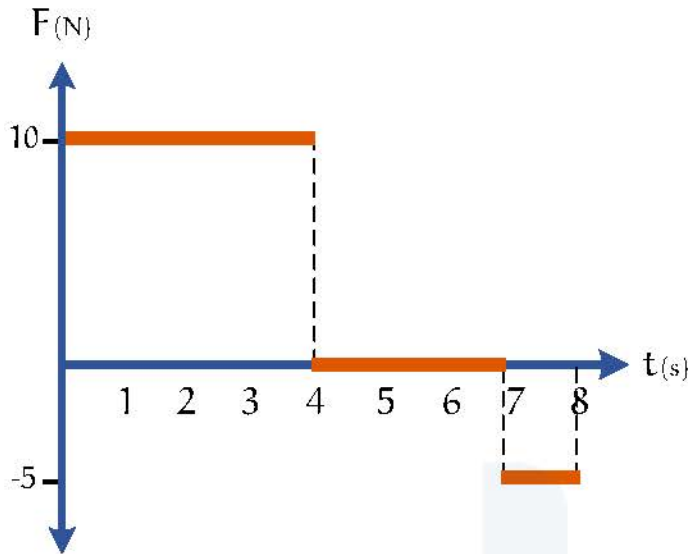
ج) القوة المتوسطة المؤثرة في الصندوق خلال هذه الفترة الزمنية .

**تحدي:** يستقر جسم كتلته (5 kg) على سطح أفقي أملس ، فإذا تحرك هذا الجسم تحت

تأثير قوة متغيرة مع الزمن حسب الرسم البياني المجاور ، أجب عما يلي :

أ) الدفع المؤثر في الجسم خلال الفترة

الزمنية لتأثير القوة المحصلة .



ب) عند أي ثانية من بداية حركته تكون سرعته (6 m/s) ؟

منصة أساس التعليمية



## ◀ حفظ الزخم الخطي :

◀ قانون حفظ الزخم الخطي : " عندما يتفاعل جسمان أو أكثر في نظام معزول ؛ يظل الزخم الخطي الكلي للنظام ثابتاً " .

الزخم الخطي الكلي للنظام بعد التصادم = الزخم الخطي الكلي للنظام قبل التصادم

$$m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf}$$

حيث :

$m_A$  : كتلة الجسم الأول [kg]

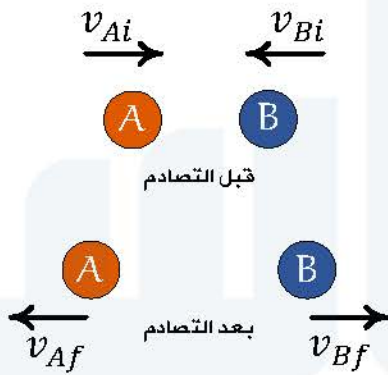
$m_B$  : كتلة الجسم الثاني [kg]

$v_{Ai}$  : سرعة الجسم الأول الابتدائية [m/s]

$v_{Bi}$  : سرعة الجسم الثاني الابتدائية [m/s]

$v_{Af}$  : سرعة الجسم الأول النهائية [m/s]

$v_{Bf}$  : سرعة الجسم الثاني النهائية [m/s]



## أسئلة :

(1) ماذا نعني بـ " النظام المعزول " ؟

◀ هو النظام الذي تكون القوة المحصلة الخارجية المؤثرة فيه صفراً ، وتكون القوى المؤثرة قوى داخلية فقط .

(2) متى يمكننا إهمال القوى الخارجية المؤثرة في نظام لكي نعدّه نظاماً معزولاً ؟

◀ إذا كانت القوى الخارجية المؤثرة فيه صغيرة جداً مقارنةً بالقوى الداخلية المؤثرة فيه .

3) شاحنتان في وضع تصادم مباشر كما في الشكل المجاور ، من معرفتك بقانون حفظ الزخم

الخطي ، أي الشاحنتين :

أ) تؤثر فيها قوة أكبر ؟



ب) يؤثر فيها دفع أكبر ؟

ج) يحدث لها تغير أكبر في الزخم ؟

د) يحدث لها تغير أكبر في السرعة ؟

4) أثبت قانون حفظ الزخم الخطي معتمداً على قانون نيوتن الثالث في الحركة .

5) فيسر : " قدرة الصواريخ المثبتة على المركبات الفضائية على تغيير مقدار واتجاه سرعة هذه

المركبات على الرغم من عدم وجود هواء في الفضاء تدفعه الغازات الخارجة منها " ؟

بسبب قانون حفظ الزخم الخطي ؛ حيث يكون الزخم الكلي الابتدائي للنظام

(المركبة - الغازات) صفراً ، ولكي يبقى كذلك عند اندفاع الغازات إلى الخلف فلا بدّ

من تحرك المركبة إلى الأمام بحيث يكون الزخم الكلي النهائي للنظام صفراً .

6) شخص يقف على أرض جليدية ، إذا رمى هذا الشخص كتاباً إلى الأمام وبشكل أفقي ؛ فصف حركته بعد الرمي .

← سيرتد إلى الخلف بعكس حركة الكتاب ، بناءً على قانون حفظ الزخم الخطي ، لكن سرعته ستكون أقل من سرعة الكتاب بسبب كتلة الشخص الكبيرة .

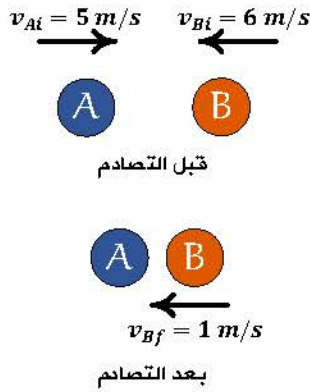
### أمثلة :

1) تطلق بندقية كتلتها (4 kg) رصاصة كتلتها (15 g) بسرعة (400 m/s) ، جد السرعة التي ترتد بها البندقية .

2) شاحنة كتلتها (3000 kg) تسير بسرعة (10 m/s) ، اصطدمت بسيارة ساكنة كتلتها (1000 kg) فحركتها بسرعة (15 m/s) باتجاه حركتها ، ما مقدار سرعة الشاحنة بعد التصادم ؟ ( اعتبر النظام معزولاً )



- 3) كرة (A) كتلتها (2 kg) تتحرك نحو الشرق بسرعة (5 m/s) ، اصطدمت بكرة أخرى (B) كتلتها (3 kg) تتحرك نحو الغرب بسرعة (6 m/s) ، إذا علمت أن الكرة (B) استمرت بعد التصادم بالحركة نحو الغرب بسرعة (1 m/s) ؛ فاحسب سرعة الكرة (A) بعد التصادم مقداراً واتجهاً .

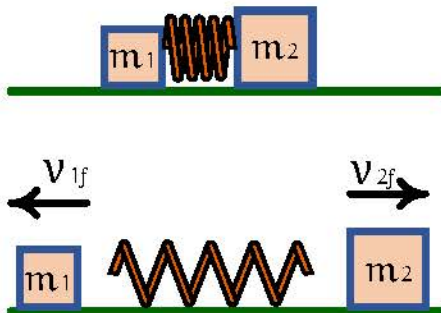


- 4) مدفع ساكن كتلته ( $2 \times 10^3 \text{ kg}$ ) فيه قذيفة كتلتها (50 kg) ، أطلقت القذيفة أفقياً من المدفع بسرعة ( $1.2 \times 10^2 \text{ m/s}$ ) باتجاه محور (+x) ، احسب مقدار ما يأتي :
- أ) الدفع الذي تؤثر به القذيفة في المدفع ، وحدد اتجاهه .

ب) سرعة ارتداد المدفع .

- 5) تتحرك الكرة (A) باتجاه محور (+x) بسرعة مقدارها  $(4 \text{ m/s})$  نحو الكرة (B) الساكنة ، بعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة مقدارها  $(1.5 \text{ m/s})$  باتجاه محور (+x) ، إذا علمت أن  $(m_A = 1 \text{ kg})$  و  $(m_B = 2 \text{ kg})$  ؛ فاحسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم وحدد اتجاهها .

- 6) وضعت إسلام نابضاً خفيفاً مضغوطاً بين صندوقين كتليهما  $(m_1)$  و  $(m_2)$  موضوعين على سطح أفقي أملس ، لحظة إفلات إسلام النابض ؛ تحرك الصندوقان باتجاهين متعاكسين ، إذا علمت أن  $(m_2 = 2 m_1)$  ؛ فجد نسبة مقدار سرعة الصندوق الأول النهائية إلى مقدار سرعة الصندوق الثاني النهائية لحظة ابتعاد كلٍ منهما عن النابض .



## الدرس الثاني

# التصادمات



## ◀ الزخم الخطي والطاقة الحركية في التصادمات :

◀ التصادم : " اقتراب جسمين من بعضهما بحيث يؤثر كلٌ منهما في الآخر " .

💡 سؤال : هل يُشترط في التصادم تلامس الجسمين ؟

◀ لا ؛ كما في تصادم البروتون بجسيم ألفا ( $He_2^4$ ) .

◀ الطاقة الحركية (KE) : " الطاقة المرتبطة بحركة الجسم عند انتقاله من مكان إلى آخر " .

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

حيث :

KE : الطاقة الحركية [J]

m : كتلة الجسم [kg]

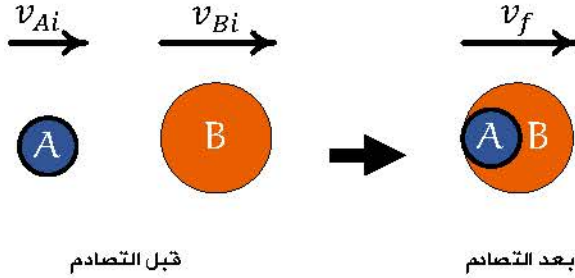
v : سرعة الجسم [m/s]



**تنبيه:** يمكن حساب سرعة النظام النهائية في التصادم " عديم المرونة " بالعلاقة :

$$v_f = \frac{m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi}}{m_A + m_B}$$

حيث :



$m_A$  : كتلة الجسم الأول  $[kg]$

$m_B$  : كتلة الجسم الثاني  $[kg]$

$v_{Ai}$  : سرعة الجسم الأول الابتدائية  $[m/s]$

$v_{Bi}$  : سرعة الجسم الثاني الابتدائية  $[m/s]$

$v_f$  : سرعة النظام النهائية  $[m/s]$

■ البندول القذفي : " أداة تُستخدم لقياس مقدار سرعة مقذوف ؛ مثل الرصاصة " .

← تُقاس سرعة الرصاصة بناءً على حفظ الطاقة الميكانيكية ، حيث :

$$v_{1A} = \left( \frac{m_1 + m_2}{m_1} \right) \sqrt{2gh}$$

حيث :

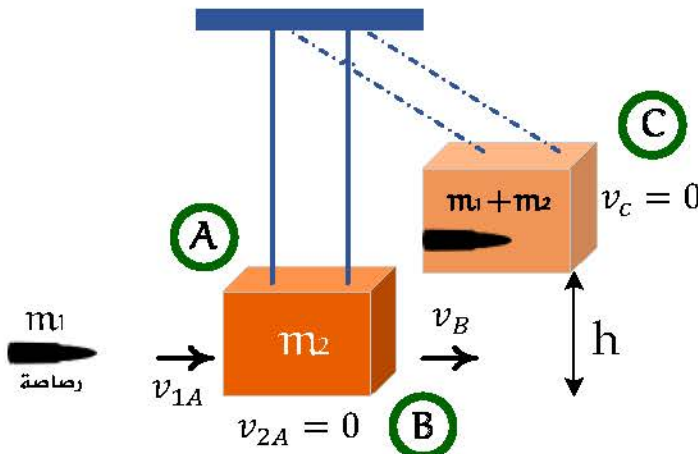
$m_1$  : كتلة الرصاصة  $[kg]$

$m_2$  : كتلة قطعة الخشب  $[kg]$

$v_{1A}$  : سرعة الرصاصة قبل التصادم  $[m/s]$

$g$  : تسارع الجاذبية الأرضية  $[m/s^2]$

$h$  : الإزاحة الرأسية للنظام  $[m]$



**سؤال :** متى يكون التصادم في بُعد واحد؟

← إذا توفرت الشروط الآتية :

- (1) أن يتحرك الجسمان قبل التصادم على امتداد الخط المستقيم نفسه .
- (2) أن يتصادم الجسمان رأساً برأس بحيث تبقى حركتهما بعد التصادم على المسار المستقيم نفسه .

**فسر :** " إذا تُركت كرة مطاطية تسقط سقوطاً حراً على أرض الملعب ؛ فإنها لا ترتد إلى

الارتفاع الذي سقطت منه " ؟

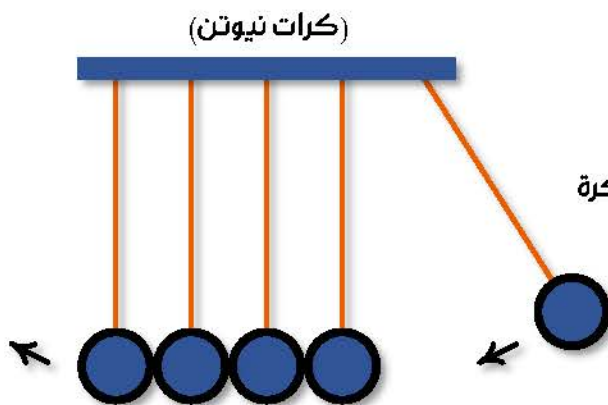
← لأن تصادم الكرة المطاطية بالأرض تصادم غير مرن ؛ مما يعني أن الكرة ستفقد جزءاً من طاقتها الحركية .

**فكر :** في لعبة كرات نيوتن ؛ عند سحب إحدى الكرات الفلزية الخارجية نحو الخارج ثم إفلاتها

فإنها تصطدم تصادماً مرناً بالكرة التي كانت مجاورة لها ، وبدلاً من حركة هذه الكرة

نلاحظ أن الكرة الخارجية على الجانب الآخر تقفز في الهواء :

أ ( فسر ما الذي حدث .



← انتقل الزخم والطاقة الحركية من كرة إلى أخرى عن

طريق التصادمات التي تحدث بينها حتى تصل إلى الكرة

الخارجية على الجانب الآخر فتقفز في الهواء بناءً

على قانون حفظ الزخم وحفظ الطاقة الحركية .

ب) ماذا سيحدث إذا سُحبت كرتان من الجانب الأيسر جانبياً ثم أُفلتا معاً ؟

← ستقفز الكرتان على الجانب الآخر في الهواء .

ج) ماذا سيحدث إذا رُفعت الكرتان الخارجيتان كلتاهما على الجانبين إلى الارتفاع نفسه وأُفلتا

في اللحظة نفسها ؟

← ستستمر كل منهما بالقفز إلى الارتفاع نفسه معاً .

**علل :** " تكون الطاقة الحركية المفقودة في التصادم عديم المرونة كبيرة جداً " ؟

← لأن الأجسام بعد التصادم تتشوه وتتلاحم مع بعضها البعض وتفقد طاقتها أثناء

التشوه على شكل حرارة أو صوت .

### أمثلة :

1) تتحرك الكرة (A) باتجاه محور (+x) بسرعة (6 m/s) ؛ فتتصادم رأساً برأس بكرة أخرى (B)

أمامها تتحرك باتجاه محور (+x) بسرعة (3 m/s) ، بعد التصادم تحركت الكرة (B) بسرعة

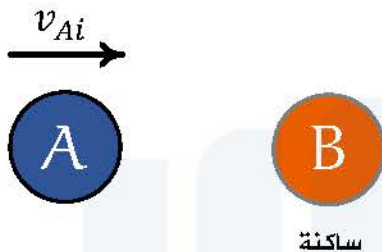
مقدارها (5 m/s) بالاتجاه نفسه قبل التصادم ، إذا علمت أن (m<sub>B</sub> = 3 kg) و (m<sub>A</sub> = 5 kg) ؛

فأجب عما يأتي :

أ) احسب مقدار سرعة الكرة (A) بعد التصادم ، وحدد اتجاهها .

ب) حدد نوع التصادم .

2) كرتا بلياردو كتلة كلٍ منهما (0.16 kg) ، تتحرك الكرة (A) باتجاه محور (+x) بسرعة (2 m/s) نحو الكرة (B) الساكنة وتتصادمان رأساً برأس تصادمًا مرئيًا ، انظر الشكل المجاور ، احسب مقدار سرعة الكرة (B) بعد التصادم و حدد اتجاهها .



3) أطلق سعدٌ سهمًا كتلته (0.03 kg) أفقيًا باتجاه بندول قذفي كتلته (0.72 kg) ؛ فاصطدم به والتحما معاً ، بحيث كان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له يساوي (20 cm) ، باعتبار تسارع السقوط الحر (10 m/s<sup>2</sup>) ؛ أجب عما يأتي :

أ) أي مراحل حركة النظام المكوّن من البندول والسهم يكون فيها الزخم الخطي محفوظاً؟

← مرحلة التصادم عديم المرونة .



(ب) أي مراحل حركة النظام تكون فيها الطاقة الميكانيكية محفوظة ؟

← في مرحلتين :

1- قبل التصادم .

2- بداية حركتهما معاً بعد التصادم مباشرة وحتى وصولهما إلى أقصى ارتفاع .

(ج) احسب مقدار السرعة الابتدائية للسهم .

4) عربة قطار (A) كتلتها  $(1.8 \times 10^3 \text{ kg})$  تتحرك في مسار أفقي مستقيم لسكة حديد بسرعة مقداره  $(3 \text{ m/s})$  باتجاه محور  $(+x)$  ، فتصطدم بعربة أخرى (B) كتلتها  $(2.2 \times 10^3 \text{ kg})$  تقف على المسار نفسه ، كما هو موضح في الشكل المجاور ، أجب عما يأتي :



(أ) احسب مقدار سرعة عربتي القطار بعد التصادم ، وحدد اتجاههما .



ب) ما نوع التصادم ؟ وهل الطاقة الحركية محفوظة في هذا النوع من التصادمات ؟  
أبّر إجابتي .

5) أطلق مُحَقِّق رصاصةً كتلتها  $(0.03 \text{ kg})$  أفقيًا باتجاه بندول قذفي كتلته  $(0.97 \text{ kg})$  فاصطدمت به والتصحا معاً ، فكان أقصى ارتفاع وصل إليه البندول فوق المستوى الابتدائي له  $(45 \text{ cm})$  ، احسب مقدار السرعة الابتدائية للرصاصة .

منصة أساس التعليمية

## فهمت الدرس ؟ اختبر نفسك

1 كرة كتلتها (2 kg) تتحرك نحو اليمين بسرعة (4 m/s) ، لحقت بها كرة أخرى كتلتها (5 kg) تتحرك بسرعة (6 m/s) ، فتصادمتا ، واستمرت الكرة الثانية متحركة نحو اليمين بسرعة (5.2 m/s) .. جد :

أ) سرعة الكرة الأولى بُعيد لحظة التصادم مباشرة .

ب) هل هذا التصادم مرن ؟

2 تحركت كرة كتلتها (2 kg) بسرعة (9 m/s) شرقاً ، فتصادمت مع أخرى ساكنة كتلتها (4 kg) ، فإذا كان التصادم مرناً وفي بُعدٍ واحد ؛ فجد سرعة الكرتين بعد التصادم مباشرة .

3 سيارة كتلتها (500 kg) تسير بسرعة (36 km/h) باتجاه الغرب ، تصادمت رأساً برأس مع شاحنة كتلتها (1500 kg) وتسير بسرعة (72 km/h) باتجاه الشرق ، فالتصتا معاً ، جد ما يأتي :

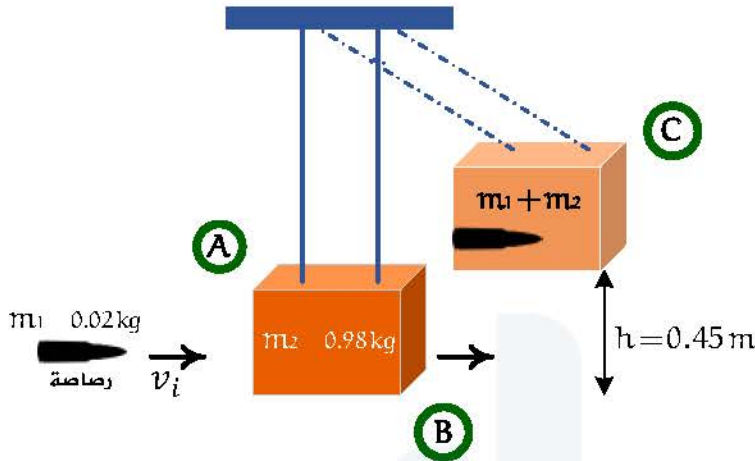
أ) السرعة المشتركة لهما بعد الالتحام .

ب) التغيّر في طاقة حركة كلّ منهما .

ج) فسّر عدم تساوي التغيّر في الطاقة الحركية لكلٍ من السيارة والشاحنة .

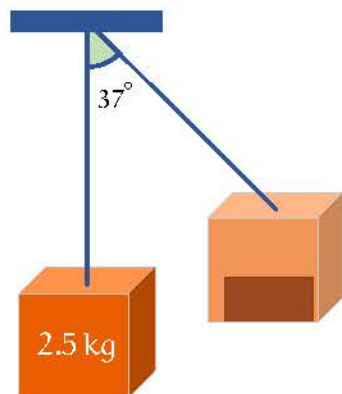
4 أطلقت قذيفة كتلتها (60 kg) بسرعة (500 m/s) مِنْ مدفع ساكن كتلته (2000 kg) ، جد السرعة التي يتحرك بها المدفع بُعيد إطلاق القذيفة .

5 **مصباح** رصاصة كتلتها  $(0.02 \text{ kg})$  تتحرك بسرعة أفقية مقدارها  $(v_i)$  نحو قطعة خشبية ساكنة كتلتها  $(0.98 \text{ kg})$  معلقة بحبلين ؛ فتصطدم بها وتستقر داخلها ، وترتفعان معاً إلى الأعلى مسافة  $(0.45 \text{ m})$  كما في الشكل المجاور ، احسب سرعة الرصاصة قبل التصادمها مع قطعة الخشب .



6 **مصباح** تصادم جسمان تصادماً مرناً ؛ الجسم الأول كتلته  $(2 \text{ kg})$  والثاني ساكن كتلته  $(1.2 \text{ kg})$  ، أثبت أنه بعد التصادم يتحرك الجسم الثاني بسرعة تساوي خمسة أمثال سرعة الأول .

7 **مصباح** يبين الشكل المجاور جسماً كتلته  $(0.5 \text{ kg})$  يتحرك على سطح أفقي أملس بسرعة  $(v)$  فيلتحم مع جسم آخر ساكن كتلته  $(2.5 \text{ kg})$  على نفس السطح ومربوط بخيط طوله  $(1 \text{ m})$  ، ثم تحرك الجسمان معاً حتى أصبح الخيط يميل عن موضع الاتزان بزاوية  $(37^\circ)$  ، احسب :



- سرعة الجسمين معاً بعد التصادم مباشرة .
- سرعة الجسم الأول قبل التصادم مباشرة .
- مقدار الطاقة الحركية المفقودة .



8 تنزلق كرة كتلتها (4 kg) من السكون من ارتفاع (3.2 m) على مسار أملس ، وعند

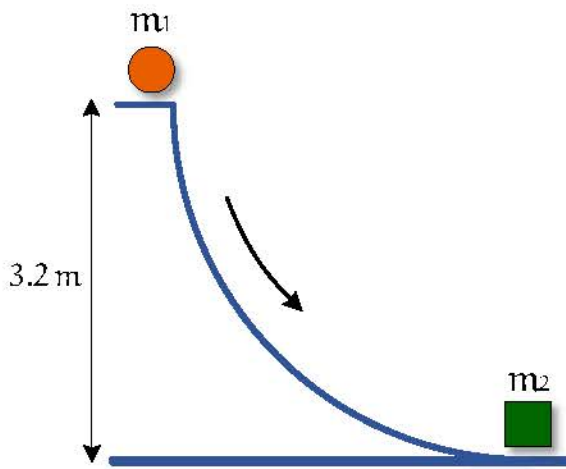
أسفل المسار تصطدم تصادماً مرناً بجسم آخر ساكن كتلته (8 kg) ، جد :

أ) سرعة الجسم ( $m_2$ ) بعد التصادم

مباشرة .

ب) أقصى ارتفاع تصل إليه الكتلة ( $m_1$ )

بعد التصادم مباشرة .



منصة أساس التعليمية

# انتهت الوحدة الأولى

أسأل الله لكم النجاح  
والتوفيق

◀ الوحدة الثانية :

الحركة

الدورانية

← الدرس الأول :

العزم والاتزان السكوني

← الدرس الثاني :

ديناميكا الحركة الدورانية

← الدرس الثالث :

الزخم الزاوي



## الدّرس الأول

# العزم والاتزان السكوني

## ◀ العزم :

◀ الحركة الدورانية : " حركة جسم حول محور ثابت تحت تأثير قوة أو أكثر " .

سؤال : اذكر بعض الأمثلة على الحركة الدورانية .

◀ (1) حركة الأبواب .

(2) حركة البراغي والمفكات .

(3) حركة إطارات السيارات .

(4) حركة شفرات المراوح .

◀ العزم ( $\tau$ ) : " مقياس لمقدرة القوة على إحداث دوران لجسم " .

$$\tau = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = r F \sin\theta$$

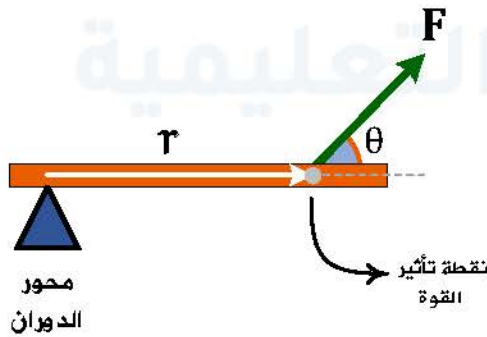
حيث :

$\tau$  : العزم  $[N.m]$

$F$  : القوة المؤثرة في الجسم  $[N]$

$r$  : متجه موقع نقطة تأثير القوة بالنسبة لمحور الدوران  $[m]$

$\theta$  : الزاوية الصغرى المحصورة بين ( $F$ ) و ( $r$ ) .



⚡ **تنبيه :** العزم ( $\tau$ ) كمية متجهة :

■ الحركة الدورانية عكس اتجاه عقارب الساعة  $(\tau = +)$  ◀

■ الحركة الدورانية مع اتجاه عقارب الساعة  $(\tau = -)$  ◀

## أسئلة :

(1) اشتق وحدة قياس العزم .

←

(2) ما هي العوامل التي يعتمد عليها العزم ؟

← 1- متجه الموقع  $(r)$  ← (طردياً)

← 2- القوة المؤثرة  $(F)$  ← (طردياً)

← 3- جيب الزاوية  $(\sin \theta)$  ← (طردياً)

(3) كيف يمكننا فتح باب بأقل قوة ممكنة ؟

← عن طريق التأثير بقوة عمودية على سطح الباب ( $\sin 90 = 1$ ) ، بحيث تكون نقطة تأثير

القوة أبعد ما يمكن عن محور دوران الباب (المفصلات) ← " $r$ " أكبر ما يمكن .

(4) وضح متى ينعدم عزم القوة ؟

← في صورتين :

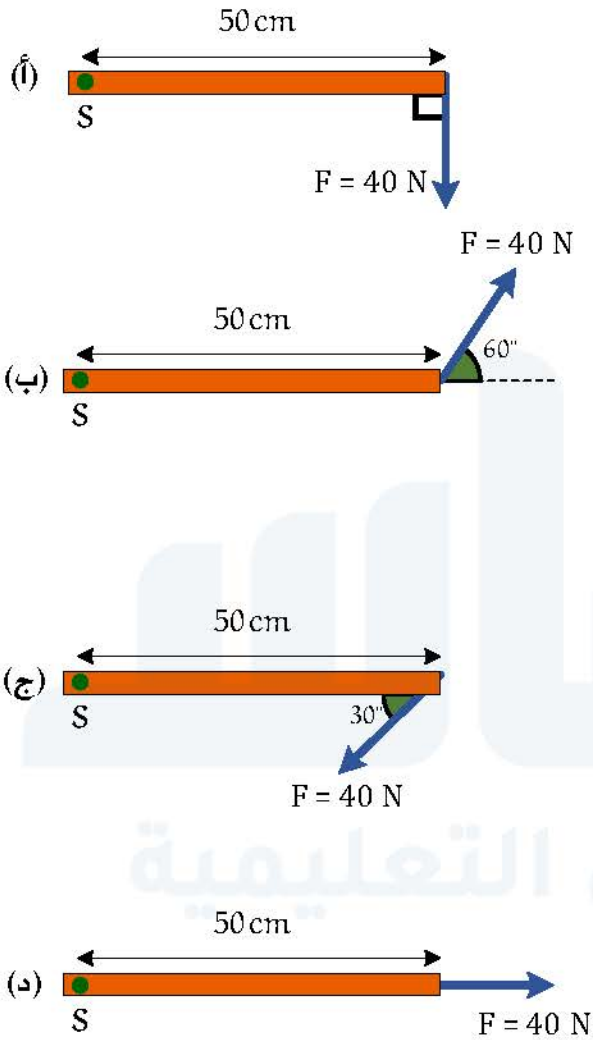
أ) إذا كان متجه القوة المؤثرة موازياً لمتجه موقع نقطة تأثير القوة ( $\sin \theta = 0$ ) .

ب) إذا كانت نقطة تأثير القوة هي محور الدوران ( $r = 0$ ) .

5) يبين الشكل المجاور عصا خشبية قابلة للدوران حول المحور (S) العمودي على مستوى

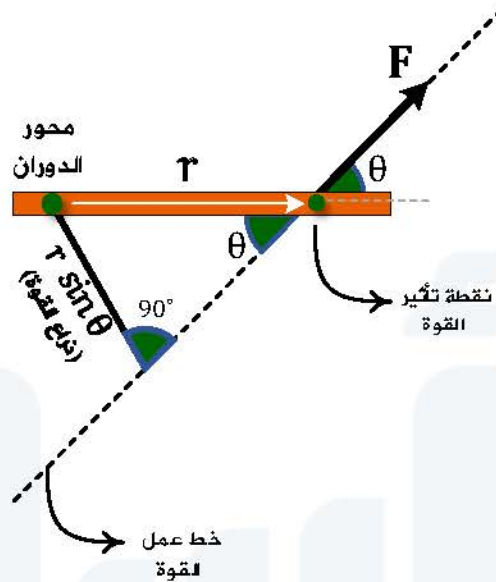
الصفحة ، احسب مقدار عزم القوة واتجاهه حول المحور (S) في كل حالة من الحالات

الموضحة في الشكل .



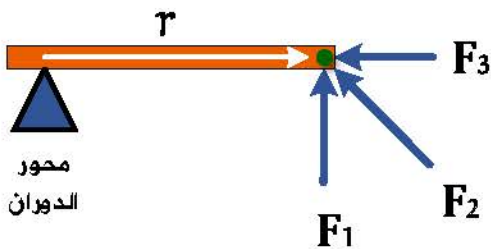
### مفاهيم مهمة :

- خط عمل القوة : هو امتداد متجه القوة .
- ذراع القوة : البعد العمودي بين خط عمل القوة ومحور الدوران .



**تنبيه :** نلاحظ أن مقدار العزم يتناسب طردياً مع طول ذراع القوة .

**سؤال :** يمثل الشكل المجاور تأثير ثلاث قوى متساوية في المقدار في الموقع نفسه ، أي القوى يكون العزم الناتج عنها هو الأكبر ؟ فسر إجابتك .



←  $F_1$  ؛ لأن طول ذراعها  $(r \sin 90 = r)$

هو الأكبر .

← الازدواج : " تأثير قوتين متساويتين مقداراً ومتعاكستين اتجاهًا ، وخطاً عملهما غير متطابقين " .

← عزم الازدواج : " العزم الناتج عن الازدواج " .

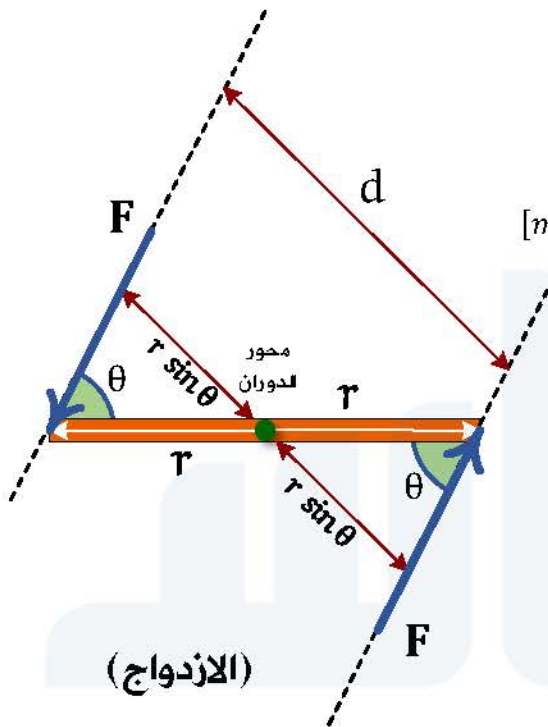
$$\tau_{couple} = Fd$$

حيث :

$\tau_{couple}$  : عزم الازدواج  $[N.m]$

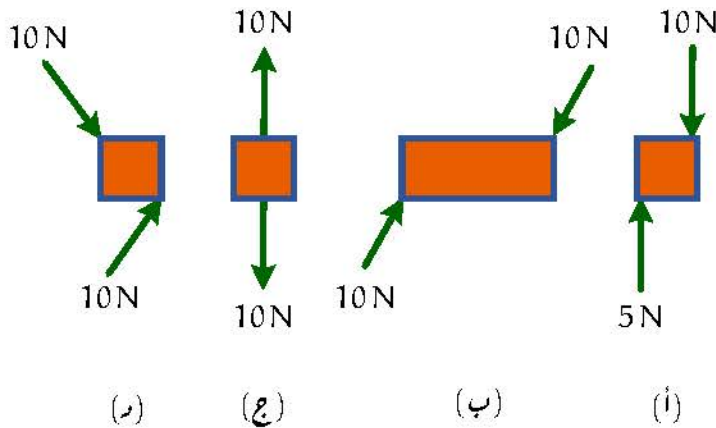
F : مقدار إحدى القوتين  $[N]$

d : البعد العمودي بين خطي عمل القوتين  $(2r \sin \theta)$   $[m]$



أسئلة :

1) في الشكل المجاور : أيّ من أزواج القوى الآتية تُعْثِلُ ازدواجاً ؟ مع بيان السبب .

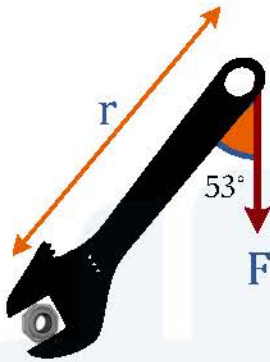




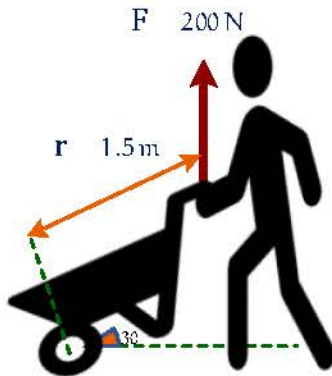
- 2) هل يكون الجسم الواقع تحت تأثير ازدواج في حالة اتزان سكوني ؟ فسر إجابتك .
- ← لا ؛ لأن  $(\sum \tau \neq 0)$  ، ممّا يعني أنّ الجسم سيدور فلا يكون متزاناً دورانياً ؛ فلا يكون متزاناً سكونياً .

### أمثلة :

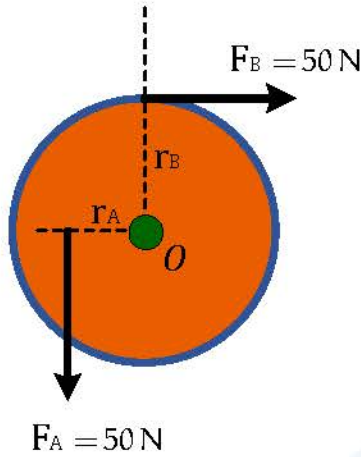
- 1) يستخدم زيد مفتاح شِدِّ طوله (25 cm) لشِدِّ صامولة في دراجة ، حيث أثر بقوة مقدارها  $(4 \times 10^2 \text{ N})$  في طرف مفتاح الشد في الاتجاه الموضح في الشكل المجاور ، احسب مقدار العزم المؤثر في المفتاح وحدد اتجاهه .



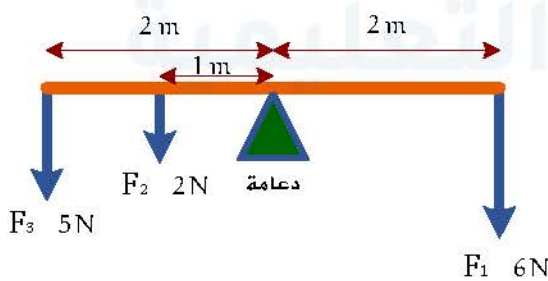
- 2) يدفع عاملٌ عربةً عن طريق التأثير في مقبضي ذراعيها بقوتين مجموعهما  $(F = 2 \times 10^2 \text{ N})$  رأسياً إلى أعلى لرفعهما إلى أعلى بزاوية  $(30^\circ)$  بالنسبة لمحور  $(+x)$  ، إذا علمت أن بُعد كلٍ من مقبضي العربة عن محور الدوران يساوي  $(1.5 \text{ m})$  ؛ فاحسب مقدار عزم القوة المؤثر في العربة حول محور الدوران وحدد اتجاهه .



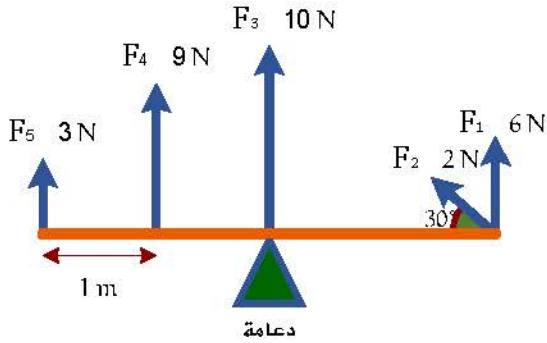
(3) بكرة مصمتة نصف قطرها  $(r_B)$  ، يمر في مركزها  $(O)$  محور دوران عمودي على مستوى الصفحة ، إذا علمت أن القوة  $(F_A)$  تؤثر في البكرة على بُعد  $(r_A = 30 \text{ cm})$  من محور الدوران ، وتؤثر القوة  $(F_B)$  عند حافة البكرة حيث  $(r_B = 50 \text{ cm})$  ، واعتماداً على المعلومات المثبتة في الشكل ؛ فاحسب مقدار العزم المحصل المؤثر في البكرة وحدد اتجاهه .



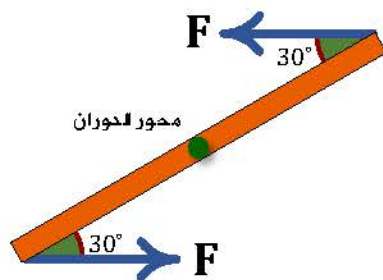
(4) عصا خشبية قابلة للدوران مثبتة من منتصفها ، وتؤثر فيها القوى المبينة في الشكل المجاور ، احسب محصلة العزوم المؤثرة في العصا .



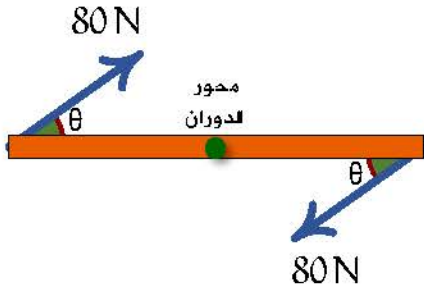
5) لوح خشبي طوله (4 m) قابل للدوران حول محور (O) عند منتصفه ، وتؤثر فيه القوى المبينة في الشكل المجاور ، احسب العزم المحصل لتلك القوى حول المحور (O) .



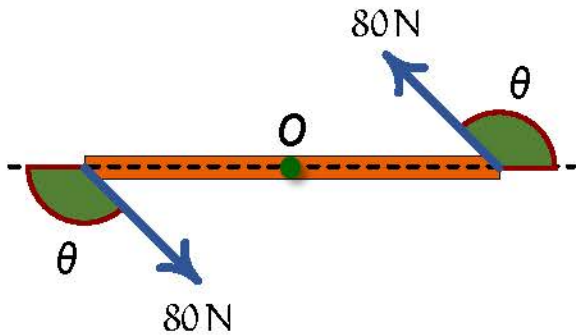
6) يبين الشكل المجاور عصا خشبية طولها (100 cm) قابلة للدوران حول محور عمودي على الصفحة يمر في منتصفها ، تؤثر فيها قوتان قيمة كل منهما (10 N) ، وتميل كل منهما بزاوية (30 °) عن محور العصا ، احسب عزم الازدواج المؤثر في العصا .



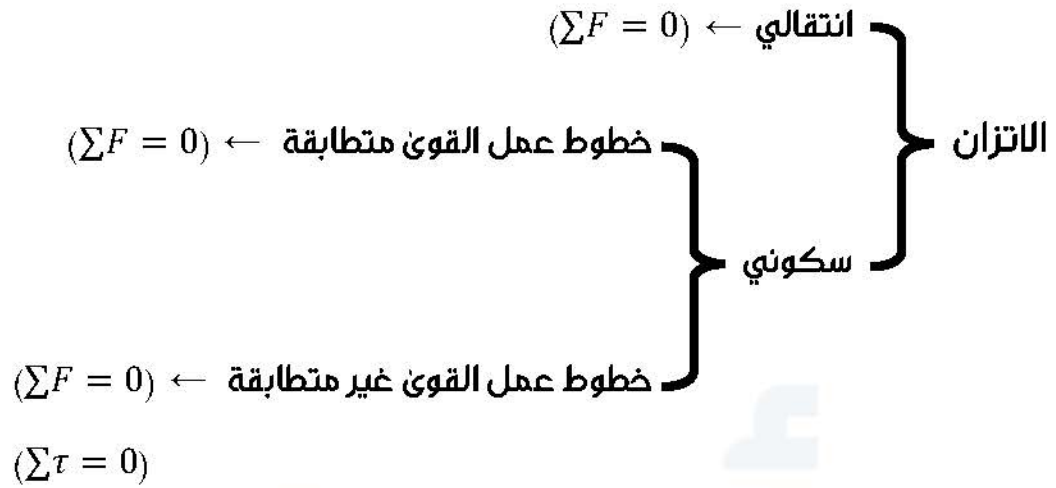
7) قوتان متوازيتان قيمة كلٍ منهما (80 N) ، تؤثران عند طرفي لوح خشبي كما في الشكل المجاور ، إذا كان طول اللوح (2 m) ، والعزم الكلي المؤثر يساوي (80 N.m) ؛ فجد الزاوية ( $\theta$ ) التي يصنعها خط عمل كلٍ من القوتين مع اللوح .



8) مسطرة مترية فلزية قابلة للدوران حول محور ثابت يمر في منتصفها عند النقطة (O) عمودي على مستوى الصفحة كما في الشكل المجاور ، أثر فيها قوتان شكلاً ازدواجاً ، إذا علمت أن مقدار كلٍ من القوتين (80 N) ومقدار الزاوية ( $\theta$ ) يساوي ( $143^\circ$ ) ؛ فاحسب مقدار عزم الازدواج المؤثر في المسطرة وحدد اتجاهه .



## ◀ الاتزان :



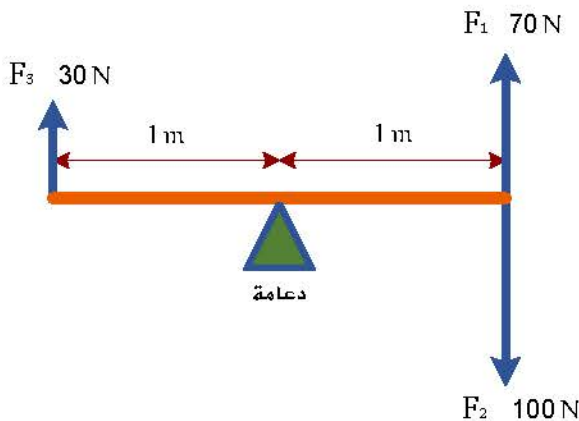
**سؤال :** قارن بين الاتزان السكوني والاتزان الانتقالي من حيث :

القوة المحصلة المؤثرة ، السرعة الخطية ، التسارع الخطي

	القوة المحصلة المؤثرة	السرعة الخطية	التسارع الخطي
الاتزان السكوني	0	0	0
الاتزان الانتقالي	0	ثابتة في خط مستقيم	0

## أمثلة :

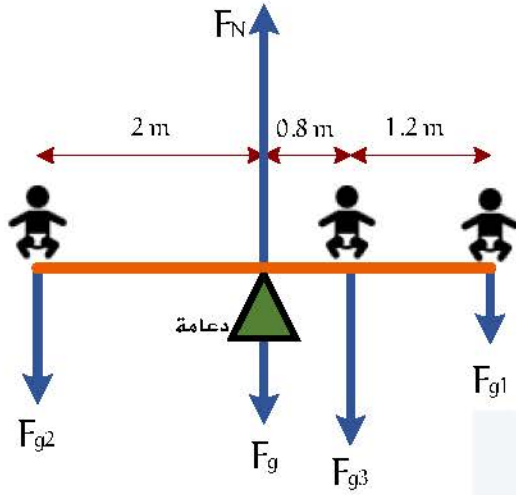
1) هل اللوح الخشبي المبين في الشكل المجاور في وضع اتزان أم لا ؟



2) لوح خشبي منتظم وزنه (300 N) وطوله (4 m) ، يرتكز من منتصفه على دعامة ، يقعد عليه ثلاثة أطفال كما في الشكل المجاور بها يجعل المجموعة متزنة ، إذا علمت أن وزن الطفلين

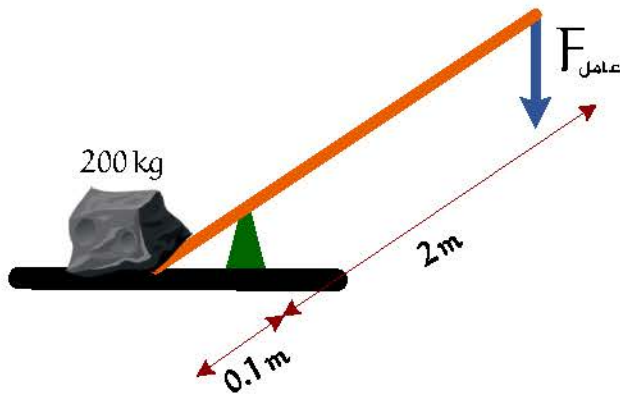
الأول والثاني – على الترتيب – (300 N) (600 N) ؛ فاحسب :

أ) وزن الطفل الثالث .



ب) القوة العمودية ( $F_N$ ) .

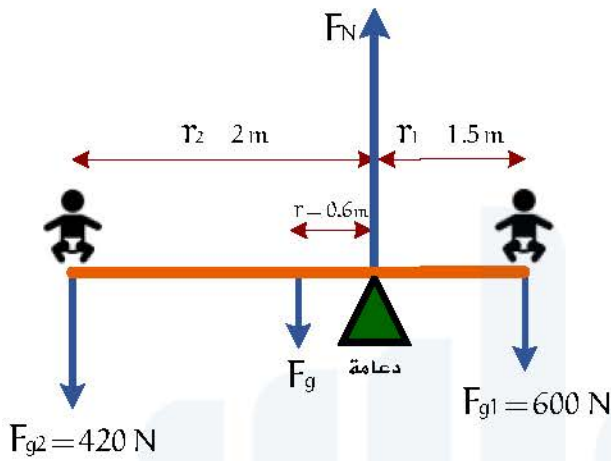
3) يحاول عامل بناء رفع كتلة صخرية باستخدام العتلة ، ما مقدار القوة التي يجب أن يؤثر بها العامل في العتلة كي يستطيع رفع الصخرة بحيث تستقر العتلة أفقياً ؟





4) يجلس زيد ( $F_{g1}$ ) وخالد ( $F_{g2}$ ) على جانبي لعبة اتران تتكوّن من لوح خشبي منتظم متماثل وزنه ( $F_g$ ) يؤثر في منتصفه ، يرتكز على نقطة تبعد ( $0.6\text{ m}$ ) يمين منتصف اللوح الخشبي كما في الشكل المجاور ، إذا كان النظام المكوّن من اللعبة والطفلين في حالة اتران سكوني ، واللوح الخشبي في وضع أفقي ، ومستعينا بالبيانات المثبتة في الشكل : فاحسب مقدار ما يأتي :

أ) وزن اللوح الخشبي ( $F_g$ ) .



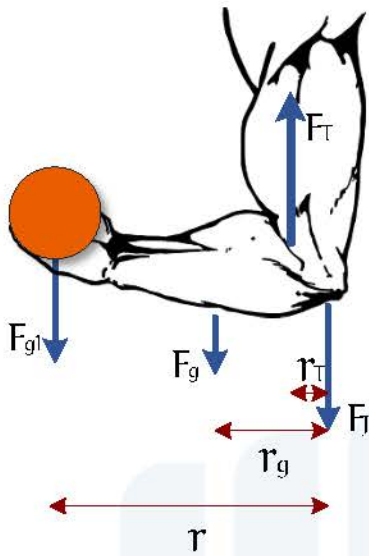
ب) القوة ( $F_N$ ) التي تؤثر بها نقطة الارتكاز في اللوح الخشبي .

5) مسطرة مترية معلقة من منتصفها ، وُضع جسمٌ وزنه ( $1\text{ N}$ ) فوق طرفها الأيسر ، فأين يجب

وضع جسم وزنه ( $2\text{ N}$ ) بالنسبة للطرف الأيسر حتى تتزن المسطرة ؟

6) يبين الشكل المجاور يداً ترفع ثقلاً وزنه  $(40\text{ N})$  ، إذا علمت أن نقطة التقاء العضلة ثنائية الرأس بالساعد تبعد  $(r_T = 5\text{ cm})$  عن المرفق ، ووزن عظم الساعد والأنسجة فيه  $(F_g = 30\text{ N})$  ويؤثر على بُعد  $(r_g = 15\text{ cm})$  عن المرفق ، وبُعد نقطة تأثير القوة في اليد  $(r = 35\text{ cm})$  عن المرفق ، والساعد متزن أفقياً في الوضع الموضح في الشكل ؛ فاحسب مقدار ما يلي :

أ) قوة الشد في العضلة  $(F_T)$  المؤثرة في الساعد بافتراضها رأسياً لأعلى .

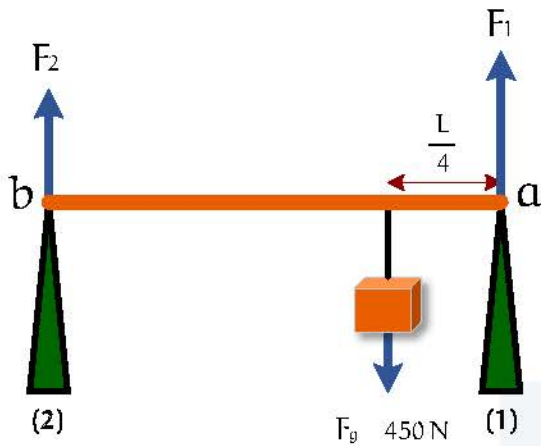


ب) القوة التي يؤثر بها المرفق في الساعد  $(F_J)$  .

**تحدي:** يمثل الشكل المجاور لوحاً خشبياً منتظماً طوله (L) ووزنه (200 N) ، إذا عُلّق ثقل

وزنه (450 N) على بعد  $\left(\frac{L}{4}\right)$  من الطرف (a) ؛ فاحسب مقدار القوة التي تؤثر بها كلٌّ

من الدعامتين (1) و (2) في اللوح .



■ مركز الكتلة : " النقطة التي يمكن افتراض كتلة الجسم كاملة مركزة فيها " ، وقد

يكون داخل الجسم ( مثل كرة مصمتة ) أو خارجه ( مثل كرة مجوفة أو حلقة دائرية ) .

⚙️ **تنبيه :** عند تعليق الجسم من مركز كتلته فإنه يكون متزنًا لا يدور ( $\sum \tau = 0$ ) .

**سؤال :** أثرت قوى عدّة في جسم ، بحيث تمرّ خطوط عملها في مركز كتلته ، وكانت القوة

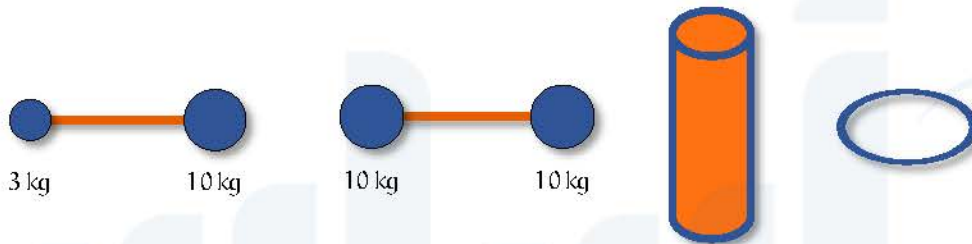
المحصلة المؤثرة فيه تساوي صفراً ؛ هل يكون الجسم متزنًا أم لا؟ فسر إجابتك .

← يكون متزنًا ، لأنّ العزم المحصل حول مركز الكتلة يساوي صفراً ( $\sum \tau = 0$ ) .

← ينطبق موقع مركز كتلة أي جسم متماثل منتظم توزيع الكتلة (متجانس) على مركزه الهندسي .

← يكون موقع مركز كتلة أي جسم غير متماثل وغير منتظم توزيع الكتلة (غير متجانس) أقرب للجزء الأكبر كتلة منها .

**سؤال :** حدّد مركز الكتلة في الأشكال الآتية :

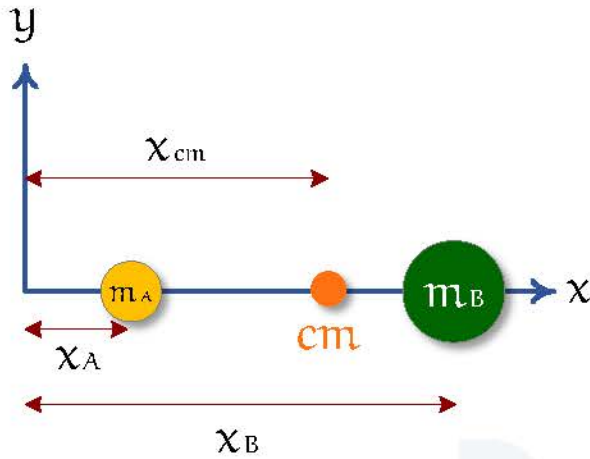


**فسر :** " عند انطلاق سيارة بشكل مفاجئ ترتفع مقدمتها إلى أعلى " .

← عجلات السيارة تؤثر بفعل على الشارع نحو الخلف ؛ فيؤثر الشارع برد فعل على عجلات السيارة نحو الأمام (قانون نيوتن الثالث) ، وبما أنّ عجلات السيارة تقع أسفل مركز الكتلة (محور الدوران) فسينتج عزم قوة عكس عقارب الساعة فترتفع مقدمة السيارة .



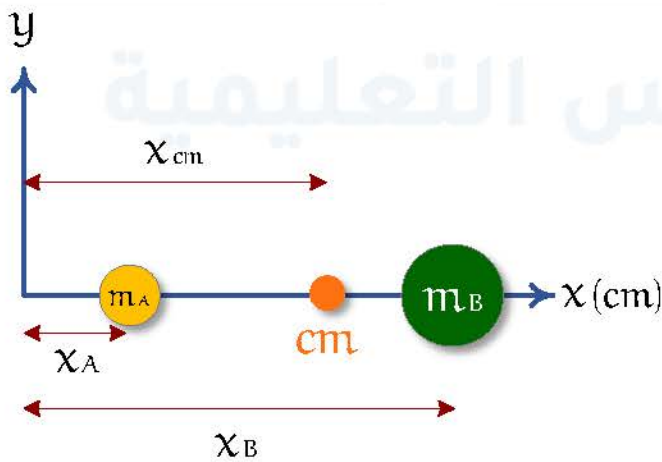
■ لتحديد مركز الكتلة لنظام مكون من جسيمين موزعين على محور (x) :



$$x_{cm} = \frac{m_A x_A + m_B x_B}{m_A + m_B}$$

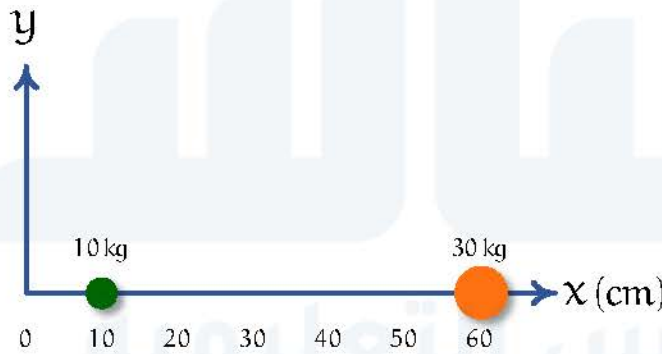
أمثلة :

1) نظام يتكون من كرتين ( $m_A = 1 \text{ kg}$ ) و ( $m_B = 3 \text{ kg}$ ) ، إذا علمت أن ( $x_A = 5 \text{ cm}$ ) و ( $x_B = 15 \text{ cm}$ ) ؛ حدد موقع مركز كتلة النظام .



(2) أعد حل المثال السابق إذا كانت  $(m_A = m_B = 4 \text{ kg})$ .

(3) نظام يتكوّن من جسيمين كما في الشكل المجاور ، معتمداً على الشكل حدّد موقع مركز كتلة النظام .



← بالمناسبة 😊 .. كيف يمكن تحديد "مركز الكتلة" عملياً ؟

← نقوم بتعليق الجسم من أي نقطة ، وعندما يسكن الجسم ويتوقف عن التآرجح ؛ يكون مركز الكتلة على الخط الرأسي المرسوم من نقطة التعليق ، ثم نعيد المحاولة بتعليقه من نقطة أخرى ؛ فيكون مركز الكتلة في نقطة تقاطع الخطين المرسومين .



## الدرس الثاني

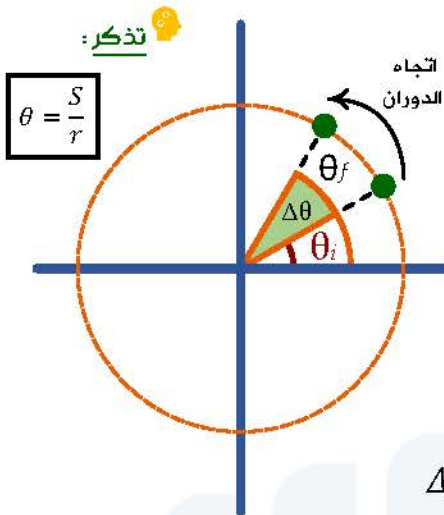
# ديناميكا الحركة الدورانية

## ◀ وصف الحركة الدورانية :

← يتم وصف الحركة الدورانية باستخدام المفاهيم الآتية :

1 الإزاحة الزاوية ( $\Delta\theta$ ) : " التغير في الموقع الزاوي " أو " الزاوية التي يمسحها نصف قطر المسار الدائري

الذي يدور مع الجسم " .



$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$$

حيث :

$\Delta\theta$  : الإزاحة الزاوية [rad]

$\theta_i$  : الموقع الزاوي الابتدائي [rad]

$\theta_f$  : الموقع الزاوي النهائي [rad]

\* اتجاه الدوران عكس اتجاه حركة عقارب الساعة  $\Delta\theta : +$

\* اتجاه الدوران في اتجاه حركة عقارب الساعة  $\Delta\theta : -$

2 السرعة الزاوية ( $\omega$ ) :

← السرعة الزاوية المتوسطة ( $\bar{\omega}$ ) : " نسبة الإزاحة الزاوية ( $\Delta\theta$ ) إلى الفترة الزمنية ( $\Delta t$ ) التي

حدثت خلالها هذه الإزاحة " .

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

حيث :

$\bar{\omega}$  : السرعة الزاوية المتوسطة [rad/s]

$\Delta\theta$  : الإزاحة الزاوية [rad]

$\Delta t$  : زمن الإزاحة الزاوية [s]

■ عندما تكون السرعة الزاوية ثابتة  $\omega = \bar{\omega}$

\* اتجاه الدوران عكس اتجاه حركة عقارب الساعة  $\omega : +$

\* اتجاه الدوران في اتجاه حركة عقارب الساعة  $\omega : -$

■ يتم تحديد اتجاه السرعة الزاوية باستخدام قاعدة " قبضة اليد اليمنى " .

### 3 التسارع الزاوي $(\alpha)$ :

← التسارع الزاوي المتوسط  $(\bar{\alpha})$  : " نسبة التغير في مقدار السرعة الزاوية  $(\Delta\omega)$  إلى الفترة

الزمنية  $(\Delta t)$  التي حدث خلالها هذا التغير " .

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

حيث :

$\bar{\alpha}$  : التسارع الزاوي المتوسط  $[rad/s^2]$

$\Delta\omega$  : السرعة الزاوية المتوسطة  $[rad/s]$

$\Delta t$  : زمن الإزاحة الزاوية  $[s]$

■ عندما يكون التسارع الزاوي ثابتاً  $\alpha = \bar{\alpha}$

\* اتجاه الدوران عكس اتجاه حركة عقارب الساعة  $\alpha : +$

\* اتجاه الدوران في اتجاه حركة عقارب الساعة  $\alpha : -$

### أسئلة :

(1) معتمداً على إشارة كلٍ من التسارع الزاوي والسرعة الزاوية ؛ متى يدور الجسم بتسارع ومتى يدور بتباطؤ ؟

← إذا كانت إشارتهما متماثلة : تسارع .

إذا كانت إشارتهما مختلفة : تباطؤ .

(2) السرعة الزاوية لجسم عند لحظة زمنية معينة تساوي  $(-3 \text{ rad/s})$  ، وتسارعه الزاوي عند اللحظة نفسها  $(2 \text{ rad/s}^2)$  ، أجب عما يأتي :

أ) هل يدور الجسم باتجاه حركة عقارب الساعة أم بعكسه ؟

ب) هل يتزايد مقدار سرعته الزاوية أم يتناقص أم يبقى ثابتاً ؟

(3) قارن بين الجسم المتحرك حركة دورانية بأكمله وبين الجسيمات المفردة فيه من حيث :

الإزاحة الزاوية ، السرعة الزاوية ، التسارع الزاوي ، المسافة المقطوعة

المسافة المقطوعة	التسارع الزاوي	السرعة الزاوية	الإزاحة الزاوية	
				الجسم بأكمله
				الجسيمات المفردة

### أمثلة :

1) يدور إطار سيارة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة بسرعة زاوية ثابتة مقدارها  $(2 \text{ rad/s})$  مدةً زمنية مقدارها  $(20 \text{ s})$  ، ثم يتسارع بعد ذلك بتسارع زاوي ثابت مقدارها  $(3.5 \text{ rad/s}^2)$  مدةً زمنية مقدارها  $(10 \text{ s})$  ، احسب مقدار ما يأتي :

أ) الإزاحة الزاوية للإطار عند نهاية الفترة الزمنية لحركته بسرعة زاوية ثابتة .

ب) مقدار السرعة الزاوية للإطار عند نهاية الفترة الزمنية لحركته بتسارع زاوي ثابت .

2) يتسارع الجزء الدوّار في جهاز فصل مكونات الدم من السكون إلى  $(3 \times 10^3 \text{ rad/s})$  خلال  $(30 \text{ s})$  بتسارع زاوي ثابت ، احسب ما يأتي :

أ) التسارع الزاوي المتوسط .

ب) السرعة الزاوية بعد مرور  $(20 \text{ s})$  من بدء دورانه .

◀ عزم القصور الذاتي والقانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية :

◀ الكتلة ( $m$ ) : مقياس لممانعة الجسم للتغير في حالته الحركية الانتقالية .

← [ثابتة للجسم نفسه]

◀ عزم القصور الذاتي ( $I$ ) : مقياس لممانعة الجسم للتغير في حالته الحركية الدورانية .

← [متغير للجسم نفسه]

### أسئلة :

(1) علام يعتمد عزم القصور الذاتي ( $I$ ) ؟

← (1) موقع محور الدوران .

(2) كيفية توزيع الكتلة بالنسبة لمحور الدوران .



(2) أيهما أسهل ؛ تدوير قلم حول محور عمودي عليه مازاً بمركز كتلته أم تدويره حول محوره

الهندسي ؟

← الأسهل تدويره حول محوره الهندسي ؛ لأن توزيع الكتلة يكون قريباً من المحور .



← عزم القصور الذاتي لجسيم نقطي في جسم يبعد مسافة ( $r$ ) عن محور دوران الجسم :

$$I = mr^2$$

حيث :







$I$  : عزم القصور الذاتي لجسيم نقطي في جسم يبعد مسافة ( $r$ ) عن محور دوران الجسم [ $kg \cdot m^2$ ]

$m$  : كتلة الجسيم النقطي [ $kg$ ]

$r$  : نصف قطر المسار الدائري [ $m$ ]

⚡ تنبيه : نلاحظ أنَّ عزم القصور الذاتي كمية قياسية موجبة دائماً .

← عزم القصور الذاتي لأجسام مختلفة كتلة كل منها ( $m$ ) :

عزم القصور الذاتي	الشكل	موضع محور الدوران	الجسم
$I = mr^2$		يمر بالمركز عمودياً على مستواها	حلقة رقيقة أو أسطوانة مجوفة
$I = \frac{1}{2}mr^2$		يمر بالمركز عمودياً على مستواها	أسطوانة مصمتة منتظمة أو قرص دائري
$I = \frac{2}{5}mr^2$		يمر بالمركز	كرة مصمتة منتظمة
$I = \frac{2}{3}mr^2$		يمر بالمركز	كرة مجوفة
$I = \frac{1}{12}mL^2$		عمودي على القضيب ويمر بمنتصفه	قضيب منتظم
$I = \frac{1}{3}mL^2$		عمودي على القضيب ويمر بطرفه	قضيب منتظم

## ← قانون نيوتن الثاني :

\* قانون نيوتن الثاني في الحركة الانتقالية ←  $\sum F = ma$

\* قانون نيوتن الثاني في الحركة الدورانية ←  $\sum \tau = I\alpha$

حيث :

$\sum \tau$  : محصلة العزم  $[N.m]$

$I$  : عزم القصور الذاتي  $[kg.m^2]$

$\alpha$  : التسارع الزاوي  $[rad/s^2]$

## أمثلة :

1) كرة كتلتها  $(3kg)$  مثبتة في نهاية عصا فلزية خفيفة طولها  $(0.8m)$  ، وتتحرك حركة دورانية

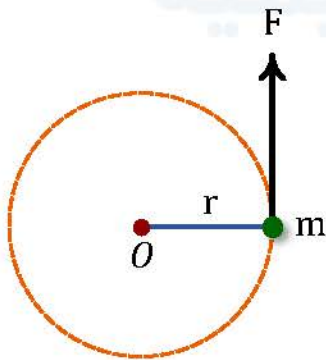
في مستوى أفقي حول محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يهز في النهاية الأخرى للعصا

بتأثير قوة مماسية  $(F)$  ثابتة المقدار ، إذا بدأت الكرة حركتها من السكون بتسارع زاوي ثابت

بحيث أصبح مقدار سرعتها الزاوية  $(8\pi rad/s)$  خلال  $(5s)$  ؛ فاحسب مقدار ما يأتي – بإهمال

كتلة العصا الفلزية - :

أ) التسارع الزاوي للكرة .

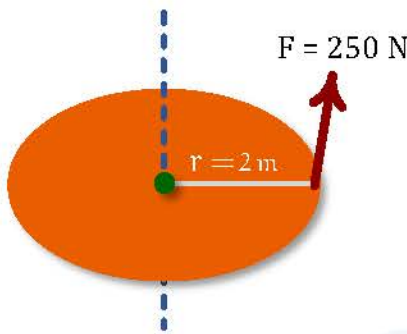


ب) العزم المحصل المؤثر في الكرة .

ج) القوة المماسية  $(F)$  المؤثرة في الكرة .

2) قرص دوّار مصمت قابل للدوران حول محور ثابت يمرّ في مركزه باتجاه محور (y) ، أثر شخص بقوة مماسية (F) ثابتة في المقدار عند حافة القرص مقدارها (250 N) ، إذا علمت أنّ كتلة القرص الدوّار (50 kg) ونصف قطره (2m) ، وبإهمال قوى الاحتكاك وافترض القرص منتظم توزيع الكتلة ، وبدأ القرص الدوران من السكون بتسارع زاوي ثابت بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة ؛ فاحسب مقدار ما يأتي : ( علماً بأنّ عزم القصور الذاتي للقرص " $I = \frac{1}{2}mr^2$ " )

أ) العزم المحصل المؤثر في القرص .



ب) التسارع الزاوي للقرص .

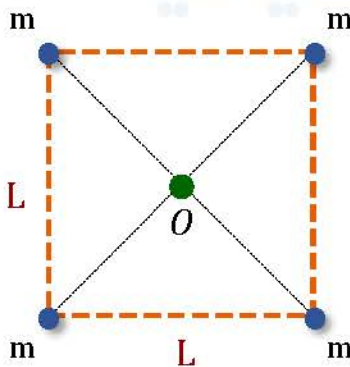
ج) السرعة الزاوية للقرص بعد (2s) من بدء دورانه .

د) التسارع الزاوي للقرص عندما يجلس طفل كتلته (20 kg) على بُعد (1.5m) من محور الدوران ، بافتراض الطفل نقطة مادية .

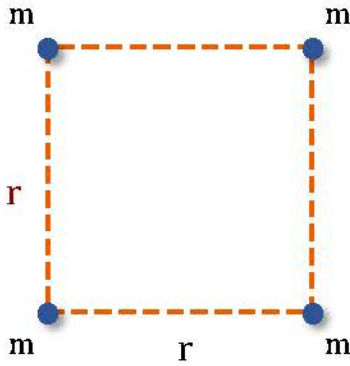
3) سلك فلزي خفيف ورفيع طوله  $(L)$  مُثَبَّت في طرفيه كرتان متماثلتان مهملتا الأبعاد كتلة كلٍ منهما  $(m)$  ، في الحالة الأولى ؛ دَوَّر النظام المكوَّن من السلك الفلزي والكرتين حول محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يمرُّ في منتصف السلك الفلزي ، وفي الحالة الثانية ؛ دَوَّر النظام حول محور ثابت عمودي على مستوى الصفحة يمرُّ بمركز إحدى الكرتين عند أحد طرفي السلك الفلزي ، بإهمال كتلة السلك الفلزي مقارنةً بكتلتي الكرتين ؛ في أي الحالتين السابقتين يلزم عزمٌ محصل أكبر لبدء تدوير النظام ؟



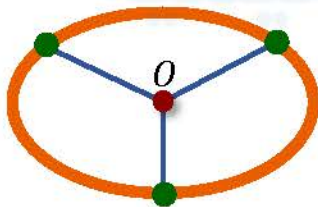
4) ما عزم القصور الذاتي بوحدة  $(kg \cdot m^2)$  لأربع كتل متماثلة مقدار الواحدة منها  $(m)$  موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه  $(L)$  بالنسبة لمحور عمودي عليه في مركزه ؟



5) أربعة أجسام نقطية متماثلة ، كتلة كل منها ( $m$ ) موضوعة على رؤوس مربع طول ضلعه ( $r$ ) ، ما عزم القصور الذاتي للنظام بالنسبة لمحور عمودي على مستوى المربع يمر في أحد رؤوس المربع ؟



6) يمثل الشكل المجاور نظاماً مكوناً من حلقة معدنية رقيقة كتلتها ( $m$ ) ، يعلها بمركزها ( $O$ ) ثلاثة أسلاك من نفس المعدن ، كتلة السلك الواحد ( $m$ ) وطوله ( $L$ ) ، ما عزم القصور الذاتي للنظام ؟ ( علماً بأن عزم القصور الذاتي للحلقة " $I = mr^2$ " ، وللأسلاك عند الطرف " $I = \frac{1}{3}mL^2$ " )





## الدّرس الثالث

# الزّخم الزّاوي

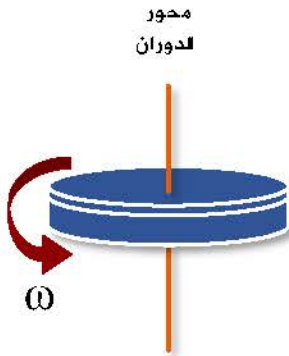


### ◀ الطاقة الحركية الدورانية ( $KE_R$ ) :

← الطاقة الحركية الدورانية ( $KE_R$ ) : " الطاقة الحركية التي يملكها جسم يدور حول محور

ثابت " .

$$KE_R = \frac{1}{2} I \omega^2$$



حيث :

$KE_R$  : الطاقة الحركية الدورانية للجسم [ ]

$I$  : عزم القصور الذاتي للجسم [ $kg \cdot m^2$ ]

$\omega$  : السرعة الزاوية للجسم [ $rad/s$ ]

### أسئلة :

(1) ما هي العوامل التي يعتمد عليها مقدار الطاقة الحركية الدورانية ؟

← (1) عزم القصور الذاتي للجسم [طردياً]

(2) مربع السرعة الزاوية للجسم [طردياً]

(2) جسم يتحرك دورانياً بسرعة زاوية ( $\omega_1$ ) وطاقته الحركية الدورانية ( $KE_{R1}$ ) ، فإذا أصبحت

سرعته الزاوية ( $3\omega_1$ ) ؛ فكم تصبح طاقته الحركية الدورانية ( $KE_{R2}$ ) ؟

←

(3) أنبوب مجوَّف وأسطوانة مصمتة ، متماثلان في الكتلة والأبعاد ، ويدور كلٌّ منهما حول

محور تماثله بالسرعة الزاوية نفسها ، هل لهما الطاقة الحركية الدورانية نفسها أم لا ؟

← لا ؛ لأنَّ عزم القصور الذاتي لهما مختلف .. فعزم القصور الذاتي للأنبوب المجوَّف ( $mr^2$ ) أكبر من عزم القصور

الذاتي للأسطوانة المصمتة ( $\frac{1}{2}mr^2$ ) ، والعلاقة بين عزم القصور الذاتي والطاقة الحركية الدورانية طردية .

### أمثلة :

- 1) قرص مصمت منتظم متماثل كتلته  $(2\text{ kg})$  ونصف قطره  $(0.5\text{ m})$  ، يتحرك حركة دورانية بسرعة زاوية ثابتة مقدارها  $(8\text{ rad/s})$  حول محور ثابت عمودي على مركزه ، إذا علمت أن عزم القصور الذاتي للقرص  $(I = \frac{1}{2}mr^2)$  ؛ فاحسب الطاقة الحركية الدورانية للقرص .

- 2) يدور قرص كتلته  $(40\text{ kg})$  ونصف قطره  $(0.5\text{ m})$  ، إذا توقف القرص عن الدوران خلال  $(10\text{ s})$  ، وكان العزم اللازم لإيقاف القرص  $(20\text{ N.m})$  ، وإذا علمت أن عزم القصور الذاتي للقرص  $(I = \frac{1}{2}mr^2)$  ؛ فاحسب ما يأتي :
- أ) السرعة الزاوية الابتدائية للقرص .

- ب) احسب طاقة الحركة الدورانية الابتدائية .

3) يتحرك جزيء أكسجين ( $O_2$ ) حركة دورانية حول محور ثابت باتجاه محور ( $Z$ ) عمودي على منتصف المسافة بين ذرتي الأكسجين المكونتين له بسرعة زاوية ثابتة مقدارها  $(4 \times 10^{12} \text{ rad/s})$  ، إذا علمت أن عزم القصور الذاتي لجزيء الأكسجين حول محور دورانه ( $Z$ ) يساوي  $(2 \times 10^{-46} \text{ kg.m}^2)$  عند درجة حرارة الغرفة ؛ فاحسب مقدار الطاقة الحركية الدورانية للجزيء .

4) عجلة قطرها  $(0.8\text{m})$  وعزم قصورها الذاتي  $(2 \text{ kg.m}^2)$  ، أثرت في حافتها قوة مماسية مقدارها  $(10\text{N})$  فبدأت الحركة من السكون ، احسب الطاقة الحركية الدورانية للعجلة بعد مرور دقيقتين .

منصة أساس التعليمية

### ◀ الزخم الزاوي ( $L$ ) وحفظه :

← الزخم الزاوي ( $L$ ): " ناتج ضرب عزم القصور الذاتي للجسم أو النظام في سرعته الزاوية " .

$$L = I\omega$$

حيث :

$L$  : الزخم الزاوي للجسم  $[kg \cdot m^2/s]$

$I$  : عزم القصور الذاتي للجسم  $[kg \cdot m^2]$

$\omega$  : السرعة الزاوية للجسم  $[rad/s]$

☀ **تنبيه :** الزخم الزاوي كمية متجهة ، يكون اتجاهه دائماً في اتجاه السرعة الزاوية ، ويتم

تحديده باستخدام قاعدة " قبضة اليد اليمنى " :

\* اتجاه الدوران عكس اتجاه حركة عقارب الساعة ←  $L : +$  (خارج من الصفحة)

\* اتجاه الدوران في اتجاه حركة عقارب الساعة ←  $L : -$  (داخل إلى الصفحة)

### ← الزخم الزاوي والعزم :

يمكن كتابة القانون الثاني لنيوتن في الحركة الدورانية بدلالة الزخم الزاوي كما يأتي :

$$\sum \tau = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

حيث :

$\sum \tau$  : العزم المحصل  $[N \cdot m]$

$\frac{\Delta L}{\Delta t}$  : المعدّل الزمني للتغير في الزخم الزاوي  $[kg \cdot m^2/s^2]$

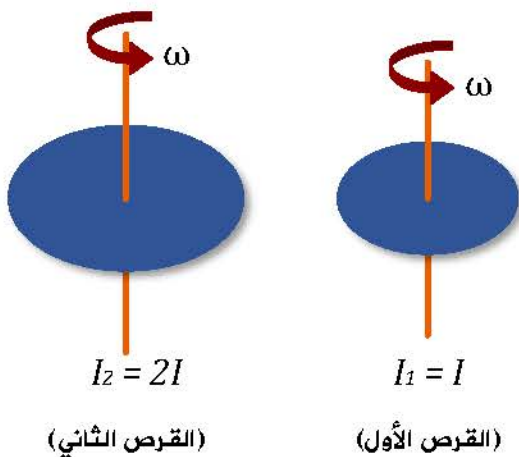
### أسئلة :

(1) وضح العلاقة بين العزم المحصل المؤثر في جسم والمعدل الزمني لتغير زخمه الزاوي .

← العزم المحصل المؤثر في جسم يتحرك حركة دورانية حول محور ثابت يساوي المعدل الزمني للتغير في زخمه الزاوي حول المحور نفسه .

(2) جسمان (A, B) لهما عزم القصور الذاتي نفسه ، إذا كان  $(L_A = 2L_B)$  ؛ فما العلاقة بين طاقتي حركتيهما الدورانية ؟

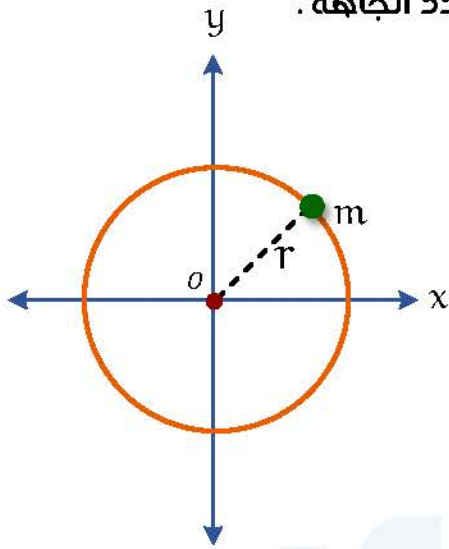
(3) يبين الشكل المجاور قرصين من مادتين مختلفتين يدوران بالسرعة الزاوية نفسها حول محور عمودي على مستوَاهما ويمرُّ بالمركز ، ما العلاقة التي تربط طاقة الحركة الدورانية للقرص الثاني بالزخم الزاوي للقرص الأول ؟



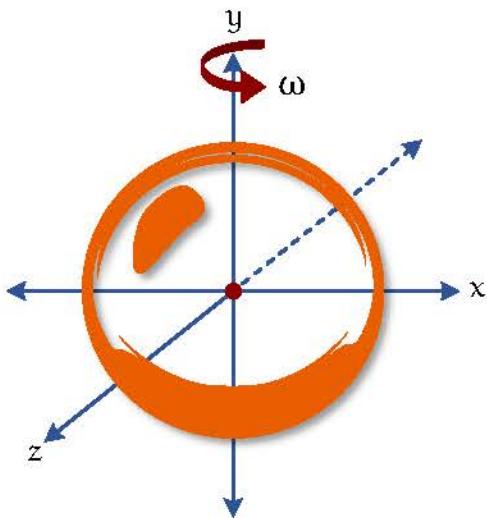


### أمثلة :

- 1) يتحرك جسيم كتلته  $(50g)$  حول محور ثابت (محور  $z$ ) عند النقطة  $(O)$  في مسار دائري نصف قطره  $(20cm)$  بسرعة زاوية ثابتة مقدارها  $(5 rad/s)$  بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة ، احسب مقدار الزخم الزاوي للجسيم حول هذا المحور ، وحدد اتجاهه .



- 2) كرة مصمتة منتظمة متماثلة كتلتها  $(5kg)$  ونصف قطرها  $(10cm)$  ، تتحرك حركة دورانية حول محور ثابت (محور  $y$ ) يمر في مركزها ، بسرعة زاوية ثابتة مقدارها  $(20 rad/s)$  بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة عند النظر إليها من أعلى ، احسب مقدار الزخم الزاوي للكرة حول هذا المحور ، وحدد اتجاهه . (عزم القصور الذاتي للكرة المصمتة  $I = \frac{2}{5}mr^2$ )





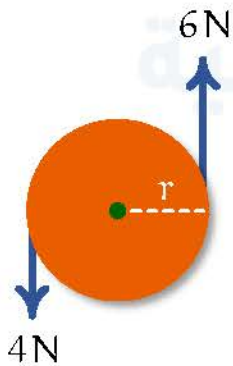
3) نظام يتكون من جُسيمين يتحركان حركة دورانية حول محور ثابت (محور z) في مسار دائري ، إذا علمت أنَّ لهما عزم القصور الذاتي نفسه ويساوي  $(2 \times 10^{-3} kg \cdot m^2)$  ، ويدور الجسيم الأول بسرعة زاوية  $(4 rad/s)$  باتجاه حركة عقارب الساعة ، بينما يدور الجسيم الثاني بسرعة زاوية  $(8 rad/s)$  بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة ؛ فاحسب مقدار ما يأتي :

أ) الزخم الزاوي للجسيم الأول حول هذا المحور ، وحدد اتجاهه .

ب) الزخم الزاوي للنظام حول هذا المحور ، وحدد اتجاهه .

4) كرة مصممة ساكنة نصف قطرها  $(25cm)$  وكتلتها  $(4kg)$  ، أثرت عليها القوى الموضحة في الشكل ، إذا علمت أنَّ عزم القصور الذاتي لهذه الكرة  $(I = \frac{2}{5} mr^2)$  ؛ فاحسب :

أ) المعدّل الزمني للتغير في الزخم الزاوي للكرة .



ب) التسارع الزاوي للكرة .

ج) الزخم الزاوي للكرة بعد ثانيتين من بدء حركتها .

### ← حفظ الزخم الزاوي :

■ قانون حفظ الزخم الزاوي : " الزخم الزاوي لنظام معزول ( $\sum \tau = 0$ ) يظل ثابتاً في المقدار والاتجاه " .

$$L_f = L_i$$

$$I_f \omega_f = I_i \omega_i$$

حيث :

$I_i$  : عزم القصور الذاتي الابتدائي [ $kg.m^2$ ]

$I_f$  : عزم القصور الذاتي النهائي [ $kg.m^2$ ]

$\omega_i$  : السرعة الزاوية الابتدائية [ $rad/s$ ]

$\omega_f$  : السرعة الزاوية النهائية [ $rad/s$ ]

🔍 نلاحظ من العلاقة السابقة أنه إذا أعيد توزيع كتلة النظام ؛ فإن عزم القصور الذاتي والسرعة الزاوية للنظام يتغيران بحيث يبقى الزخم الزاوي ثابتاً .

**فيسر :** " تزداد السرعة الزاوية لراقص الجليد عندما يضم يديه إلى صدره " ؟

← لأنه بضم يديه يقل نصف القطر ( $r$ ) ؛ فيقل عزم القصور الذاتي ( $I$ ) مما يؤدي إلى زيادة

السرعة الزاوية ( $\omega$ ) – العلاقة بين ( $\omega$ ) و ( $I$ ) عكسية – ليبقى الزخم الزاوي ثابتاً .

**سؤال :** تدور الأرض حول محورها مرة واحدة يومياً بسرعة زاوية ( $\omega$ ) ، افترض أن سرعتها الزاوية

أصبحت ( $\frac{1}{4} \omega$ ) ، وباعتبار أن كثافة الأرض منتظمة وكتلتها ثابتة ، ماذا يحدث لنصف قطر

الأرض في هذه الحالة الافتراضية ؟

←

### أمثلة :

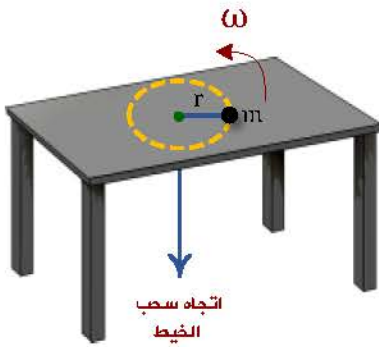
1) يقف رجل على منصة تدور بسرعة زاوية ( $8 \text{ rad/s}$ ) حاملاً في يديه المهدودتين كتلتين متماثلين ، ثم يضم يديه لصدرة ليتناقص عزم قصوره الذاتي من ( $5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ) إلى ( $4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ) ، احسب ما يأتي :

أ) سرعته الزاوية بعد ضم يديه لصدرة .

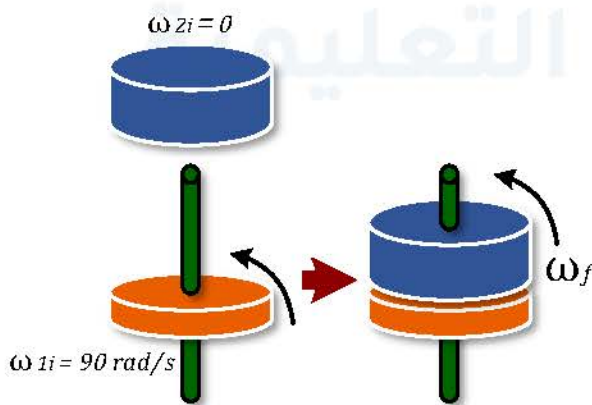
ب) التغير في طاقته الحركية .

2) ثلاثة أطفال كتلتهم ( $32 \text{ kg}, 28 \text{ kg}, 20 \text{ kg}$ ) يقفون عند حافة لعبة دوارة على شكل قرص دائري منتظم كتلته ( $100 \text{ kg}$ ) ونصف قطره ( $2 \text{ m}$ ) ، يدور بسرعة زاوية ثابتة مقدارها ( $2 \text{ rad/s}$ ) حول محور دوران ثابت عمودي على سطح القرص ويمر في مركزه باتجاه محور ( $y$ ) ، تحرك الطفل الذي كتلته ( $20 \text{ kg}$ ) ووقف عند مركز القرص ، احسب مقدار السرعة الزاوية الجديد للعبة الدوارة .

3) تدور كرة صغيرة كتلتها ( $m$ ) مثبتة في نهاية خيط في مسار دائري على سطح طاولة أفقي أملس ، ويمر الطرف الآخر للخيط عبر ثقب في سطح الطاولة كما في الشكل ، إذا كانت الكرة تدور بسرعة زاوية ( $4 \text{ rad/s}$ ) في مسار دائري نصف قطره ( $0.5\text{m}$ ) ، ثم سُحب الخيط ببطء عبر الثقب بحيث أصبح نصف قطر المسار الدائري ( $0.2\text{m}$ ) ؛ فكم تصبح السرعة الزاوية للكرة ؟



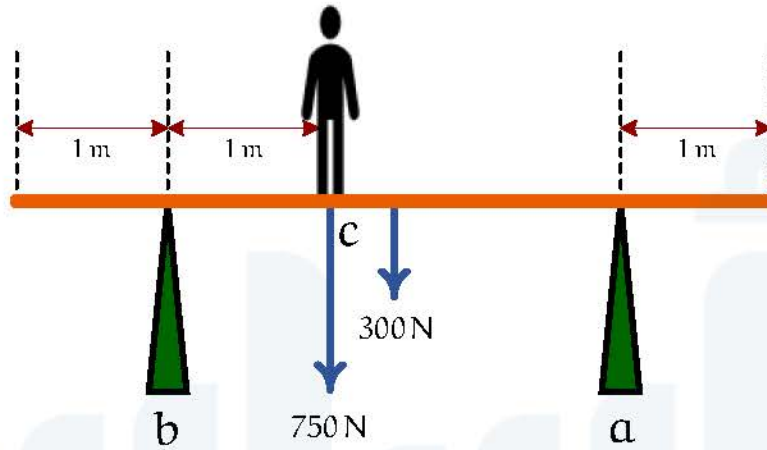
4) يدور إطار عزم قصوره الذاتي ( $I = 0.1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ) بسرعة زاوية ( $90 \text{ rad/s}$ ) ، عندما يُوصل بمحور دورانه إطار آخر ساكن قصوره الدوراني ( $2I$ ) ، احسب :  
أ) السرعة الزاوية للإطارين معاً .



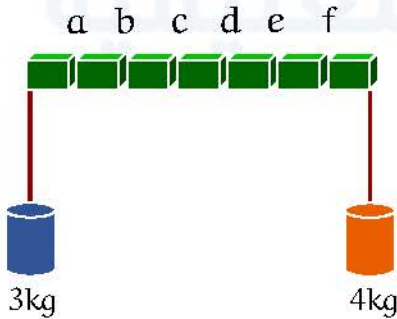
ب) مقدار التغير في الطاقة الحركية .

## فهمت الوحدة ؟ اختبر نفسك

1 يستقر لوح خشبي متزنًا على دعامتين تؤثران فيه عند  $(a, b)$  كما في الشكل ، إذا كان طول اللوح  $(5m)$  ووزنه  $(300N)$  يؤثر في منتصفه ، ووقف رجل وزنه  $(750N)$  فوق اللوح عند النقطة  $(c)$  ، احسب القوة العمودية التي تؤثر بها كل دعامة في اللوح .



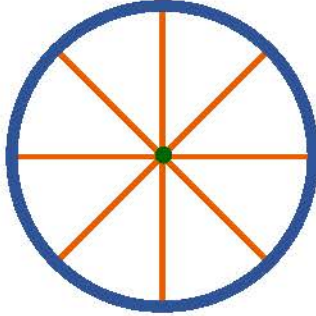
2 علق ثقلان كتلتاهما  $(3kg, 4kg)$  بطرفي مسطرة فلزية مهملة الكتلة طولها  $(L)$  ، إذا قُسمت المسطرة إلى سبعة أجزاء متساوية كما في الشكل ؛ فعند أي نقطة يجب تعليق المسطرة كي تستقر متزنة ؟



3 هل يكون الجسم الواقع تحت تأثير ازدواج في حالة اتزان سكوني ؟ فسر إجابتك .



4 يمثل الشكل المجاور عجلة دراجة هوائية طول قطرها  $(60\text{cm})$  ، وكتلة محيطها  $(1\text{kg})$  وكتلة كل قطر فيها  $(0.4\text{kg})$  ، وتدور بسرعة زاوية  $(6\text{ rad/s})$  حول محور دوران يمر



بمركزها عمودي على سطحها ، احسب ما يلي :

أ) عزم القصور الذاتي للعجلة .

ب) الزخم الزاوي للعجلة .

ج) طاقة الحركة الدورانية للعجلة .

(عزم القصور الذاتي للحلقة  $I = mr^2$  ، عزم القصور الذاتي لقضيب منتظم يمر المحور بمنتصفه  $I = \frac{1}{12} mL^2$ )

5 مسطرة طولها  $(1\text{m})$  وكتلتها  $(0.3\text{kg})$  ، تؤثر عليها قوة عمودية  $(5\text{N})$  عند أحد أطرافها ، فإذا دارت في مستوى أفقي حول محور عمودي يمر في مركزها  $(O)$  مرة ، وحول محور عمودي يمر في طرفها  $(P)$  مرة أخرى ، احسب التسارع الزاوي عند كل محور من محاور الدوران .



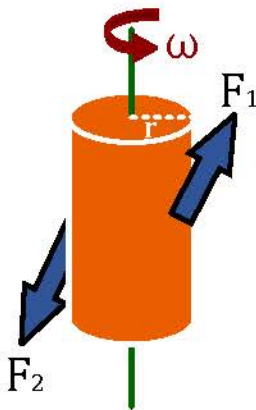
6 ما الطاقة الحركية الدورانية للأسطوانة الموضحة في

الشكل بعد ثانيتين من بدء حركتها من السكون

تحت تأثير القوتين  $(F_2 = 7\text{N}, F_1 = 5\text{N})$  ؟ علماً بأن

عزم القصور الذاتي للأسطوانة حول محور الدوران

$(0.2\text{ kg} \cdot \text{m}^2)$  ونصف قطر قاعدتها  $(0.3\text{m})$  .





## انتهت الوحدة الثانية

أسأل الله لكم النجاح  
والتوفيق

## ◀ الوحدة الثالثة :

# التيار الكهربائي

## ← الدرس الأول :

المقاومة والقوة الدافعة الكهربائية

## ← الدرس الثاني :

القدرة الكهربائية والدائرة البسيطة

## ← الدرس الثالث :

توصيل المقاومات وقاعدتا كيرشوف

## الدرس الأول

# المقاومة والقوة الدافعة الكهربائية

## ◀ التيار الكهربائي :

← التيار الكهربائي ( $I$ ) : " كمية الشحنة التي تعبر مقطعاً عرضياً في الموصل في وحدة الزمن " .

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

حيث :

$I$  : التيار الكهربائي [A]

$\Delta Q$  : كمية الشحنة [C]

$\Delta t$  : زمن عبور كمية الشحنة [s]

■ الأهمير : " مقدار التيار الكهربائي الذي يسري في موصل عندما تعبر مقطع هذا الموصل شحنة مقدارها (1C) في ثانية واحدة " .

## أسئلة :

(1) اشتق وحدة قياس التيار الكهربائي .

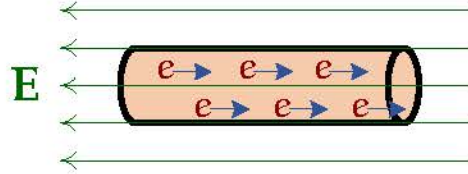
←

(2) ماذا نعني بقولنا : " إنَّ التيار الكهربائي ( $I$ ) في موصل يساوي (5A) " ؟

← أي أنَّ كمية الشحنة الكهربائية التي تعبر مقطع هذا الموصل في ثانية واحدة تساوي (5C) .

3) عمّاذا ينتج التيار الكهربائي في الفلزات ؟

← ينتج عن حركة الإلكترونات الحرة فيها تحت تأثير مجال كهربائي ينشأ داخل الموصل الفلزي عند تطبيق فرق في الجهد الكهربائي بين طرفيه .



4) أين يكون اتجاه " التيار الكهربائي الاصطلاحي " ؟

← يكون بعكس اتجاه حركة الإلكترونات الحرة في الموصل (من القطب الموجب إلى السالب عبر الدارة) .



5) ماذا يُسمّى التيار الكهربائي الذي يسري في موصل باتجاه واحد وقيمة ثابتة لا تتغير مع الزمن ؟

← يُسمّى " التيار الكهربائي المستمر (DC) " .

6) إذا كان التيار الكهربائي في دائرة كهربائية يساوي  $(320 \mu A)$  ، وكان زمن سريان هذا التيار  $(10 ms)$  ؛ فاحسب كمية الشحنة الكهربائية التي أنتجت هذا التيار .

←

## ◀ المقاومة الكهربائية :

◀ المقاومة الكهربائية ( $R$ ) : " نسبة فرق الجهد بين طرفي الموصل إلى التيار الكهربائي

المار فيه " .

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

حيث :

$R$  : المقاومة الكهربائية [ $\Omega$ ]

$\Delta V$  : فرق الجهد الكهربائي بين طرفي الموصل [ $V$ ]

$I$  : التيار الكهربائي [ $A$ ]

■ الأوم : " مقاومة موصل يسري فيه تيار كهربائي ( $1A$ ) عندما يكون فرق الجهد بين

طرفيه ( $1V$ ) " .

## أسئلة :

1) ماذا تُسمَّى " خاصية معانعة الموصل لمرور التيار الكهربائي فيه " ؟

◀ المقاومة الكهربائية ( $R$ ) .

2) اشتق وحدة قياس المقاومة الكهربائية .

◀

3) ماذا نعني بقولنا " إنَّ مقاومة موصل تساوي ( $10\Omega$ ) " ؟

◀ أي أنَّ مقدار التيار الكهربائي الذي يسري فيه يساوي ( $1A$ ) عندما يكون فرق الجهد

بين طرفيه ( $10V$ ) .



4) **فسر:** " ترتفع درجة حرارة الموصل عند سريان التيار الكهربائي فيه " ؟

← بسبب تصادم الإلكترونات الحرة مع بعضها ومع ذرات الموصل ؛ فينتقل جزء من طاقتها الحركية إلى الذرات فتزداد سعة اهتزازها وترتفع درجة حرارة الموصل .

5) **فسر:** " تسخن الموصلات ذات المقاومة الكهربائية الكبيرة بصورة أكبر من الموصلات ذات

المقاومة الكهربائية الصغيرة عند سريان التيار الكهربائي فيها " ؟

← لأن الإلكترونات الحرة في الموصل ذي المقاومة الكهربائية الكبيرة تواجه معارضة أكبر لحركتها ، فتفقد مقداراً كبيراً من طاقة وضعها الكهربائية التي تتحول إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة الموصل بشكل كبير .

← **قانون أوم:** " الموصل عند درجة الحرارة الثابتة ينشأ فيه تيار كهربائي ( $I$ ) يتناسب طردياً

مع فرق الجهد بين طرفيه ( $\Delta V$ ) .

$$\Delta V = IR$$

**أسئلة :**

1) عرّف الفولت باستخدام العلاقة ( $\Delta V = IR$ ) .

← هو فرق الجهد بين طرفي موصل مقاومته ( $1\Omega$ ) يسري فيه تيار كهربائي ( $1A$ ) .

2) ماذا نعني بقولنا " إن فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل ( $8V$ ) " ؟

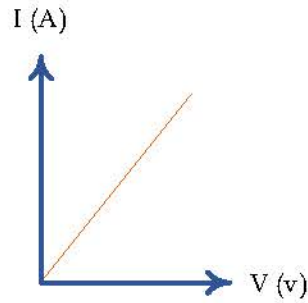
← أي أنه يسري في هذا الموصل تيار كهربائي ( $1A$ ) عندما تكون مقاومته ( $8\Omega$ ) .

## الموصلات الأومية :

موصلات أومية : لا تتغير مقاومتها بتغير فرق الجهد بين طرفيها (عند ثبات درجة الحرارة) .

← العلاقة بين  $(I)$  و  $(V)$  خطية .

(مثال : الفلزات)

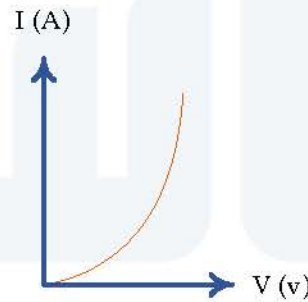


المقاومات

مواد لا أومية : تتغير مقاومتها بتغير فرق الجهد بين طرفيها (عند ثبات درجة الحرارة) .

← العلاقة بين  $(I)$  و  $(V)$  غير خطية .

(مثال : أشباه الموصلات)



## أسئلة :

1) كيف نميز بين الموصلات الأومية والمواد اللا أومية ؟

← مقاومة الموصلات الأومية تبقى ثابتة عند تغير فرق الجهد (مع ثبات درجة الحرارة) ، أما المواد

لا أومية فتتغير بتغير فرق الجهد (مع ثبات درجة الحرارة) .

2) عندما ترتفع درجة حرارة الموصل الأومي فإن مقاومته تزداد :

أ) فسر زيادة مقاومته .

← بسبب الزيادة في سعة اهتزاز الذرات التي تؤدي إلى زيادة احتمال تصادم الإلكترونات بها ؛ فتزداد إعاقة الموصل لحركة الإلكترونات داخله (تزداد المقاومة) .

ب) هل زيادة مقاومته حينئذ تعني أنه لم يعد أومياً ؟ فسر إجابتك .

← يبقى أومياً ؛ حيث تبقى العلاقة بين الجهد والتيار خطية بثبات درجة الحرارة عند قيمة جديدة .

3) ماذا يمثل ميل الخط المستقيم في منحنى  $(I - V)$  ؟

← مقلوب المقاومة  $(\frac{1}{R})$  .

4) تستخدم المواد اللا أومية (أشباه الموصلات) في صناعة الوصلات الإلكترونية ، اذكر ثلاثة أمثلة على هذه الوصلات .

← 1) الثنائي . 2) الثنائي الباعث للضوء . 3) الترانزستور .

5) رسمت العلاقة البيانية لثلاثة موصلات مختلفة  $(a, b, c)$  بين التيار المار فيها وفرق الجهد

بين طرفيها كما في الشكل المجاور ، أجب عما يأتي :

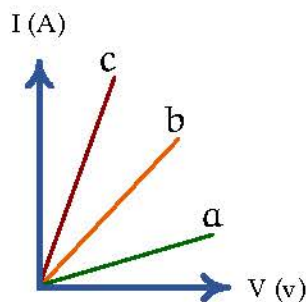
أ) هل تعتبر هذه الموصلات أومية ؟ فسر إجابتك .

← نعم ، لأن العلاقة بين  $(\Delta V)$  و  $(I)$  خطية .

ب) أي الموصلات مقاومتها أكبر ؟ ولماذا ؟

←  $(a)$  ، لأن المقاومة تساوي مقلوب الميل ، والمنحنى  $(a)$

يمتلك أقل ميل .



## ← المقاومة والمقاومية :

■ يمكن حساب مقاومة موصل منتظم الشكل بدلالة أبعاده بالعلاقة :

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

حيث :

$R$  : المقاومة الكهربائية  $[\Omega]$

$L$  : طول الموصل  $[m]$

$A$  : مساحة المقطع العرضي للموصل  $[m^2]$

$\rho$  : المقاومية  $[\Omega \cdot m]$

■ مقاومية المادة ( $\rho$ ) : " مقاومة عينة من المادة مساحة مقطعها  $(1m^2)$  ، وطولها  $(1m)$  عند درجة حرارة معينة " .

💡 تنبيه : المقاومية صفة للمادة ، بينما المقاومة صفة للجسم .

المقاومية ( $\Omega \cdot m$ )	المادة
$1.59 \times 10^{-8}$	فضة
$1.7 \times 10^{-8}$	نحاس
$2.44 \times 10^{-8}$	ذهب
$2.82 \times 10^{-8}$	ألومنيوم
$5.6 \times 10^{-8}$	تنغستن
$10 \times 10^{-8}$	حديد
$1.5 \times 10^{-6}$	نيكروم
$3.5 \times 10^{-5}$	كربون
640	سيليكون
$10^{10} - 10^{14}$	زجاج
$10^{13}$	مطاط

\* يمكن تصنيف المواد اعتماداً على قيم المقاومية إلى :

- (1) موصلة (مثل الفضة والنحاس) ←  $[\rho : \text{صغيرة جداً}]$
- (2) عازلة (مثل الزجاج والمطاط) ←  $[\rho : \text{كبيرة جداً}]$
- (3) أشباه موصلات (مثل السيليكون والجرمانيوم) ←  $[\rho : \text{متوسطة}]$
- (4) فائقة التوصيل ←  $[\rho = 0]$

### أسئلة :

(1) ما هي العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الموصل ؟

← (1) نوع مادة الموصل ( $\rho$ ) ← (طردياً)

(2) طول الموصل ( $L$ ) ← (طردياً)

(3) مساحة المقطع العرضي للموصل ( $A$ ) ← (عكسياً)

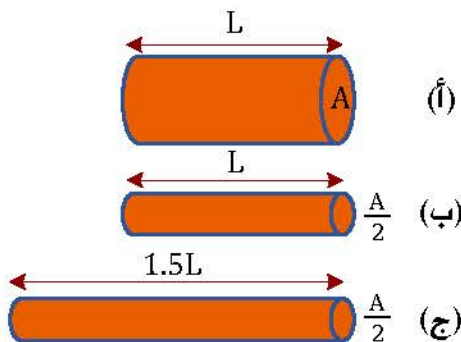
(2) **فسر :** " العلاقة بين مقاومة الموصل وطوله طردية " ؟

← لأن زيادة طول الموصل يؤدي إلى تعرض الإلكترونات الحرة إلى مزيد من التصادمات مما يعيق حركتها بشكل أكبر و يزيد مقاومة الموصل .

(3) **فسر :** " العلاقة بين مقاومة الموصل ومساحة مقطعه العرضي عكسية " ؟

← لأن زيادة مساحة المقطع العرضي للموصل يزيد من عدد الإلكترونات الحرة الناقلة للتيار ؛ فيزداد التيار و تقل المقاومة .

(4) ثلاثة موصلات نحاسية تختلف عن بعضها بمساحة المقطع ( $A$ ) والطول ( $L$ ) كما في الشكل المجاور ، رتب الموصلات تنازلياً وفق التيار العار في كلٍ منها عند وصل طرفي كلٍ منها بمصدر فرق جهد ( $V$ ) .





5) ماذا نعني بقولنا : " إنَّ مقاومة النحاس تساوي  $(1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m)$  عند درجة حرارة  $(20^\circ C)$  ؟ "

← أي أنَّ مقاومة عيّنة من النحاس مساحة مقطعها  $(1m^2)$  وطولها  $(1m)$  عند درجة حرارة  $(20^\circ C)$  تساوي  $(1.7 \times 10^{-8} \Omega)$  .

6) علل :

أ) " يُستخدم النحاس في صناعة أسلاك توصيل الكهرباء ؟ "

← بسبب انخفاض مقاومته الكهربائية ؛ فهو جيد التوصيل للكهرباء .

ب) " يُستخدم المطاط في صناعة مقابض أدوات صيانة الأجهزة الكهربائية ؟ "

← بسبب ارتفاع مقاومته الكهربائية ؛ فهو رديء التوصيل للكهرباء .

7) هل تغيير أبعاد الموصل يُغيّر قيمة  $(\rho)$  ؟

← لا ؛ لأنَّ  $(\rho)$  تعتمد على نوع المادة ودرجة الحرارة فقط .

8) كيف يمكن الحصول على مواد فائقة التوصيل ؟

← عن طريق خفض درجة حرارتها إلى درجات قريبة من الصفر المطلق .

9) فسر : " عند توليد تيار كهربائي في المواد فائقة التوصيل يستمر سريانها فيها مدة "

طويلة دون الحاجة إلى مصدر فرق جهد ؟ "

← لأنَّ مقاومتها الكهربائية تساوي صفراً .

10) اذكر استخداماً واحداً للمواد فائقة التوصيل .

← توليد المجال المغناطيسي في بعض الأجهزة كجهاز التصوير بالرنين المغناطيسي .



### أمثلة :

1) مصباح كهربائي يسري فيه تيار كهربائي ( $500 \text{ mA}$ ) عندما يتصل مع فرق جهد كهربائي ( $3\text{V}$ ) ، ما مقاومة المصباح ؟

2) فتيل مصباح متوهج مصنوع من سلك رفيع من التنغستن نصف قطره ( $10 \mu\text{m}$ ) على شكل ملف لولبي ، مقاومته ( $560\Omega$ ) ، عند شدّه جيداً تبين أنّ طول السلك ( $3.14 \text{ m}$ ) ، احسب مقاومة التنغستن .

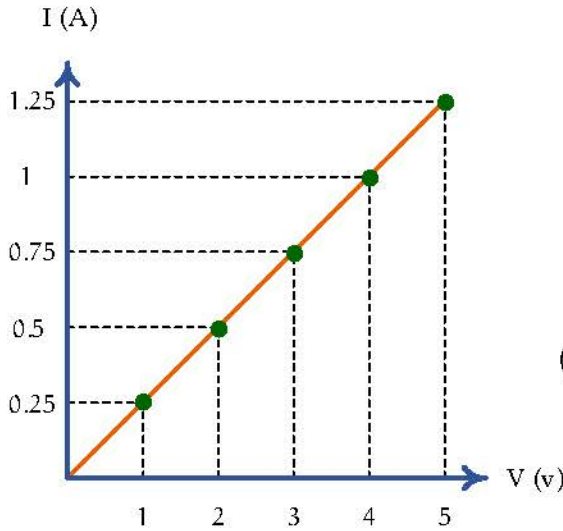
3) سلك مصنوع من النحاس طوله ( $500 \text{ m}$ ) ومساحة مقطعه ( $2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ) ، إذا كانت مقاومته ( $4\Omega$ ) ؛ فاحسب مقاومة النحاس ( $\rho$ ) .

4) سخان كهربائي صغير يعمل على جهد ( $220 \text{ V}$ ) ، إذا كان سلك التسخين فيه المصنوع من سبيكة النيكرام طوله ( $83 \text{ m}$ ) ونصف قطره ( $0.3 \text{ mm}$ ) ؛ فما مقدار التيار الكهربائي المار في السخان .

5) يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي موصل والتيار المار به ،

معتماً على الشكل وبياناته ؛ أجب عما يأتي :

أ) هل يعتبر هذا الموصل أومياً ؟ فسر إجابتك .



ب) احسب مقاومة الموصل إذا علمت أن طوله (5m)

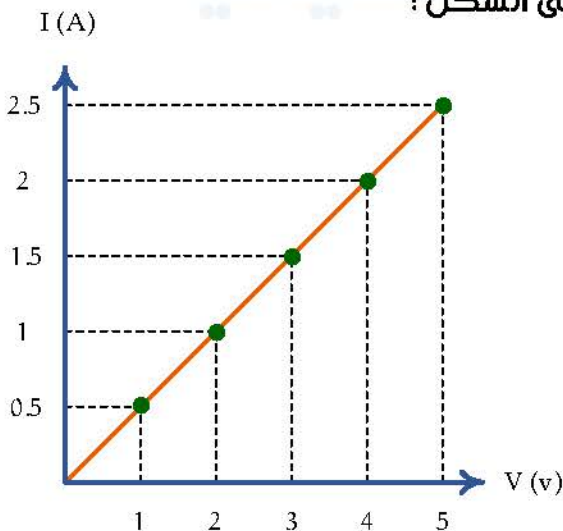
ومساحة مقطعه  $(2.5 \times 10^{-6} m^2)$  .

6) في تجربة لقياس مقاومة سلك طويل من الحديد ملفوف على بكرة ، مساحة مقطعه

$(1mm^2)$  ، وصل طالب طرفي السلك في دائرة كهربائية ثم أخذ قراءات مختلفة لتيار الدارة

وفرق الجهد بين طرفي السلك ، ومثل العلاقة بينهما بيانياً كما في الرسم البياني المجاور ،

إذا علمت أن درجة حرارته بقيت ثابتة ، ومعتماً على الشكل :



أ) جد مقاومة السلك .

ب) إذا علمت أن  $(\rho_{\text{حديد}} = 10 \times 10^{-8} \Omega.m)$  ؛ فجد

الطول الكلي للسلك الذي استخدمه الطالب .

ج) إذا استخدم الطالب جزءاً من اللفة طوله  $(L' = 2m)$ ؛ فجد مقاومة هذا الجزء  $(R')$  ومقاومته .

7) أريد معرفة طول سلك معزول ملفوف حول بكرة ، فقيست مقاومته الكلية فكانت  $(100\Omega)$  ، ثم أخذ جزء من السلك طوله  $(2m)$  ، فكانت مقاومته تساوي  $(0.3\Omega)$  ، من هذه المعلومات احسب طول السلك الكلي الملفوف على البكرة .

منصة أساس التعليمية

## ◀ القوة الدافعة الكهربائية :

← القوة الدافعة الكهربائية ( $\mathcal{E}$ ) : " الشغل الذي تبذله البطارية في نقل وحدة الشحنات

الموجبة داخل البطارية من قطبها السالب إلى قطبها

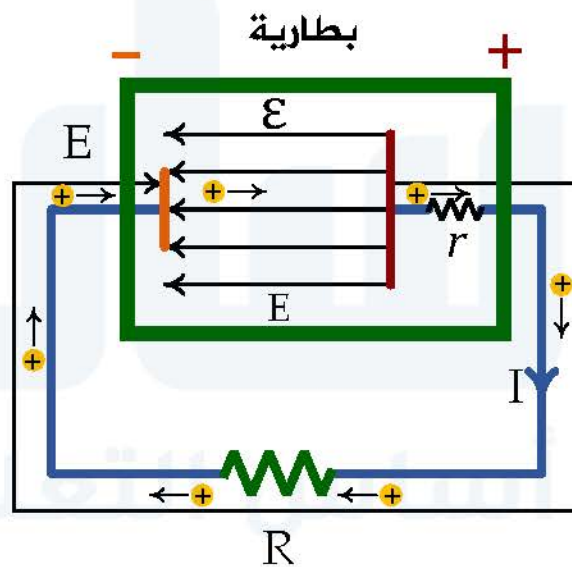
الموجب " ، وتقاس بوحدة "الفولت" ( $V$ ) .

$$\mathcal{E} = \frac{W}{\Delta Q}$$

حيث :

$W$  : الشغل الكلي المبذول على الشحنة المنقولة داخل البطارية [ J ]

$\Delta Q$  : مقدار الشحنة المنقولة [ C ]



⚡ **تنبيه :** يساوي مقدار ( $\mathcal{E}$ ) أكبر فرق جهد يمكن أن تولده البطارية بين قطبيها .

## أسئلة :

1) ماذا نعني بقولنا : " إنَّ القوة الدافعة الكهربائية لبطارية تساوي ( $3V$ ) " ؟

← أي أنَّ البطارية تبذل شغلاً مقداره ( $3 J$ ) لنقل وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب

إلى قطبها الموجب داخلها .

(2) اذكر مثالاً لمصدر القوة الدافعة الكهربائية .

← البطارية ؛ حيث تنتج طاقةً كهربائية عن طريق تفاعلات كيميائية تجري داخلها .

(3) ما المقصود بـ "المقاومة الداخلية ( $r$ )" ؟

← إعاقة حركة الشحنات داخل البطارية .

(4) **فسر :** " عند قياس فرق الجهد بين قطبي بطارية ؛ قد نجد أنه أقل من قوتها الدافعة الكهربائية " ؟

← بسبب وجود مقاومة داخلية تستهلك جزءاً من الطاقة الكهربائية المنتجة وتحوله إلى طاقة حرارية .

(5) عند عودة الشحنات الحرة إلى القطب السالب من البطارية تكون طاقة وضعها الكهربائية صفراً ، فأين ذهبت طاقتها ؟

← يتم استهلاكها في مقاومات الدارة وتحويلها إلى شكل آخر من أشكال الطاقة .

(6) ما تحولات الطاقة التي تحدث داخل البطارية في الحالتين :

أ) توليد القوة الدافعة الكهربائية وبذل شغل لتحريك الشحنات خلال الدارة .  
← من طاقة كيميائية إلى طاقة كهربائية .

ب) استهلاك جزء من طاقة البطارية داخلها بسبب المقاومة الداخلية لها .

← من طاقة كهربائية إلى طاقة حرارية .

(7) زودت كرة مولد "فان دي جرايف" بشحنة مقدارها ( $3\mu C$ ) ، ثم فُرغت على شكل شرارة طاقتها ( $600\text{ mJ}$ ) ، جد مقدار الجهد الكهربائي الذي وصلت إليه الكرة .

←



## ← التمثيل البياني لتغيرات الجهد الكهربائي :

■ فرق جهد المقاومة الداخلية :

$$\Delta V_r = Ir$$

■ فرق جهد البطارية :

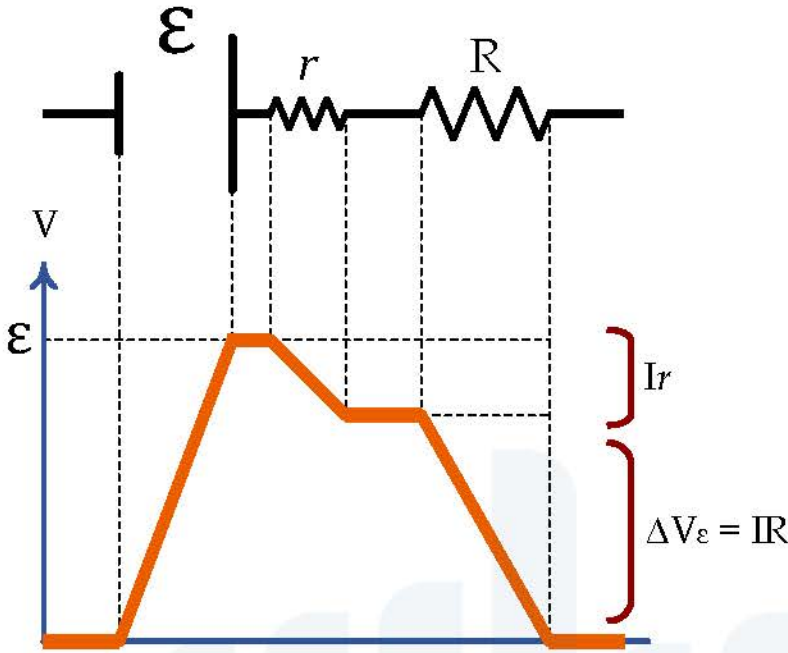
$$\Delta V_\varepsilon = \varepsilon - Ir$$

■ فرق جهد المقاومة الخارجية :

$$\Delta V_R = IR$$

■ القوة الدافعة الكهربائية :

$$\varepsilon = Ir + IR$$



**سؤال :** متى يكون جهد البطارية مساوياً لقوتها الدافعة (بطارية مثالية) ؟

← في حالتين :

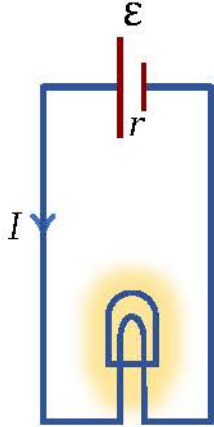
(1) إذا كان  $(I = 0)$  .

(2) إذا كانت  $(r = 0)$  .



### أمثلة :

- 1) بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ( $12V$ ) ومقاومتها الداخلية ( $0.5\Omega$ ) ، وصل قطباها مع مصباح في دائرة كهربائية كما في الشكل ؛ فكان التيار المار فيها ( $2.4A$ ) ، احسب :  
 أ) فرق جهد المقاومة الداخلية .



- ب) فرق الجهد بين قطبي البطارية .

- 2) دائرة كهربائية تتكون من بطارية ومقاومة ومفتاح ، يتصل طرفا البطارية بفولتميتر ، إذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح مفتوح ( $12V$ ) ، وعند إغلاق المفتاح تصبح ( $9V$ ) ؛ فأجب عما يأتي :

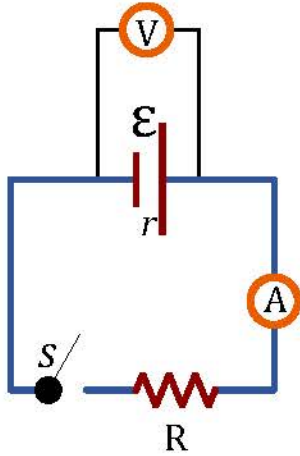
- أ) ماذا تمثل قراءة الفولتميتر والمفتاح مفتوح ؟

- ب) إذا كانت المقاومة الداخلية للبطارية ( $1\Omega$ ) ، فما مقدار التيار الكهربائي المار في الدارة ؟

3) إذا كانت قراءة الفولتميتر قبل غلق المفتاح ( $10V$ ) ، وبعد غلق المفتاح ( $8V$ ) وقراءة

الأميتر ( $2A$ ) ؛ فجد :

أ) الهبوط في جهد البطارية .

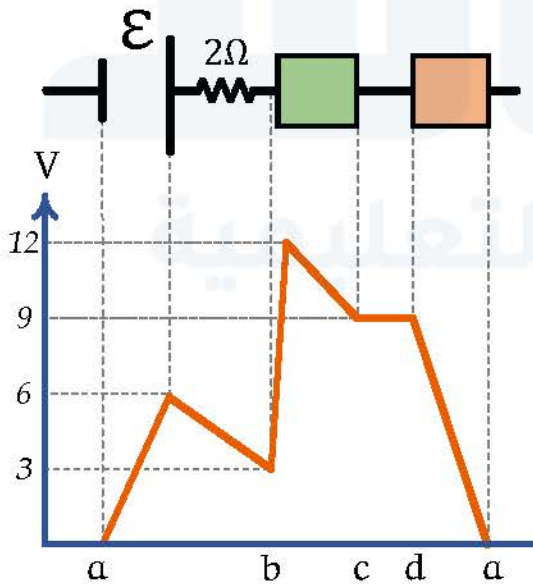


ب) ( $R, r$ ) .

4) مُثلت تغيرات الجهد في دارة كهربائية بيانيًا كما في الشكل المجاور ، معتمداً على بيانات

الشكل جد كلاً من :

أ) التيار الكهربائي في الدارة .



ب) العنصر الموصول بين النقطتين ( $b$ ) و ( $c$ ) ، وقياساته .

ج) العنصر الموصول بين النقطتين ( $d$ ) و ( $a$ ) ، وقياساته .

5) تتكون دائرة كهربائية من بطارية لها مقاومة داخلية ومكونات أخرى ، يمر فيها تيار كهربائي  $(1.6A)$  بالاتجاه من  $(a)$  إلى  $(a)$  ، مُثلت تغيرات الجهد فيها بيانياً كما في

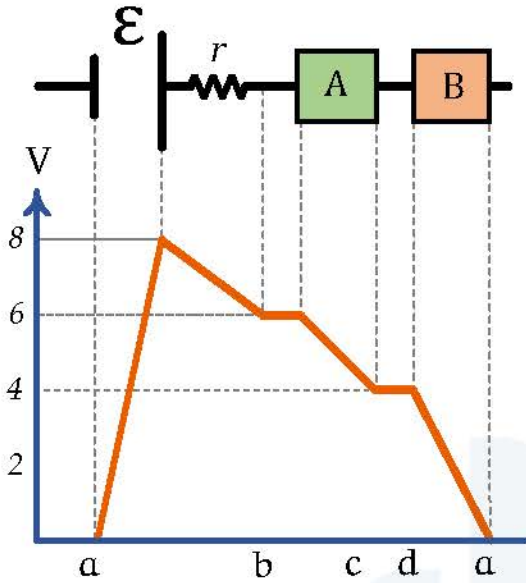
الشكل المجاور ، جد ما يأتي :

أ) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية .

ب) المقاومة الداخلية للبطارية .

ج) حدد نوع العنصر  $(A)$  ، وجد قياساته .

د) حدد نوع العنصر  $(B)$  ، وجد قياساته .



منصة أساس التعليمية

## الدرس الثاني

# القدرة الكهربائية والدائرة البسيطة

## ◀ القدرة الكهربائية :

◀ القدرة الكهربائية ( $P$ ) : " الشغل المبذول لنقل شحنة بين نقطتين بينهما فرق في الجهد

خلال وحدة الزمن " ، وتقاس بوحدة ( $W$ ) .

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

حيث :

$P$  : القدرة الكهربائية [ $W$ ]

$W$  : الشغل المبذول على الشحنة المنقولة [ $J$ ]

$\Delta t$  : الزمن [ $s$ ]

مُنتَجة (القدرة الكهربائية للبطارية)

$$P_{\varepsilon} = I\varepsilon$$

القدرة  
الكهربائية

مُستهلكة (قدرة المقاومات " $R, r$ ")

$P_R = I^2 R$	$P_r = I^2 r$
$P_R = IV_R$	$P_r = IV_r$
$P_R = \frac{V_R^2}{R}$	$P_r = \frac{V_r^2}{r}$

◀ من مبدأ حفظ الطاقة :

القدرة المنتجة = القدرة المستهلكة

$$I^2 R + I^2 r = I\varepsilon$$

القدرة المنتجة في البطارية  
القدرة المستهلكة في المقاومة الداخلية  
القدرة المستهلكة في المقاومة الخارجية

### أسئلة :

(1) وضح المقصود بـ " القدرة الكهربائية للبطارية ( $P_E$ ) " .

← المعدل الزمني للشغل الذي تبذله البطارية .

(2) اشتق وحدة قياس القدرة الكهربائية .

←

(3) ماذا نعني بقولنا :

أ) " إنَّ قدرة جهاز كهربائي ( $1W$ ) " ؟

← أي أنه يستهلك طاقةً كهربائية بمقدار (1) كل ثانية .

ب) " إنَّ قدرة جهاز كهربائي ( $15W$ ) " ؟

←

(4) موصلان ( $A$ ) و ( $B$ ) متساويان في الطول ومساحة المقطع ، وصل كلٌّ منهما مع مصدر الجهد

الكهربائي نفسه ، إذا كانت مقاومة مادة الموصل ( $A$ ) مثلي مقاومة مادة الموصل ( $B$ ) ؛ فما

نسبة القدرة التي يستهلكها الموصل ( $A$ ) إلى الموصل ( $B$ ) ؟

←



## ← استهلاك الطاقة الكهربائية :

- يمكن حساب كمية الطاقة الكهربائية ( $E$ ) المستهلكة في جهاز كهربائي خلال زمن تشغيله بالعلاقة :

$$E = P\Delta t$$

حيث :

$E$  : الطاقة الكهربائية المستهلكة في جهاز كهربائي .

$P$  : قدرة الجهاز الكهربائية .

$\Delta t$  : زمن تشغيل الجهاز الكهربائي .

$[E] : [J]$  (جول)

$[P] : [W]$  (واط)

$[\Delta t] : [s]$  (ثانية)

وحدات  
القياس

$[E] : [kWh]$  (كيلو واط.ساعة)

$[P] : [kW]$  (كيلو واط)

$[\Delta t] : [h]$  (ساعة)

- يمكن حساب تكلفة استهلاك الطاقة الكهربائية بالعلاقة :

$$cost = E \times price$$

حيث :

$cost$  : التكلفة  $[JD]$

$E$  : كمية الطاقة المستهلكة  $[kWh]$

$price$  : سعر وحدة الطاقة  $[JD/kWh]$

**سؤال :** تتميز بطارية السيارة الكهربائية بقدرتها الكهربائية الكبيرة ؛ فهي تحتاج كمية

كبيرة من الطاقة الكهربائية ، وهذا يعني أن عملية الشحن تحتاج مدةً زمنية طويلة :

أ ) كيف يمكن تقليل هذه المدة الزمنية ؟

← عن طريق زيادة قدرة الشاحن وزيادة التيار الكهربائي عبر الأسلاك إلى البطارية .

ب) عند شحن السيارة في المنزل لا يُنصح بزيادة التيار عن (13A) ، فسر ذلك .

← لمنع ارتفاع درجة حرارة الأسلاك .

**أمثلة :**

1) يتصل مصباح الضوء الأمامي في السيارة مع مصدر فرق جهد (12V) ؛ فيسري فيه تيار

كهربائي مقداره (10A) ، ما القدرة الكهربائية المستهلكة في هذا المصباح ؟ وما

مقاومته الكهربائية ؟

2) مدفأة كهربائية صُنِعَ ملف التسخين فيها من سبيكة النيكرام ، إذا كانت مقاومة الملف

تساوي (22Ω) ، وكان الملف متجانساً ؛ فجد المعدل الزمني للطاقة المستهلكة في الملف

في الحالتين الآتيتين :

أ ) إذا وصلت المدفأة إلى مصدر فرق جهد (220V) .

ب) إذا قطع ملف التسخين إلى نصفين ، ثم وُصل أحد جزئيه إلى مصدر فرق جهد (220V) .

3) وُصل مجفف شعر كهربائي مع مصدر فرق جهد كهربائي مقداره  $(200V)$  ، إذا كانت قدرة

المجفف  $(1kW)$  ؛ فاحسب :

أ) مقاومة ملف مجفف الشعر .

ب) الطاقة الكهربائية المستهلكة عند تشغيل المجفف مدة  $(15 \text{ min})$  بوحدة  $(kWh)$  .

4) سخان كهربائي كُتب عليه  $(220V, 2200W)$  ، صُنعت مقاومته من سلك فلزي مساحة

مقطعه العرضي  $(0.16 \text{ mm}^2)$  ، ومقاومية مادته  $(1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m)$  ، احسب :

أ) طول السلك الفلزي الذي صُنعت المقاومة منه .

ب) أكبر تيار يمر في مقاومة السخان .

ج) الطاقة المصروفة عند تشغيل السخان مدة ساعتين .

5) سخان كهربائي يعمل على فرق جهد مقداره  $(200V)$  ، صُنعت مقاومته من سلك فلزي طوله  $(320m)$  ، ومقاومية مادته  $(2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m)$  ، إذا علمت أن الطاقة المصروفة عند تشغيل السخان مدة ساعة واحدة تساوي  $(72 \times 10^5 J)$  ؛ فاحسب :  
 أ) أكبر تيار كهربائي يمر في مقاومة السخان .

ب) مساحة مقطع السلك .

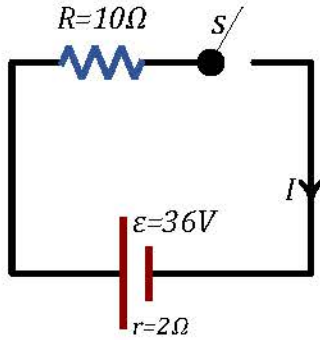
6) سيارة كهربائية تُخزن بطايرتها طاقةً مقدارها  $(24 kWh)$  ، وصلت بشاحن يزودها بتيار  $(16A)$  عند فرق جهد  $(220V)$  ، جد :  
 أ) القدرة الكهربائية للشاحن .

ب) المدة الزمنية لشحن البطارية بشكل كامل .

ج) تكلفة شحن السيارة بشكل كامل إذا علمت أن سعر وحدة  $(kWh)$  هو  $(0.1 JD)$  .

7) في الدارة الكهربائية المبينة في الشكل المجاور ؛ أُغلق المفتاح (s) مدة (5 min) ، إذا

كان التيار (3A) ؛ فاحسب ما يأتي :



أ) الطاقة الكهربائية التي تنتجها البطارية (الشغل الذي تبذله) .

ب) الطاقة الكهربائية التي تستهلكها كل مقاومة .

ج) نوع تحويلات الطاقة في البطارية وفي المقاومات .

8) وُصلت سيارة أطفال كهربائية مع شاحن كهربائي فرق جهده (12V) ، وقدرته (120W)

حتى اكتملت عملية الشحن ، إذا علمت أن مقدار الطاقة الكهربائية التي انتقلت إلى

البطارية (2.4 kWh) ؛ فاحسب :

أ) المدة الزمنية لاكتمال عملية الشحن .

ب) التيار العار بين الشاحن وبطارية السيارة .

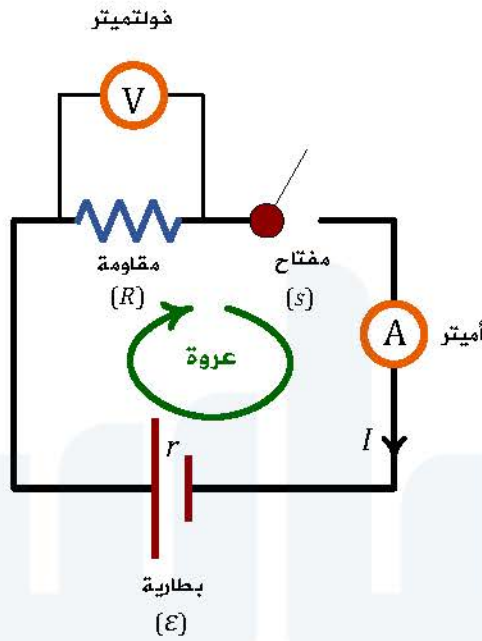
ج) إذا كان سعر وحدة الطاقة الكهربائية (0.1 JD/kWh) ؛ فاحسب تكلفة شحن السيارة .

د) هل يمكن شحن السيارة باستخدام شاحن فرق جهده (12V) ، والتيار الذي ينتجه (1A) ؟

## ◀ الدارة الكهربائية البسيطة :

← الدارة الكهربائية البسيطة : " دارة كهربائية يمكن تبسيطها واختصارها في عروة واحدة بحيث يمر فيها تيار واحد " .

### ■ مكونات الدارة الكهربائية البسيطة :



(1) مسار مغلق (عروة) .

(2) بطارية .

(3) مقاومة .

(4) مفتاح .

(5) أسلاك توصيل .

(6) أجهزة قياس .

### ■ معادلة الدارة البسيطة :

← بناءً على مبدأ حفظ الطاقة ( $\sum P = P_E + P_R + P_r = 0$ ) نجد أن :

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

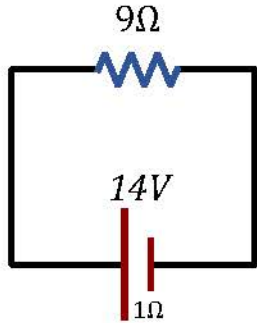
حيث :

$I$  : التيار الكهربائي الكلي [A]

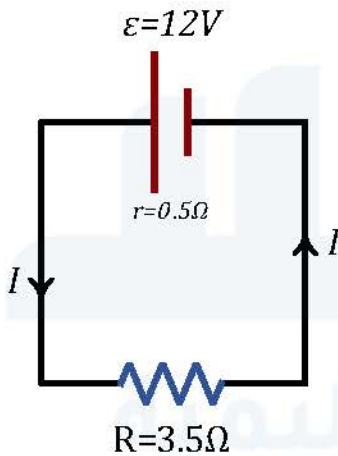


### أمثلة :

- (1) تتكون دائرة كهربائية بسيطة من بطارية ومقاومة خارجية مُبَيَّنَةٌ قِيمُهَا في الشكل المجاور ، إذا كانت المقاومة الداخلية للبطارية تساوي  $(1\Omega)$  ؛ فاحسب قيمة التيار في الدارة وحدد اتجاهه .



- (2) بطارية قوتها الدافعة الكهربائية تساوي  $(12V)$  ، ومقاومتها الداخلية  $(0.5\Omega)$  ، وصل قطبها بمقاومة مقدارها  $(3.5\Omega)$  ، احسب :



أ) التيار العار في الدارة .

ب) فرق الجهد بين قطبي البطارية .

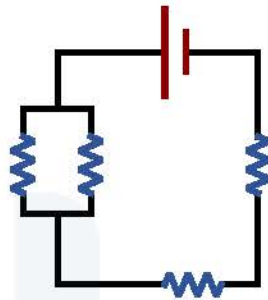
ج) قدرة البطارية .

- (3) دائرة كهربائية بسيطة فيها بطارية قوتها الدافعة الكهربائية  $(\varepsilon)$  ، ومقاومتها الداخلية  $(r)$  ، وصلت مع مقاومة خارجية  $(R)$  ، أثبت أن الهبوط في جهد البطارية يساوي  $(\varepsilon - IR)$  .

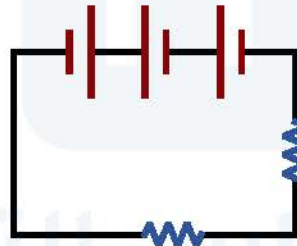
انتظر قليلاً 😊 ... في الأمثلة السابقة كانت الدارات الكهربائية تتكون من بطارية واحدة ومقاومة واحدة ، ولكن كيف سيكون الأمر بوجود عدة بطاريات ومقاومات في الدارة نفسها ؟

✨ أولاً : تهيئ الدارة البسيطة :

■ بطارية واحدة .



■ أكثر من بطارية على خط واحد .



✨ ثانياً : معادلة الدارة البسيطة :

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{\sum R + \sum r}$$

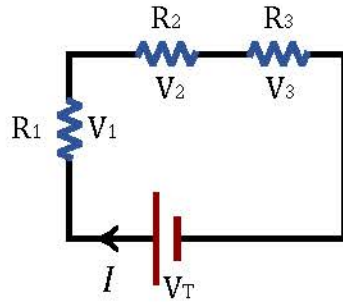
## الدرس الثالث

# توصيل المقاومات

# وقاعدتا كيرشوف

## ◀ توصيل المقاومات :

## 1 التوصيل على التوالي :



← الخصائص :

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \quad (1)$$

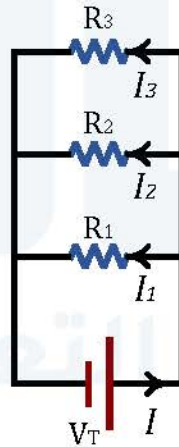
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2)$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3)$$

(4) المقاومة المكافئة ( $R_{eq}$ ) أكبر من أكبر مقاومة في المجموعة .

(5) عند حدوث قطع في مقاومة يتوقف التيار في المقاومات جميعها .

## 2 التوصيل على التوازي :



← الخصائص :

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \quad (1)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2)$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (3)$$

(4) المقاومة المكافئة ( $R_{eq}$ ) أصغر من أصغر مقاومة في المجموعة .

(5) عند حدوث قطع في أي فرع ؛ فإنّ الفروع الأخرى لن تتأثر .

## أسئلة :

(1) ما طريقة توصيل الأجهزة المنزلية والمصابيح في المنازل والطرقات ؟ فسر إجابتك .

← التوازي ؛ لأنه عند تلف أحد الأجهزة أو المصابيح لا تتأثر الأجهزة والمصابيح الأخرى .

2) كيف تَصِلُ بين مقاومات الدارة إذا :

أ) أردت تجزئة التيار الكهربائي المار فيها ؟

← على التوازي .

ب) أردت تجزئة جهد المصدر وتقليل التيار المار في الدارة ؟

← على التوالي .

3) **فسر :** " يكون التيار الكهربائي الكلي لدارة فيها ثلاث مقاومات موصولة معاً على التوالي

أقل من التيار الكلي في الدارة نفسها عند وصل المقاومات نفسها على التوازي " ؟

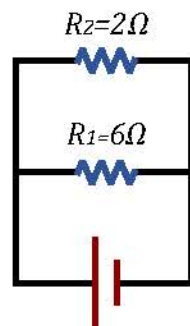
← لأن وصل المقاومات على التوالي يزيد قيمة المقاومة المكافئة للدارة فتقل قيمة التيار

الكلي فيها (علاقة عكسية) ، بينما يعمل وصلها على التوازي على إنقاص قيمة المقاومة

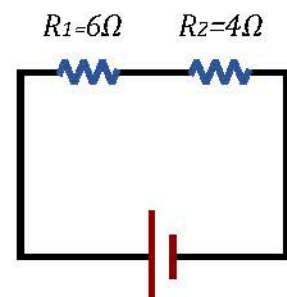
المكافئة للدارة فتزيد قيمة التيار الكلي فيها (علاقة عكسية) .

## أمثلة : منصة أساس التعليمية

1) احسب المقاومة المكافئة ( $R_{eq}$ ) لمجموعة المقاومات لكلٍ من الدارتين الآتيتين :



(ب)

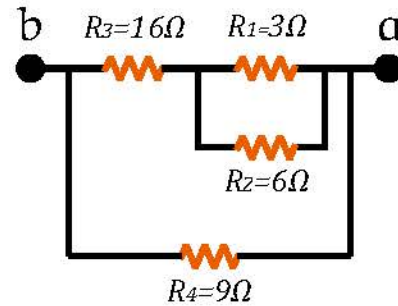


(أ)

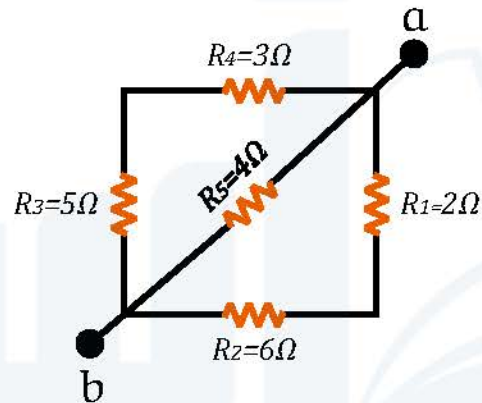
2) احسب المقاومة المكافئة ( $R_{eq}$ ) بين النقطتين ( $a, b$ ) لمجموعة المقاومات في كلٍ من

الدارات الآتية :

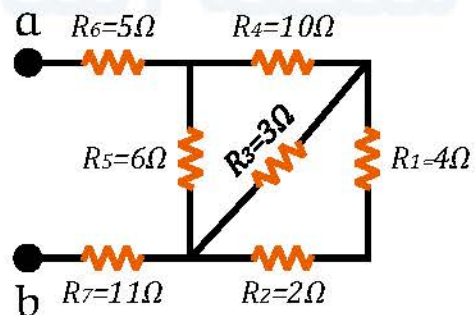
(أ)



(ب)



(ج)

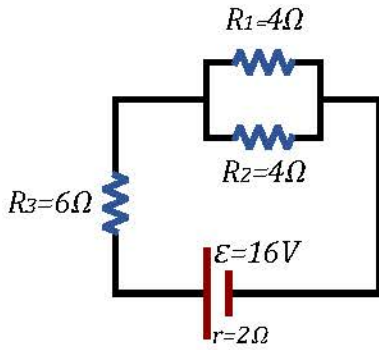




3) يمثل الشكل المجاور دائرة كهربائية بسيطة ، معتمداً على القيم المثبتة عليه احسب

كلأ من :

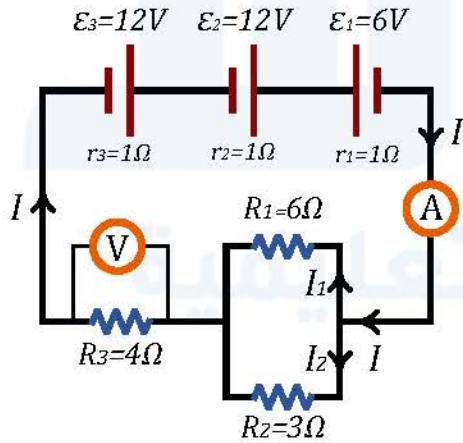
أ) المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث .



ب) التيار الكلي الخارج في الدارة .

4) معتمداً على البيانات المثبتة في الشكل المجاور ، جد :

أ) قراءة الأميتر .



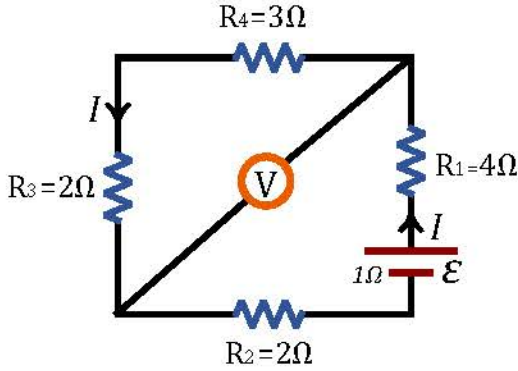
ب) قراءة الفولتميتر .

ج)  $(I_1, I_2)$  .

5) في الدارة الموضحة في الشكل المجاور ، إذا كانت قراءة الفولتميتر تساوي  $(15V)$  ؛

فاحسب :

أ) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية .



ب) قدرة البطارية .

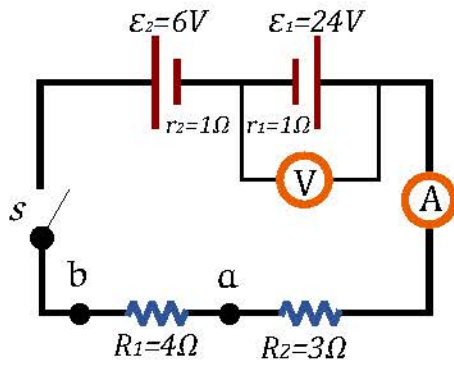
ج) القدرة المستهلكة داخل البطارية .

د) الهبوط في الجهد داخل البطارية .

هـ) الحرارة المتولدة في المقاومة  $(4\Omega)$  مدة دقيقة واحدة .

6) في الشكل المجاور ، واعتماداً على البيانات المثبتة عليه :

أ) جد قراءة الفولتميتر قبل إغلاق المفتاح .



ب) بعد إغلاق المفتاح ، جد :

1) فرق الجهد بين النقطتين  $(a, b)$  .

2) قيمة المقاومة الواجب توصيلها مع  $(3\Omega)$  وكيفية توصيلها لتصبح قراءة الأميتر

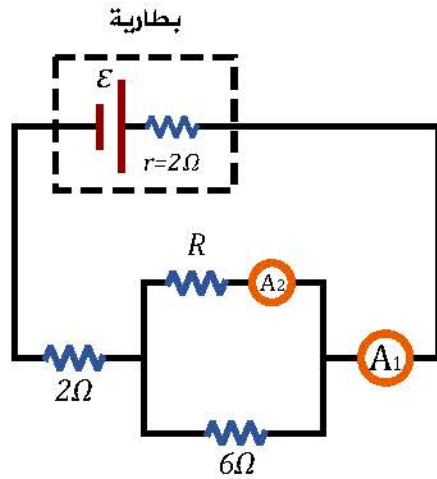
تساوي  $(2.25A)$  .

منصة أساس التعليمية

7) يمثل الشكل المجاور دائرة كهربائية بسيطة ، وتغيرات الجهد عبر أجزائها ، اعتماداً على

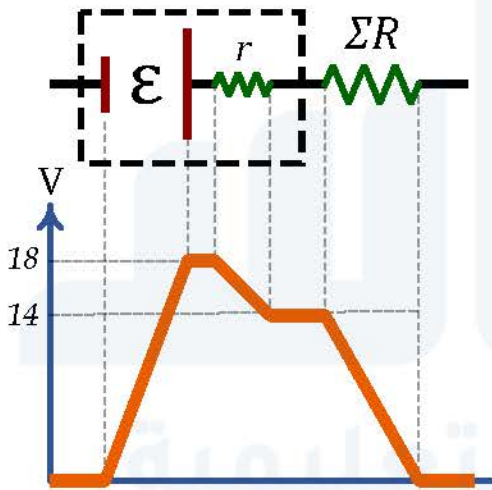
الشكل جد ما يأتي :

أ) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية .



ب) قراءة الأميتر الأول .

ج) مقدار المقاومة ( $R$ ) .



د) قراءة الأميتر الثاني .

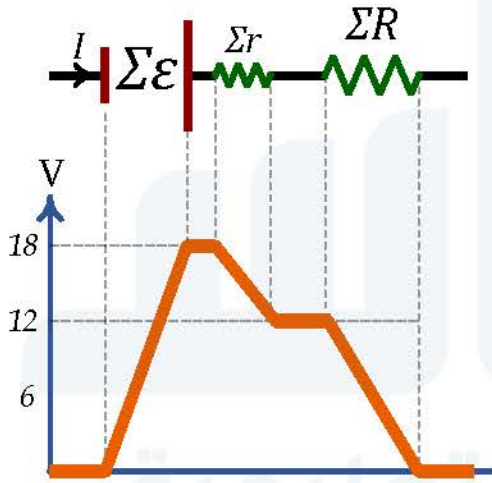
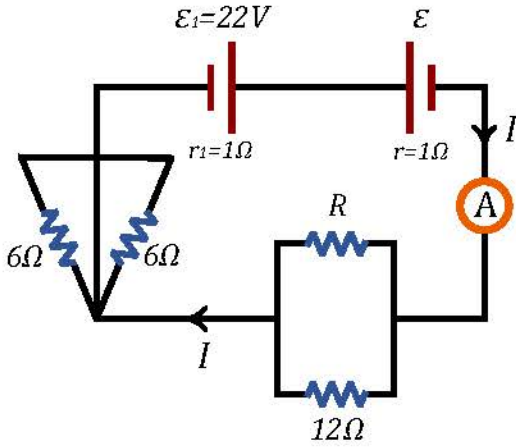
8) إذا مُثلّت التغيرات في الجهد عبر الدارة الكهربائية البسيطة المُبينة في الشكل بالرسم

البياني المجاور لها ، بالاعتماد على المعلومات المثبتة على كلٍ منهما احسب مقدار

كلٍ من :

أ) القوة الدافعة الكهربائية ( $\mathcal{E}$ ) .

ب) قراءة الأميتر .



ج) المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الخارجية .

د) المقاومة المجهولة ( $R$ ) .

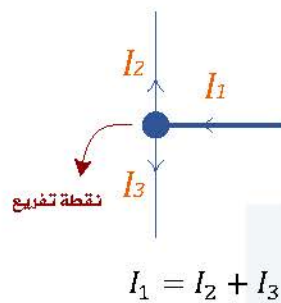
## ◀ قاعدة كيرشوف :

◀ للتعامل مع الدارات الكهربائية المركبة (أكثر من بطارية على خطوط مختلفة) فإننا نستخدم

قاعدتي كيرشوف :

1 قاعدة كيرشوف الأولى (قاعدة الوصلة) :

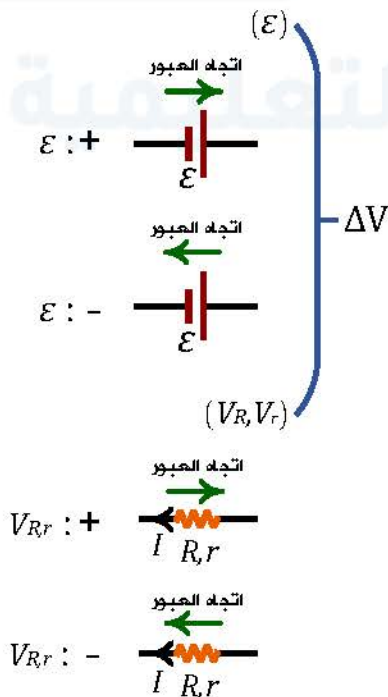
" المجموع الجبري للتيارات عند أي نقطة تفرع في دائرة كهربائية يساوي صفراً " .



$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

2 قاعدة كيرشوف الثانية (قاعدة العروة) :

" المجموع الجبري لتغيرات الجهد عبر مكونات مسارٍ مغلقٍ في دائرة كهربائية يساوي صفراً " .



$$\sum_{aa} \Delta V = 0$$



### فيسر :

أ) " تمثل قاعدة كيرشوف الأولى إحدى صور مبدأ حفظ الشحنة " ؟

← لأن كمية الشحنة الداخلة باتجاه نقطة في دائرة كهربائية تساوي كمية الشحنة المغادرة لها ، ولا يمكن أن تتراكم الشحنة عند تلك النقطة .

ب) " تمثل قاعدة كيرشوف الثانية إحدى صور مبدأ حفظ الطاقة " ؟

← لأن القوة الكهربائية محافظة ، فتكون طاقة نظام (الشحنة – الدارة) محفوظة عند حركة الشحنة من نقطة محددة والعودة إليها ، أي أن التغير في طاقة الوضع الكهربائية يساوي صفراً ( $\Delta PE = \sum \Delta V = 0$ ) .

ج) " يَعدُّ فرق الجهد بين طرفي المقاومة سالِباً عند عبورها باتجاه التيار العار فيها " ؟

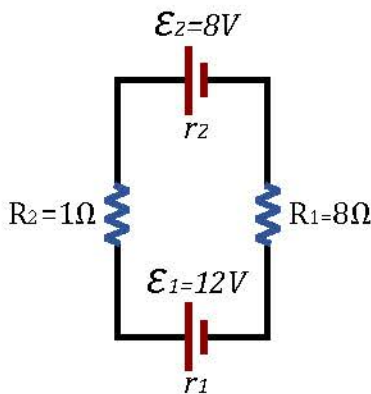
← لأن عبور المقاومة باتجاه التيار العار فيها يعني الانتقال من جهد مرتفع عند بداية المقاومة إلى جهد منخفض عند نهايتها ؛ فيقل الجهد .

### أمثلة :

1) دائرة كهربائية بسيطة تتكون من بطاريتين ومقاومتين ، إذا كانت كلتا المقاومتين

الداخليتين تساوي ( $0.5\Omega$ ) ، وباستخدام القاعدة الثانية لكيرشوف ؛ جد قيمة التيار وحدد

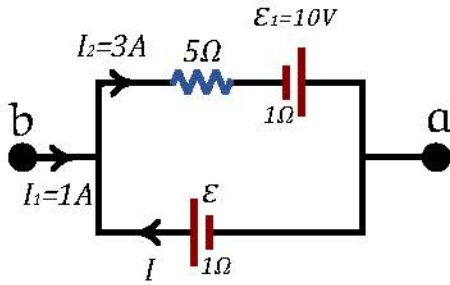
اتجاهه .



2) الشكل المجاور يمثل جزءاً من دائرة كهربائية ، معتمداً على البيانات الموجودة عليه ،

احسب :

أ)  $(V_a - V_b)$  .



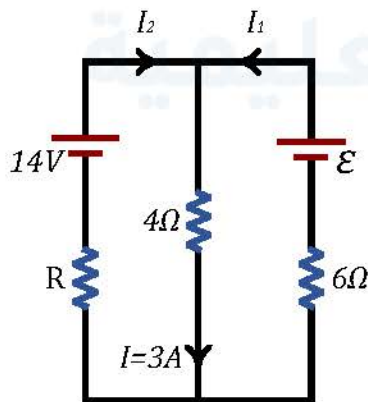
ب) القوة الدافعة الكهربائية للبطارية ( $\epsilon$ ) .

ج) الطاقة الكهربائية المستهلكة في المقاومة ( $5\Omega$ ) خلال دقيقتين .

3) معتمداً على البيانات المثبتة في الدارة المرسومة جانباً ، وإذا كانت القدرة المستهلكة في

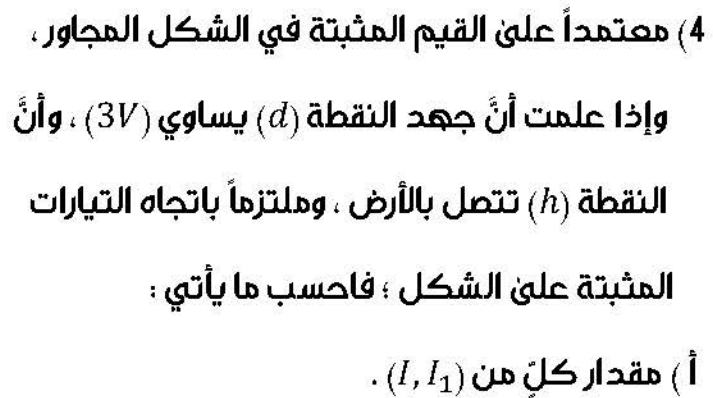
المقاومة ( $6\Omega$ ) تساوي ( $24W$ ) ؛ فاحسب قيمة كلٍ من :

أ) التيارات ( $I_1, I_2$ ) .



ب) المقاومة ( $R$ ) .

ج) القوة الدافعة ( $\epsilon$ ) .



5) يمثل الرسم المجاور جزءاً من دائرة كهربائية ، إذا علمت أن  $(V_h - V_d)$  يساوي  $(12V)$  ، واعتماداً على القيم المثبتة على الرسم ؛ فاحسب :



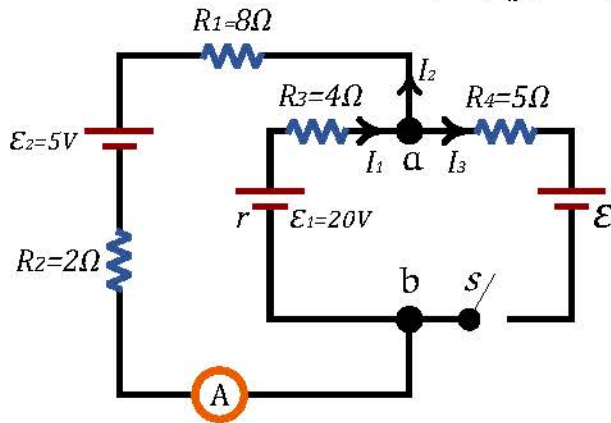
(ب) القوة الدافعة الكهربائية (ε) .

$$\cdot (V_a - V_b) (2$$

6) معتمداً على الشكل المجاور وبياناته ، أجب عما يأتي :

أولاً : إذا كانت قراءة الأميتر قبل إغلاق المفتاح (s) تساوي (1A) ؛

فاحسب المقاومة الداخلية (r) .



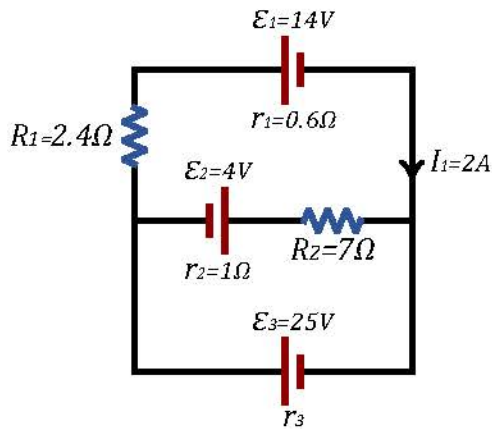
ثانياً : بعد إغلاق المفتاح (s) ، إذا كان  $(V_a - V_b = 11V)$  ؛ فاحسب :

أ) قراءة الأميتر .

ب) مقدار القوة الدافعة الكهربائية (ε) .

منصة أساس التعليمية

7) تتكون دائرة كهربائية من عروتين كما في الشكل ، معتمداً على بيانات الشكل ؛ احسب :  
أ) قيم باقي تيارات الدارة وحدد اتجاه كل تيار .

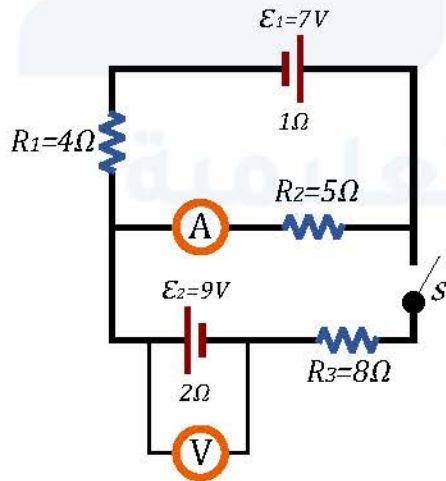


ب) مقدار المقاومة الداخلية ( $r_3$ ) .

**تحدي** : يمثل الشكل المجاور دائرة كهربائية ، بالاعتماد على البيانات المبينة عليه ؛

احسب قراءة كلٍ من الأميتر والفولتميتر في الحالتين الآتيتين :

أ) عندما يكون المفتاح (S) مفتوحاً .

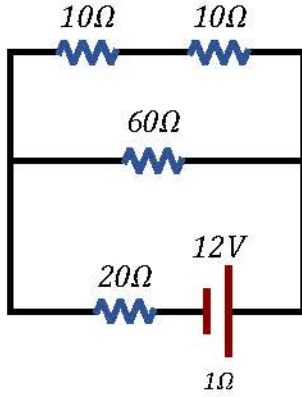


ب) عندما يكون المفتاح (S) مغلقاً .



## فهمت الوحدة ؟ اختبر نفسك

1 اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل المجاور : جد :



أ) المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات .

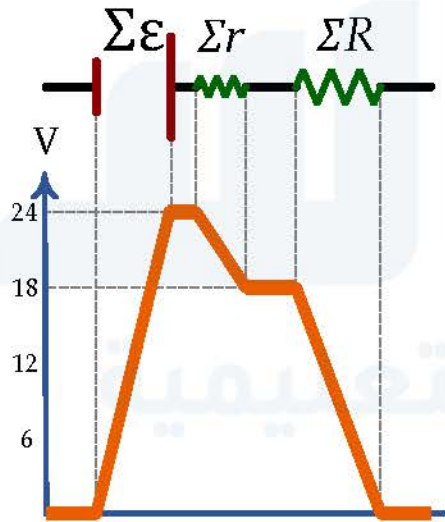
ب) التيار الكهربائي المار في المقاومة ( $20\Omega$ ) .

ج) الهبوط في جهد البطارية .

د) جهد المقاومة ( $60\Omega$ ) .

هـ) القدرة الكهربائية المستهلكة في المقاومة ( $10\Omega$ ) .

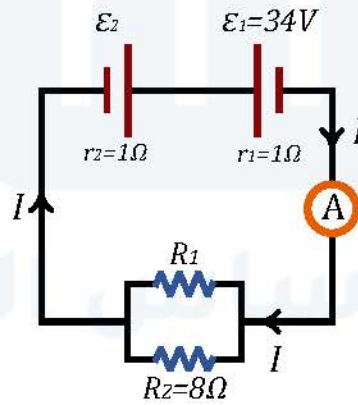
2 يبين الشكل المجاور دائرة كهربائية بسيطة والتمثيل البياني للتغيرات في الجهد عبر أجزاء الدارة الكهربائية ، مستعيناً بالبيانات الواردة في كلٍ منهما ؛ احسب :



أ) القوة الدافعة الكهربائية ( $\varepsilon_2$ ) .

ب) تيار الدارة ( $I$ ) .

ج) المقاومة ( $R_1$ ) .



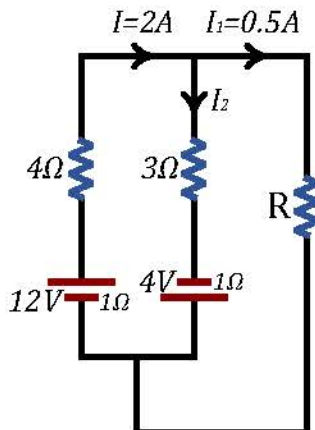
3 اعتماداً على البيانات المثبتة في الشكل : جد :

أ) التيار الكهربائي ( $I_2$ ) .

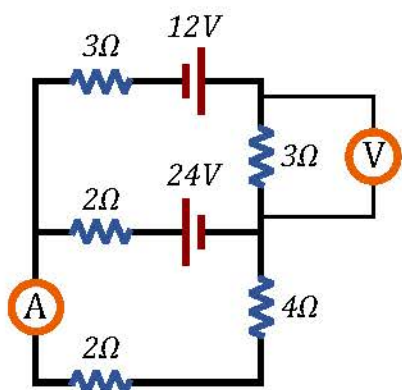
ب) المقاومة ( $R$ ) .

ج) مقاومة مادة المقاومة ( $R$ ) إذا علمت أن طولها ( $0.8m$ )

ومساحة مقطعها ( $7 \times 10^{-7} m^2$ ) .







4 في الشكل المجاور؛ جد :

أ) قراءة الأميتر .

ب) قراءة الفولتميتر .

ج) القدرة المستهلكة في المقاومة ( $3\Omega$ ) .

5 موصلان ( $a, b$ ) وصلا مع مصدر فرق جهد كهربائي متغير القيمة ؛ فكان التيار العار في

كلٍ منهما عند قيم مختلفة لفرق الجهد كما هو موضح في الجدول المجاور ، أجب

عما يأتي :

$V(V)$	3	5	10
$I_a(A)$	0.6	1	2
$I_b(A)$	0.6	0.9	1.2

أ) أيّ الموصلين يُعدّ أومياً ؟ ولماذا ؟

ب) اذكر مثالا على كلٍ من الموصلات

الأومية والمواد اللا أومية .

منصة أساس التعليمية

6 احسب المقاومة المكافئة بين النقطتين ( $a, b$ )

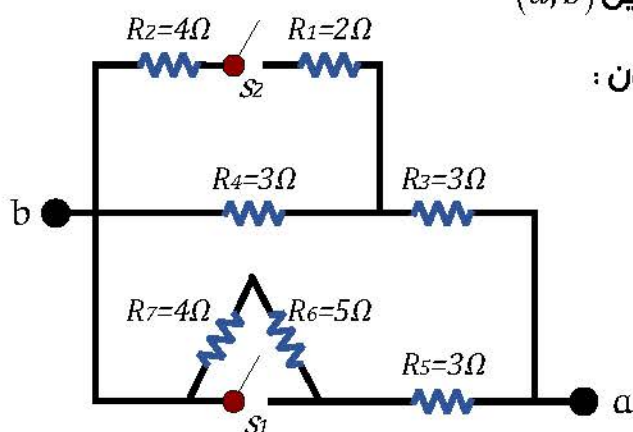
في الشكل المجاور ، وذلك عندما يكون :

أ) ( $s_1, s_2$ ) مفتوحين .

ب) ( $s_1$ ) مغلقاً فقط .

ج) ( $s_2$ ) مغلقاً فقط .

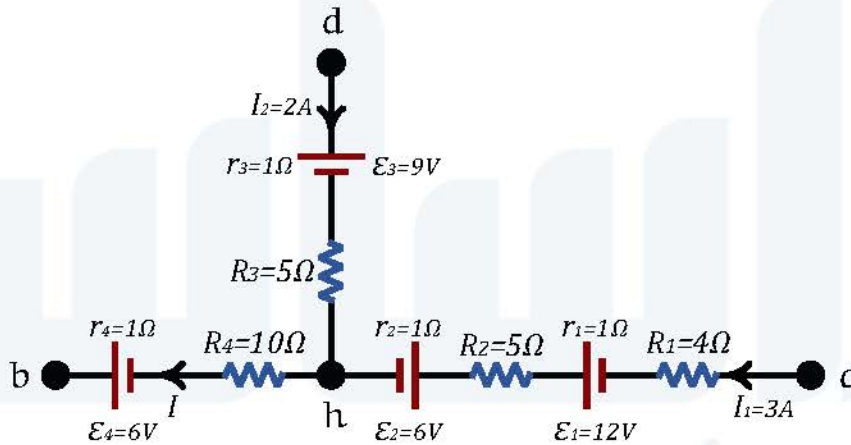
د) ( $s_1, s_2$ ) مغلقين .



7 مصباحان ، كُتِبَ على الأول  $(40W, 120V)$  ، وعلى الثاني  $(60W, 120V)$  ، جد القدرة المستهلكة في كل مصباح في الحالتين الآتيتين :

- أ) إذا وصلا معاً على التوالي ، ثم وصلا مع مصدر للجهد يعطي  $(120V)$  .  
 ب) إذا وصلا معاً على التوازي ، ثم وصلا مع مصدر للجهد يعطي  $(120V)$  .

8 يمثل الشكل المجاور جزءاً من دائرة كهربائية ، اعتمد على القيم المبينة في الشكل لإيجاد  $(V_d - V_a)$  و  $(V_b - V_d)$  و  $(V_a - V_b)$  .



منصة أساس التعليمية

# انتهت الوحدة الثالثة

أسأل الله لكم النجاح  
والتوفيق

◀ الوحدة الرابعة :

# المجال المغناطيسي

← الدرس الأول :

## القوة المغناطيسية

← الدرس الثاني :

## المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

## الدّرس الأول

# القوة

# المغناطيسية

## ◀ المجال المغناطيسي :

■ المغناطيس الدائم : " قطعة معدنية تجذب المواد المغناطيسية (مواد قابلة للتعطت ؛ مثل :

الحديد والنيكل والكوبالت والنيوديميوم) " .

سؤال : اذكر مادةً مهفنة طبيعياً .

← معدن الهنتيت .

\* لكل مغناطيس قطبان ؛ شمالي (N) وجنوبي (S) .. ولا يوجد قطب مغناطيسي منفرد .

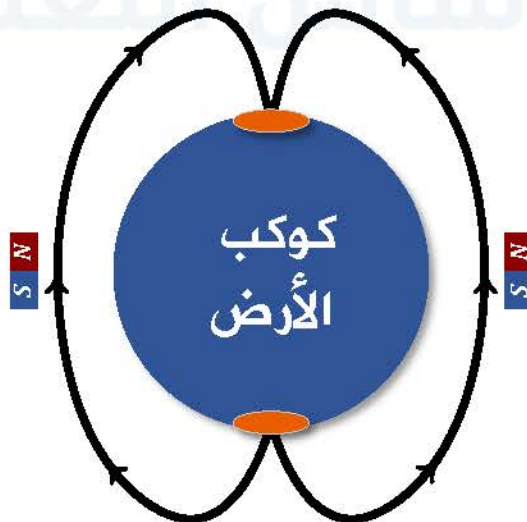


\* الأقطاب المتشابهة تتنافر ، والأقطاب المختلفة تتجاذب .

\* يشير قطب المغناطيس (البوصلة) الشمالي نحو الشمال الجغرافي للأرض .

يشير قطب المغناطيس (البوصلة) الجنوبي نحو الجنوب الجغرافي للأرض .

القطب الجنوبي المغناطيسي  
(القطب الشمالي الجغرافي)



القطب الشمالي المغناطيسي  
(القطب الجنوبي الجغرافي)



⚡ **تنبيه:** تأثير المغناطيس في المواد المغناطيسية المحيطة به دليلٌ على وجود قوة

مغناطيسية ذات تأثير عن بعد (قوة مجال) .

← **المجال المغناطيسي ( $B$ ):** " خصيصة للحيز المحيط بالمغناطيس ، ويظهر في هذا الحيز تأثير

المجال المغناطيسي على شكل قوى مغناطيسية تؤثر في

المغناط الأخرى والمواد المغناطيسية " ، وهو كمية متجهة .

← **خطوط المجال المغناطيسي:** " خطوط وهمية تُعَبِّرُ عن المجال المغناطيسي من حيث

مقداره واتجاهه " .

⚡ **تنبيه:** يمكن استخدام برادة الحديد أو الإبرة المغناطيسية (البوصلة) لترسيم خطوط

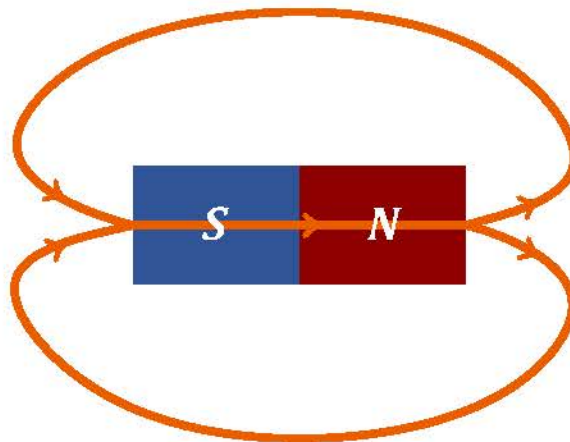
المجال المغناطيسي .

■ **خصائص خطوط المجال المغناطيسي:**

(1) خطوط وهمية .

(2) مغلقة ؛ تخرج من القطب الشمالي وتدخل القطب الجنوبي ، وتكمل مسارها داخل

المغناطيس من القطب الجنوبي إلى الشمالي .



(3) يتم تحديد اتجاه المجال المغناطيسي عند أي نقطة على خط المجال بواسطة رسم مماس عند تلك النقطة ، وعملياً بوضع بوصلة في تلك النقطة ؛ حيث يشير قطبها الشمالي إلى اتجاه المجال .

(4) لا تتقاطع ؛ لأنها لو تقاطعت فهذا يعني وجود أكثر من اتجاه للمجال عند نقطة التقاطع ، وهذا ينافي مفهوم الكمية الفيزيائية المتجهة .

(5) يتناسب مقدار المجال المغناطيسي طردياً مع كثافة الخطوط (عدد الخطوط التي تعبر وحدة المساحة عمودياً عليها) .

(6) المجال المغناطيسي نوعان :

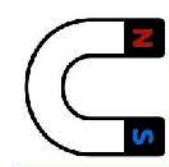
أ) منتظم (ثابت مقداراً واتجهاً عند نقاطه جميعها) .

← يمثل بخطوط مستقيمة متوازية المسافات بينها متساوية .

ب) غير منتظم .

**سؤال :** ارسم خطوط المجال المغناطيسي لكلٍ من الأشكال الآتية :

أ) ب) ج)



مغناطيس على

شكل حرف (U) .

**فائدة :**

\* إذا كان المجال المغناطيسي عمودياً على الصفحة بعيداً عن الناظر ( $-z$ )؛ فيرمز له بالرمز (X) .

\* إذا كان المجال المغناطيسي عمودياً على الصفحة نحو الناظر ( $+z$ )؛ فيرمز له بالرمز (●) .

### ◀ القوة المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي :

← يمكن حساب القوة المؤثرة في شحنة متحركة في مجال مغناطيسي بالعلاقة :

$$F_B = q v \times B$$

$$F_B = qvB \sin \theta$$

حيث :

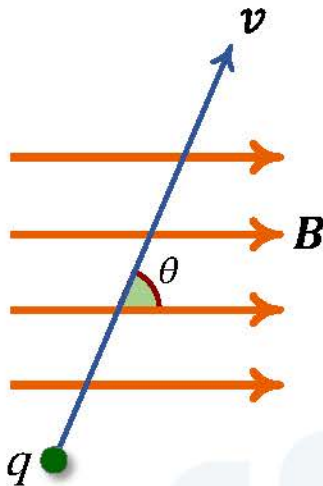
$F_B$  : القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون  $[N]$

$q$  : شحنة الجسيم  $[C]$

$v$  : مقدار سرعة الجسيم  $[m/s]$

$B$  : مقدار المجال المغناطيسي  $[T]$

$\theta$  : الزاوية الصغرى المحصورة بين متجه المجال ومتجه السرعة .



← يتم تحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة باستخدام " قاعدة اليد اليمنى " ،

حيث تكون دائماً عموديةً على كلٍّ من  $(v, B)$  .

### أسئلة :

1) اذكر ظاهرة علمية تدل على وجود القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيمات المشحونة .

← انحناء الأشعة المهبطية (حزمة إلكترونات) عن مسارها في أنبوب الأشعة المهبطية (أنبوب

مفرغ من الهواء ذو ضغط منخفض يسمح بحركة الإلكترونات دون إعاقة) عند تقريب مغناطيس منه .

(2) اذكر العوامل المؤثرة في مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة .

← (1) شحنة الجسيم ( $q$ )  $\Leftarrow$  [طردياً]

(2) مقدار سرعة الجسيم ( $v$ )  $\Leftarrow$  [طردياً]

(3) مقدار المجال المغناطيسي ( $B$ )  $\Leftarrow$  [طردياً]

(4)  $\sin \theta$   $\Leftarrow$  [طردياً]

(3) كيف يمكن لجسيم مشحون أن يتحرك في مجال مغناطيسي ولا يتأثر بقوة مغناطيسية ؟

← إذا تحرك في اتجاه يوازي خطوط المجال المغناطيسي ( $\theta = 0, 180^\circ$ ) .

(4) فسر : " عند قذف نيوترون في مجال مغناطيسي ؛ فإنه لا يتأثر بقوة مغناطيسية " ؟

← لأن النيوترون لا يحمل شحنة .

(5) معتمداً على العلاقة ( $F_B = qvB \sin \theta$ ) ؛ عرّف المجال المغناطيسي عند نقطة .

← " القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الشحنات الموجبة لحظة مرورها بتلك النقطة

بسرعة ( $1m/s$ ) عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي " .

(6) اشتق وحدة قياس المجال المغناطيسي .

←

(7) ماذا نعني بقولنا : " إنَّ المجال المغناطيسي عند نقطة يساوي ( $5 \times 10^{-3}T$ ) " ؟

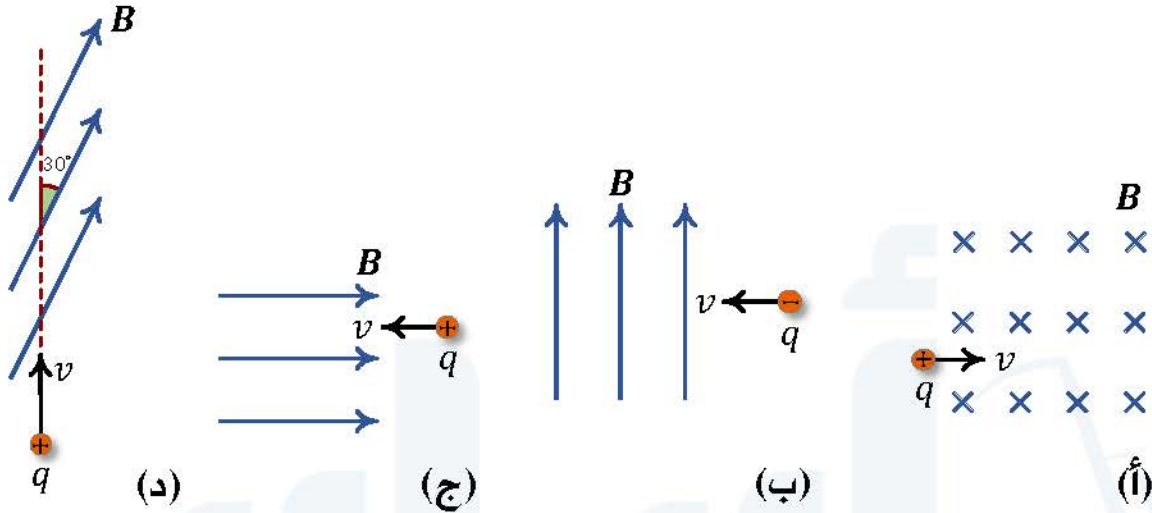
← أي أنَّ هذا المجال يؤثر بقوة مغناطيسية مقدارها ( $5 \times 10^{-3}N$ ) في شحنة مقدارها ( $1C$ )

تتحرك بسرعة ( $1m/s$ ) باتجاه يُعَامِد اتجاه المجال المغناطيسي لحظة مرورها بتلك النقطة .

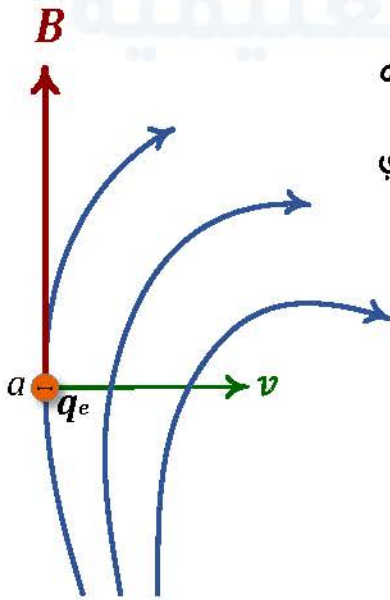


## أمثلة :

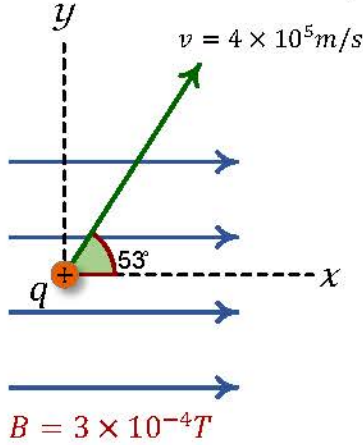
- 1) قُذِفَ جسيم شحنته  $(4\mu C)$  بسرعة  $(6 \times 10^6 m/s)$  داخل مجال مغناطيسي منتظم مقداره  $(0.01T)$  ، جد القوة المغناطيسية مقداراً واتجهاً المؤثرة في الجسيم لحظة دخوله منطقة المجال المغناطيسي المنتظم في الحالات المبينة في الشكل المجاور .



- 2) يتحرك إلكترون بسرعة  $(5 \times 10^6 m/s)$  باتجاه محور  $(+x)$  ، احسب مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر فيه لحظة مروره بالنقطة (a) وحدد اتجاهها ، علماً بأن المجال المغناطيسي عندها  $(2 \times 10^{-4}T)$  باتجاه محور  $(+y)$  .

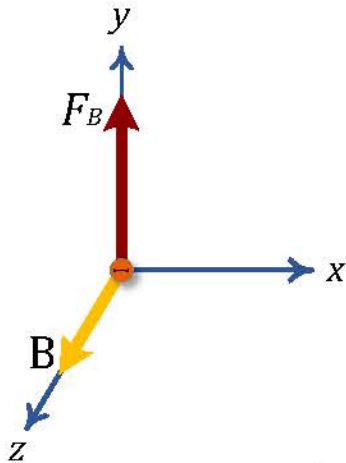


- 3) يتحرك جسيم شحنته  $(5 \times 10^{-6} C)$  في المستوى  $(x, y)$  داخل مجال مغناطيسي منتظم، بسرعة  $(v)$  باتجاه يصنع زاوية  $(53^\circ)$  مع محور  $(+x)$ ، معتمداً على بيانات الشكل المجاور؛ احسب مقدار القوة المغناطيسية التي تؤثر في الجسيم وحدد اتجاهها.

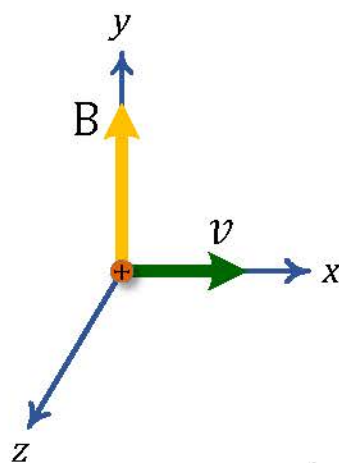


- 4) يتحرك بروتون بسرعة  $(5 \times 10^6 m/s)$  في مجال مغناطيسي منتظم مقداره  $(2T)$  فيتأثر بقوة مغناطيسية  $(8 \times 10^{-13} N)$ ، جد قياس الزاوية بين متجهي سرعة البروتون وخطوط المجال المغناطيسي.

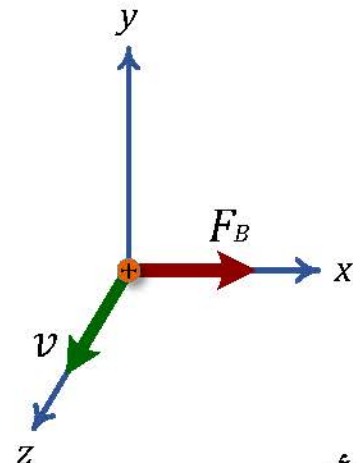
- 5) باستخدام قاعدة اليد اليمنى؛ حدد اتجاه الكمية الفيزيائية المجهولة في الشكل المجاور.



(أ)



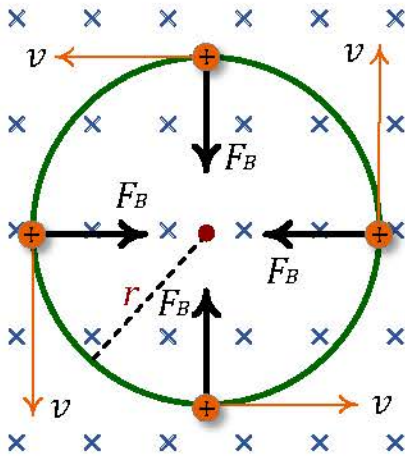
(ب)



(ج)



## ← الحركة الدائرية لجسيم في مجال مغناطيسي منتظم :



يمثل الشكل المجاور حركة جسيم مشحون بشحنة موجبة في مجال مغناطيسي منتظم عمودي على اتجاه حركته ( $\theta = 90^\circ$ ) ، ونلاحظ من هذا الشكل أن القوة المغناطيسية تكون دائماً عمودية على اتجاه السرعة (وبالتالي على اتجاه الإزاحة) ، أي أن :

$$W = F_B d \cos 90^\circ = 0$$

إذا ؛ القوة المغناطيسية ( $F_B$ ) لا تنجز شغلاً على الشحنات  $\Leftarrow$  مقدار السرعة ( $v$ ) ثابت ، لكن اتجاه السرعة يتغير باستمرار بحيث يسلك الجسيم المشحون مساراً دائرياً ؛ وهذا يعني وجود قوة مركزية ، وهي هنا "القوة المغناطيسية" :

$$F_B = \frac{mv^2}{r} = qvB$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{q}{m} = \frac{v}{rB}}$$

حيث :

$\left(\frac{q}{m}\right)$  : الشحنة النوعية للجسيم  $[C/kg]$

$v$  : سرعة الجسيم  $[m/s]$

$r$  : نصف قطر المسار الدائري  $[m]$

$B$  : المجال المغناطيسي  $[T]$

## أسئلة :

1) تُعدُّ الشحنة النوعية للجسيم ( $\frac{q}{m}$ ) صفة فيزيائية للمادة ؛ فما أهمية هذه الصفة ؟

← يستخدمها العلماء للتعرف على الجسيمات المجهولة .

2) لماذا تختلف الشحنة النوعية للإلكترون عنها للبروتون ؟

← بسبب اختلاف كتلتيهما .

3) اذكر أهم الفروق بين القوة المغناطيسية والقوة الكهربائية .

القوة الكهربائية	القوة المغناطيسية	
اتجاه القوة يُوازي دائماً اتجاه المجال الكهربائي المُسبب لها .	اتجاه القوة يُعَامِد دائماً اتجاه المجال المغناطيسي المُسبب لها .	1
تؤثر في الشحنات الساكنة والمتحركة جميعاً .	لا تؤثر إلا في الشحنات المتحركة ، بشرط ألا يكون اتجاه حركة الشحنة موازياً للمجال المغناطيسي .	2
قد تبذل شغلاً عند تأثيرها في الجسيم المشحون .	لا تبذل شغلاً أبداً عند تأثيرها في جسيم مشحون .	3

4) يتحرك جسيم مشحون في مسار دائري داخل منطقة مجال مغناطيسي منتظم تحت تأثير

القوة المغناطيسية ، ماذا يحدث لكل من زخمه الخطي وطاقته الحركية الخطية أثناء

وجوده داخل منطقة المجال المغناطيسي ؟

← \* الزخم الخطي : يتغير .

\* الطاقة الحركية الخطية : لا تتغير .

## ■ تطبيقات تكنولوجية :

1 مطياف الكتلة : " جهاز يستخدم لقياس كتل الجسيمات الذرية لتحديد مكونات عينة مجهولة " .

← مبدأ العمل : يتم إدخال أيونات متساوية في الشحنة والسرعة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم ؛ فيتحرك كل أيون في مسار دائري نتيجةً للقوة المغناطيسية المركزية المؤثرة فيه ، وبسبب اختلاف كتل الأيونات يختلف نصف قطر المسار الدائري ( $r$ ) لكلٍ منها :

$$r = \frac{mv}{qB}$$

وبمعرفة ( $r$ ) يجري حساب الشحنة النوعية لكل أيون ، ثم التعرف على هوية مكونات العينة .

## أسئلة :

1 كيف يمكن الحصول على أيونات متساوية في الشحنة ؟  
 ← يتم تحويل العينة إلى الحالة الغازية ثم تؤين جسيماتها بحيث يفقد كلٌ منها عدداً متساوياً من الإلكترونات .

2 اذكر العوامل التي يعتمد عليها نصف قطر المسار الدائري الذي يسلكه الجسيم المشحون المقذوف عمودياً على اتجاه مجال مغناطيسي منتظم .

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| ← 1 كتلة الجسيم ( $m$ ) ← (طردياً) | 2 سرعة الجسيم ( $v$ ) ← (طردياً)       |
| 3 شحنة الجسيم ( $q$ ) ← (عكسياً)   | 4 المجال المغناطيسي ( $B$ ) ← (عكسياً) |

## 2 مسارع السينكروترون : " جهاز يستخدم لإنتاج أشعة (موجات) كهرومغناطيسية " .

### أسئلة :

1) ما هي الفكرة التي يعتمد عليها " مسارع السينكروترون " في عمله ؟  
 ← أن الجسيمات المشحونة ذات السرعات العالية تبعث إشعاعات كهرومغناطيسية عندما تنحرف عن مسارها بتأثير مجال مغناطيسي .

2) يُستخدم مجالان في مسارع السينكروترون ؛ كهربائي ومغناطيسي ، فما أهمية كلٍ منهما ؟

← \* المجال الكهربائي : تسريع الجسيمات المشحونة (كالإلكترونات والبروتونات ) وإكسابها سرعات عالية جدًا تقترب من سرعة الضوء .

\* المجال المغناطيسي : حرف مسار الجسيمات المُسرَّعة لإبقائها في مسار حلقي ؛ مما يؤدي إلى انبعاث إشعاعات كهرومغناطيسية .

وعن طريق التحكم بهذين المجالين يمكن إنتاج حزم من الأشعة ذات أطوال موجية مختلفة تستخدم في الأبحاث العلمية .

### أمثلة :

1) قذِف بروتون بسرعة ابتدائية  $(4 \times 10^6 m/s)$  داخل مجال مغناطيسي منتظم  $(0.5T)$  بحيث تتعامد سرعة البروتون مع المجال ؛ فسلِك مساراً دائرياً ، إذا علمت أنَّ شحنة البروتون  $(1.6 \times 10^{-19} C)$  وكتلته تساوي  $(1.6 \times 10^{-27} kg)$  ؛ فاحسب نصف قطر المسار الدائري للبروتون .

2) استُخدم مطياف الكتلة لفصل خام اليورانيوم إلى ذرات اليورانيوم  $(U_{92}^{235})$  واليورانيوم  $(U_{92}^{238})$  ، تم تأيين الذرات فأصبحت شحنة كل أيون منها  $(1.6 \times 10^{-19} C)$  ، ثم قذفت جميعها داخل مجال مغناطيسي منتظم  $(2T)$  بسرعة  $(4 \times 10^4 m/s)$  عمودية عليه ، إذا كان نصف قطر مسار أحدهما  $(8cm)$  والثاني  $(10cm)$  ؛ فاحسب كلا من :  
أ) الشحنة النوعية لأيون كل ذرة .

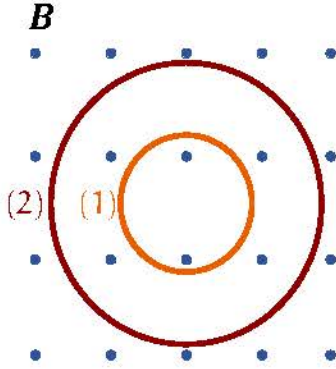
ب) كتلة كل أيون .

منصة أساس التعليمية



3) يُمثل الشكل المجاور مسارًا دائريًا لكلٍ من إلكترون وبروتون يتحركان داخل مجال مغناطيسي منتظم بالسرعة نفسها ، إذا علمت أن كتلة البروتون أكبر من كتلة الإلكترون ، فأجب عما يأتي :

أ) أجب المسارين للإلكترون وأيهما للبروتون ؟

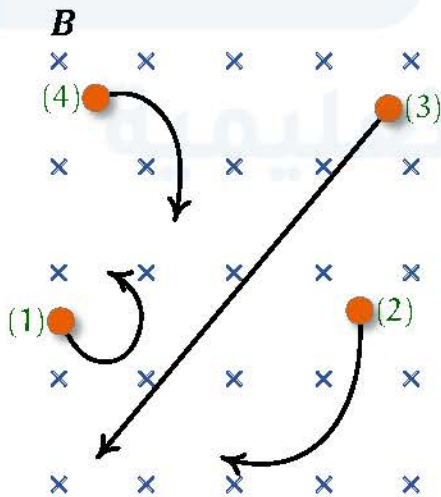


ب) حدّد على المسار اتجاه الحركة لكلٍ منهما .

4) أُدخلت أربعة جسيمات (1) ، (2) ، (3) ، (4) ، متساوية في الكتلة والسرعة فقط ، باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم مُتخذةً للمسارات الموضحة بالرسم المجاور ، أجب عما يأتي :

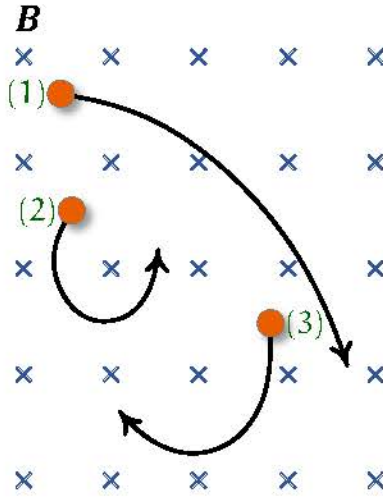
أ) حدّد نوع الشحنة الكهربائية لكلٍ من الجسيمات

الأربعة .



ب) رتب الجسيمات تنازلياً حسب مقدار الشحنة الكهربائية .





5) أدخلت ثلاثة جسيمات متماثلة الشحنة والكتلة ،  
وتتحرك بسرعات متفاوتة إلى مجال مغناطيسي  
منتظم فتحركت كما في الشكل ، رتب سرعتها  
تصاعدياً ، وبين نوع شحنة كل منها ، فسر إجابتك .

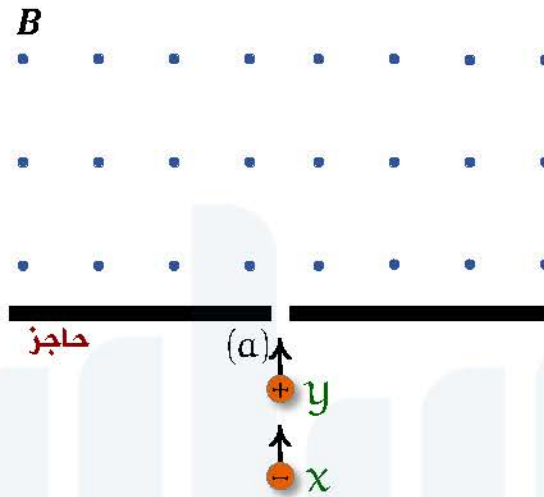
6) دخل جسيم مشحون كتلته  $(2 \times 10^{-10} \text{ kg})$  ، وشحنته  $(2 \mu\text{C})$  ، مجالاً مغناطيسياً مقداره  
 $(0.2 \text{ T})$  ، بسرعة مقدارها  $(10^3 \text{ m/s})$  باتجاه عمودي على اتجاه المجال المغناطيسي ، احسب :  
أ) مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسم .

ب) نصف قطر مسار الجسيم .

ج) مقدار سرعة الجسيم بعد مرور  $(3 \text{ s})$  على وجوده داخل المجال المغناطيسي .

**تحدي:** جسيمان  $(x, y)$  ، حيث  $(m_x = 2m_y)$  ، قُذِفَا أحدهما تلو الآخر بنفس السرعة من

النقطة  $(a)$  نحو أعلى الصفحة في مجال مغناطيسي منتظم نحو الناظر ، يحمل الجسيم  $(x)$  شحنة  $(-2\mu C)$  ، بينما الجسيم  $(y)$  يحمل شحنة  $(1\mu C)$  ، إذا علمت أن نصف القطر الذي دار به الجسيم  $(x)$  قبل أن يصطدم بالحاجز يساوي  $(10cm)$  ؛ فجد المسافة بين نقطتي اصطدام كلٍ من الجسيمين بالحاجز .



منصة أساس التعليمية

### ◀ القوة المؤثرة في موصل يحمل تياراً في مجال مغناطيسي :

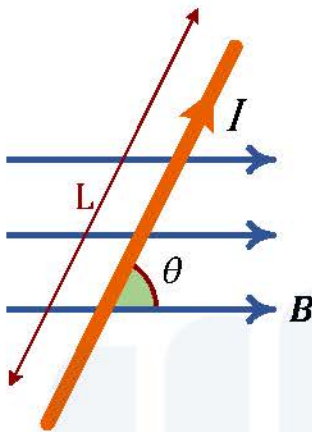
← التيار الكهربائي يتكون من شحنات متحركة ، فعند سريانه في موصل مغمور في مجال

مغناطيسي تتأثر كل شحنة فيه بقوة مغناطيسية ، فيتأثر الموصل (السلك) بمحصلة القوى

المغناطيسية المؤثرة في تلك الشحنات ، ويمكن حساب مقدار هذه القوة بالعلاقة :

$$F_B = IL \times B$$

$$F_B = ILB \sin \theta$$



حيث :

$F_B$  : القوة المغناطيسية [N]

$I$  : التيار الكهربائي الساري في الموصل [A]

$L$  : متجه طول الموصل [m]

$B$  : المجال المغناطيسي [T]

$\theta$  : الزاوية بين متجه طول الموصل واتجاه المجال المغناطيسي .

⚡ تنبيه (1) : يتحدد اتجاه متجه طول الموصل باتجاه سريان التيار الكهربائي في الموصل .

⚡ تنبيه (2) : يكون اتجاه القوة المغناطيسية مُعامداً لاتجاه المجال المغناطيسي ومتجه

طول الموصل ، ويُحدَّد باستخدام " قاعدة اليد اليمنى " .

### أسئلة :

(1) اذكر العوامل التي تعتمد عليها القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يحمل تياراً

كهربائياً ومغمور في مجال مغناطيسي .

(2) طول الموصل ( $L$ ) ← [طردياً]

(1) ← التيار الكهربائي ( $I$ ) ← [طردياً]

(4)  $\sin \theta$  ← [طردياً]

(3) المجال المغناطيسي ( $B$ ) ← [طردياً]

(2) متى تكون القوة المغناطيسية المؤثرة في موصل يسري فيه تيار كهربائي ( $I$ ) مغمور في

مجال مغناطيسي ( $B$ ) أكبر ما يمكن ؟ ومتى تكون صفراً ؟

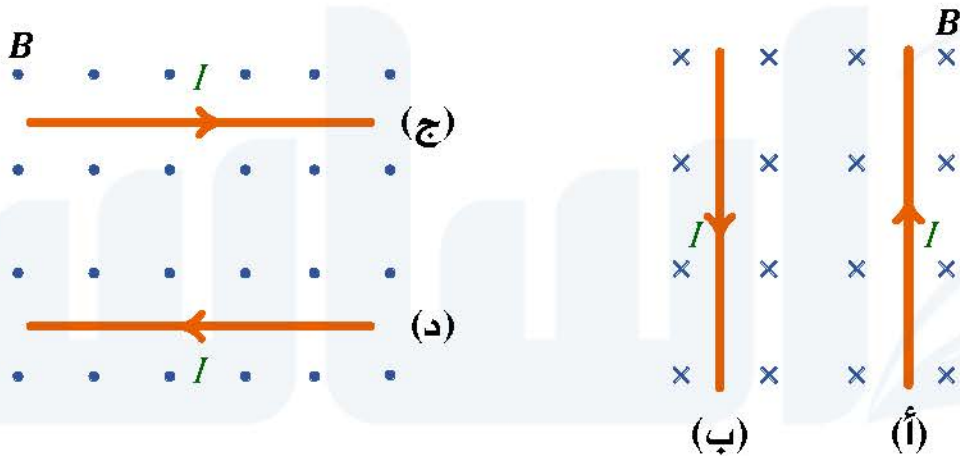
← \* " أكبر ما يمكن " : عندما يكون الموصل معامداً للمجال المغناطيسي ( $\theta = 90^\circ$ ).

\* " يكون صفراً " : عندما يكون الموصل موازياً للمجال المغناطيسي ( $\theta = 0, 180^\circ$ ).

### أمثلة :

(1) حدد باستخدام قاعدة اليد اليمنى اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة على السلك في

الأشكال الآتية :



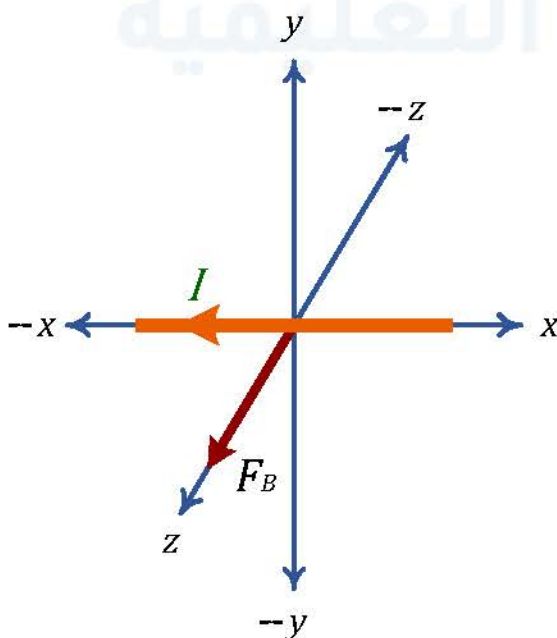
(2) يبين الشكل المجاور موصلاً مستقيماً يمر فيه

تيار كهربائي باتجاه ( $-x$ ) ، إذا كان الموصل

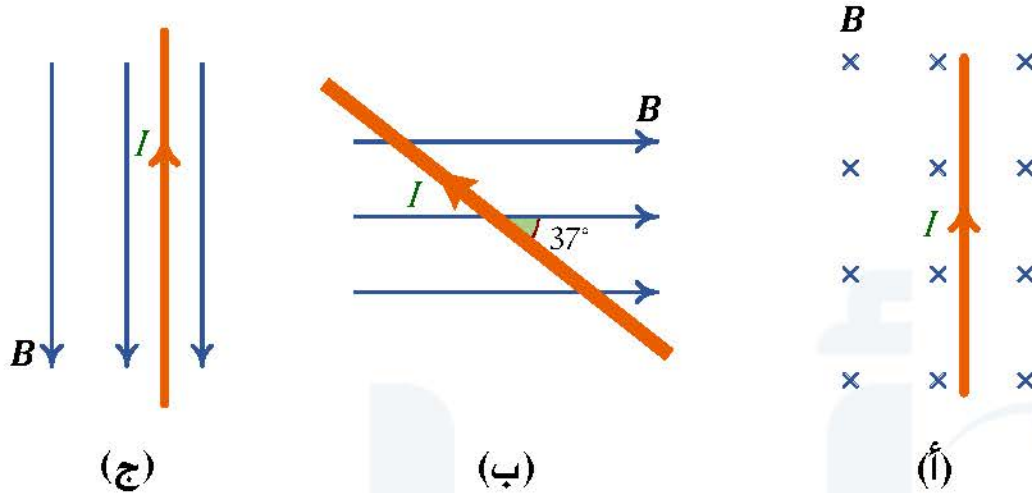
مغموراً في مجال مغناطيسي منتظم وأثر فيه

بقوة مغناطيسية بالاتجاه المبين في الشكل ؛

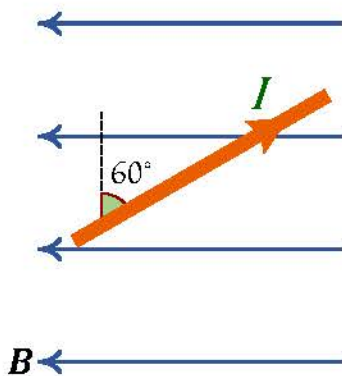
فجد اتجاه المجال المغناطيسي .



3) موصل مستقيم طوله  $(20\text{ cm})$  يمر فيه تيار كهربائي مقداره  $(4A)$  مغمور في مجال مغناطيسي منتظم مقداره  $(0.1T)$  ، جد القوة المغناطيسية المؤثرة في هذا الموصل مقداراً واتجهاً في الحالات المبينة في الشكل المجاور .

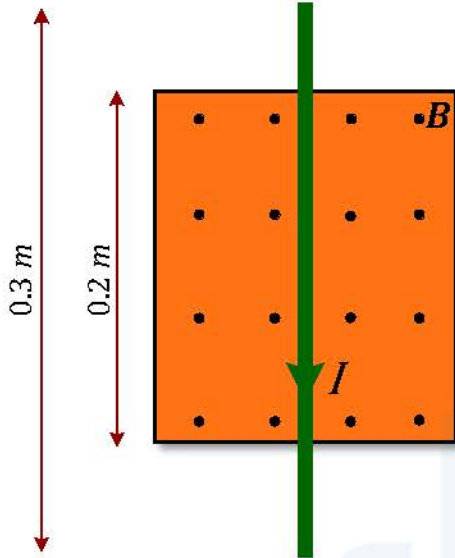


4) موصل مستقيم طوله  $(L)$  يمر فيه تيار كهربائي مقداره  $(5A)$  موضوع في مجال مغناطيسي منتظم  $(0.6T)$  ، وكلاهما يقع في مستوى الصفحة كما في الشكل ، احسب مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال من السلك وحدد اتجاهها .





- 5) موصل مستقيم طوله  $(30\text{cm})$  يمر فيه تيار كهربائي مقداره  $(15\text{A})$  موضوع في مجال مغناطيسي منتظم  $(0.25\text{T})$  كما في الشكل ، ما مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في السلك ؟

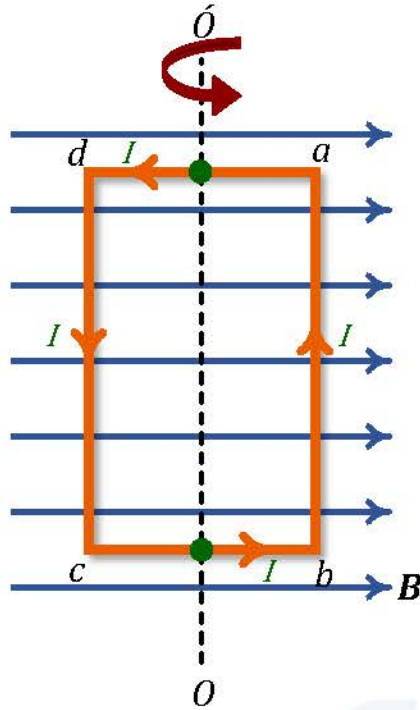


- 6) سلك موصل مستقيم طوله  $(2\text{m})$  وكتلته  $(0.5\text{ kg})$  ، موضوع أفقيًا في مجال مغناطيسي منتظم ، ويسري فيه تيار كهربائي  $(5\text{A})$  نحو  $(-x)$  ، ما اتجاه أقل مجال مغناطيسي يلزم لرفع هذا السلك رأسياً إلى الأعلى ؟ وما مقداره ؟

منصة أساس التعليمية



## ← العزم المؤثر في حلقة تحمل تياراً في مجال مغناطيسي منتظم :



■ يُمثل الشكل المجاور حلقة موصلة يسري فيها تيار

كهربائي ( $I$ ) مغمور في مجال مغناطيسي منتظم ( $B$ )

موازٍ لمستوى الحلقة ، وقابلة للدوران حول محور

ثابت ( $OO'$ ) ؛ ستتأثر الحلقة بعزم ازدواج يعمل على

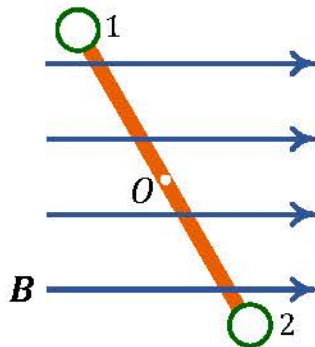
تدويرها حول المحور الثابت .

### أمثلة :

(1) حلقة مستطيلة الشكل يسري فيها تيار ، ملقاة داخل مجال مغناطيسي منتظم كما في

الشكل المجاور ، إذا علمت أن الحلقة تدور بعكس حركة عقارب الساعة حول محور عمودي

على مستوى الصفحة ويهزّ بالنقطة ( $O$ ) ، فحدد اتجاه التيار في كلٍ من الضلعين (1) و (2) .

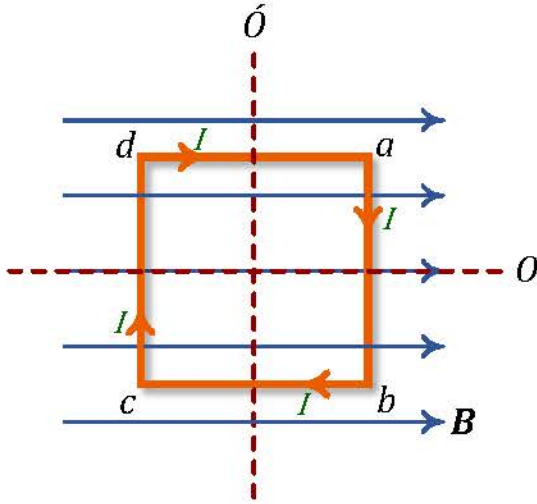


(2) ملف مربع قابل للدوران حول محور ،

موضوع في مجال مغناطيسي منتظم كما في

الشكل المجاور ، أي المحورين  $(O, O')$  يمكن أن

يكون محورا للدوران ؟



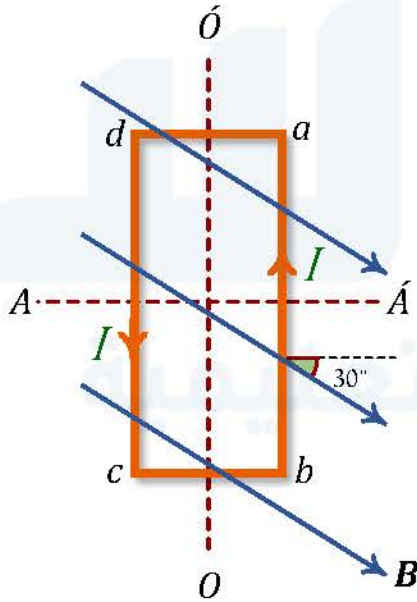
(3) يمثل الشكل المجاور ملفاً على شكل مستطيل

$(a, b, c, d)$  يحمل تياراً كهربائياً ، سَلْطَ عليه مجال

مغناطيسي منتظم بحيث يكون المجال المغناطيسي

والملف في مستوي الورقة ، حدد المحور الذي سيدور

حوله الملف .



## ■ تطبيقات تكنولوجيا :

1 الخلفانوميتر : " أداة تستخدم للكشف عن التيار الكهربائي وقياسه " .

### أسئلة :

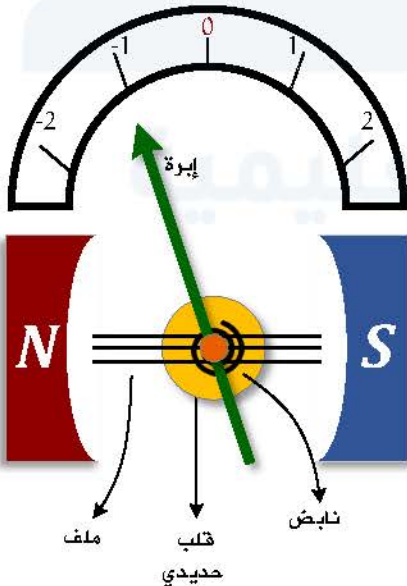
(1) ما أشهر أنواع الخلفانوميتر ؟ وبماذا يتميز ؟

← الخلفانوميتر ذو الملف المتحرك ، ويتميز بقدرته على قياس تيارات صغيرة جداً ( $\mu A$ ) .

(2) ما مبدأ عمل الخلفانوميتر ؟

← العزم الذي يؤثر به المجال المغناطيسي المنتظم في ملف قابل للدوران عند مرور تيار كهربائي فيه .

(3) ما هي أجزاء الخلفانوميتر ؟ وما وظيفة كل جزء ؟

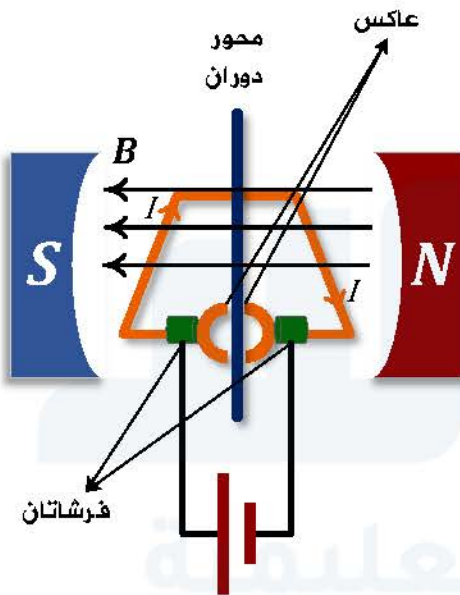


الوظيفة	الجزء	
التأثير بقوة مغناطيسية في الملف عند سريان تيار كهربائي فيه .	قطبا مغناطيس متقابلان بينهما مجال مغناطيسي .	1
الدوران حول محور ثابت نتيجة تأثيره بعزم ازدواج من المجال المغناطيسي ، وتدور معه إبرة تشير إلى تدريج معين يتناسب مع قيمة التيار .	ملف مستطيل نحاسي رفيع معزول مغمور في المجال المغناطيسي .	2
تركيز المجال المغناطيسي في الملف بسبب النفاذية المغناطيسية العالية للحديد .	قلب حديدي داخل الملف .	3
إرجاع الملف إلى وضع الصفر بعد توقف مرور التيار الكهربائي فيه .	نابض حلزوني مثبت في أحد طرفي المحور .	4

## 2 المحرك الكهربائي : " جهاز يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية " ، كما في السيارات الكهربائية .

### أسئلة :

1) ما هي أجزاء المحرك الكهربائي ؟ وما وظيفة كل جزء ؟



الوظيفة	الجزء	
توليد مجال مغناطيسي .	قطبا مغناطيس متقابلان .	1
الدوران حول محور ثابت نتيجة تأثيره بعزم ازدواج من المجال المغناطيسي .	ملف نحاسي معزول مغمور في مجال مغناطيسي .	2
توصيل التيار الكهربائي إلى الملف وعكس اتجاهه كل نصف دورة .	العاكس (نصفا أسطوانة موصلة يتصل كل نصف بأحد طرفي الملف) .	3
نقل التيار إلى العاكس ، وعند دوران الملف يحدث تبديل في تلامس إحدى الفرشتين مع أحد نصفي العاكس كل نصف دورة ، فينعكس اتجاه التيار في الملف وتنعكس القوى المغناطيسية المؤثرة فيه فيواصل دورانه باتجاه واحد .	فرشتان من الكربون تلامسان العاكس وتتصلان بمصدر التيار .	4

2) على ماذا تعتمد سرعة دوران المحرك الكهربائي ؟

← العزم الذي تولده القوة المغناطيسية على الملف [ طردياً ] .

## الدرس الثاني

# المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي



## ◀ المجال المغناطيسي الكهربائي :

■ لاحظ العالم أورستد تولّد مجال مغناطيسي حول موصل عند مرور تيار كهربائي فيه

(مغناطيس كهربائي) حيث تنحرف إبرة بوصلة موضوعة بجانبه .

وقد قام العالمان (بيو) و (سافار) بإجراء تجارب عملية للتوصل إلى علاقة رياضية يمكن

من خلالها حساب المجال المغناطيسي الناشئ في نقاط عدّة نتيجة مرور تيار كهربائي

في أسلاك موصلة مختلفة الأشكال .

⇐ قانون " بيو – سافار " :

$$dB = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{IdL \sin \theta}{r^2}$$

حيث :

$dB$  : المجال المغناطيسي عند نقطة ما الناشئ عن قطعة

صغيرة ( $dL$ ) من موصل يسري فيه تيار ( $I$ ) [T]

$I$  : التيار الكهربائي في الموصل [A]

$dL$  : طول القطعة الصغيرة من الموصل [m]

$r$  : بُعْد النقطة المراد حساب المجال المغناطيسي عندها عن الموصل [m]

$\theta$  : الزاوية المحصورة بين اتجاه ( $dL$ ) – اتجاه التيار – وبين اتجاه ( $r$ ) .

$\mu_o$  : النفاذية المغناطيسية للفراغ أو الهواء [ $4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$ ]

← النفاذية المغناطيسية ( $\mu$ ) : تعبير عن قابلية الوسط لتدفق خطوط المجال المغناطيسي

خلاله .

💡 تنبيه : النفاذية المغناطيسية تعتمد على نوع المادة ، فتتغير بتغير نوع الوسط المحيط

بالموصل .



## أسئلة :

(1) اذكر العوامل التي يعتمد عليها مقدار المجال المغناطيسي الناتج عن مقطع صغير من موصل يحمل تياراً كهربائياً عند نقطة بالقرب من هذا الموصل .

← (1) التيار الكهربائي في الموصل ( $I$ )  $\Leftarrow$  [طردياً]

(2) مربع بُعد النقطة عن الموصل ( $r^2$ )  $\Leftarrow$  [عكسياً]

(3) نوع مادة الوسط الموجود فيه الموصل ( $\mu$ )  $\Leftarrow$  [طردياً]

(4)  $\sin \theta$   $\Leftarrow$  [طردياً]

(5) طول المقطع الصغير من الموصل ( $dL$ )  $\Leftarrow$  [طردياً]

(2) اشتق وحدة قياس النفاذية المغناطيسية ( $\mu$ ) .

(3) ما الوسط الذي يمتلك أقل قيمة للنفاذية المغناطيسية ؟

← الفراغ والهواء .

(4) ما الوسط الذي يمتلك أكبر قيمة للنفاذية المغناطيسية ؟

← الحديد .

(5) **فسر :** " المجال المغناطيسي عند أي نقطة تقع على امتداد موصل مستقيم ورفيع يحمل

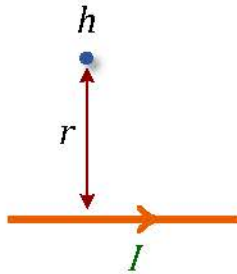
تياراً كهربائياً يساوي صفراً " ؟

← لأن الزاوية ( $\theta$ ) بين متجه موقع النقطة ( $r$ ) ومتجه طول الموصل ( $dL$ ) تساوي صفراً أو ( $180^\circ$ ) ،

فيكون ( $\sin \theta = 0$ ) .

## ← المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل يحمل تياراً كهربائياً :

### مستقيم (لا نهائي الطول)



■ المقدار (عند جوانب الموصل) :

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi r}$$

■ الاتجاه : "قاعدة قبضة اليد اليمنى"

\* الأصابع ← مجال مغناطيسي

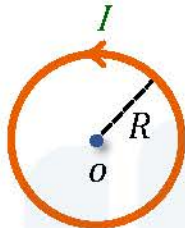
\* الإبهام ← تيار كهربائي

المجال المغناطيسي

الناشئ عن تيار

كهربائي يمر في موصل

### دائري



■ المقدار (في المركز) :

$$B = \frac{N\mu_o I}{2R}$$

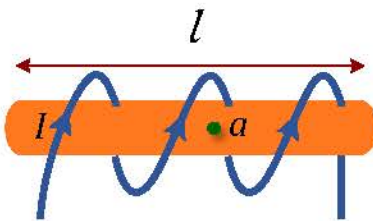
■ الاتجاه : "قاعدة قبضة اليد اليمنى"

\* الأصابع ← تيار كهربائي

\* الإبهام ← مجال مغناطيسي

### لولبي

■ المقدار (داخل الملف على امتداد محوره بعيداً عن طرفيه) :



$$B = \frac{N\mu_o I}{l}$$



$$n = \frac{N}{l}$$



$$B = n\mu_o I$$

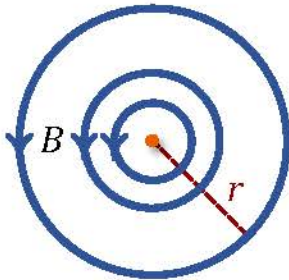
■ الاتجاه : "قاعدة قبضة اليد اليمنى"

\* الأصابع ← تيار كهربائي

\* الإبهام ← مجال مغناطيسي

### أسئلة :

(1) صف خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن موصل مستقيم لا نهائي الطول يسري فيه تيار كهربائي .



← حلقات مغلقة متحدة المركز مع الموصل مستواها عمودي عليه ، تتباعد عن بعضها بعضاً كلما زادت المسافة ( $r$ ) ، أي يتناقص المجال .

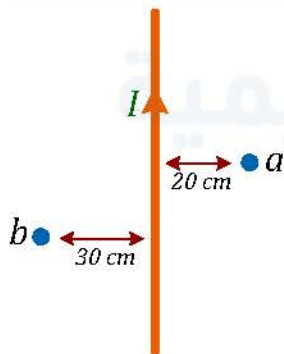
(2) ما صفات الملف اللولبي التي تجعل المجال المغناطيسي داخله منتظماً ؟

← (1) أن تكون حلقاته متراسة .

(2) أن يكون طوله أكبر بكثير من قطره .

### أمثلة :

(1) سلك مستقيم لا نهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً مقداره ( $3A$ ) ، معتمداً على الشكل المجاور ، جد :



أ) مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة ( $a$ ) ، وحدد اتجاهه .

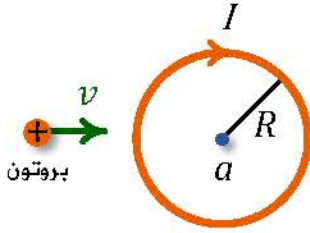
ب) مقدار المجال المغناطيسي عند النقطة ( $b$ ) ، وحدد اتجاهه .

2) بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الشكل الذي يبين ملفاً دائرياً مستواه منطبق على

سطح الورقة ، ويسري فيه تيار مقداره  $(10A)$  ونصف قطره  $(11 \times 10^{-2}m)$  وعدد لفاته

$(3500)$  لفة ، احسب ما يأتي :

أ) المجال المغناطيسي في مركز الملف مقداراً واتجهاً .



ب) القوة المغناطيسية التي يؤثر بها المجال المغناطيسي في بروتون يتحرك نحو الشرق

بسرعة  $(5 \times 10^7 m/s)$  لحظة مروره بمركز الملف  $(a)$  مقداراً واتجهاً .

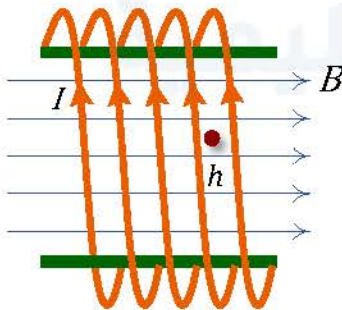
3) ملف حلزوني مضغوط كلياً في مجال مغناطيسي منتظم مقداره  $(9 \times 10^{-3}T)$  باتجاه يوازي

محور الملف كما في الشكل ، إذا علمت أن عدد لفات الملف  $(50)$  لفة ، وطوله  $(0.11m)$

ويسري فيه تيار مقداره  $(7A)$  ، فاحسب ما يأتي :

أ) مقدار واتجاه المجال المغناطيسي المحصل في النقطة  $(h)$

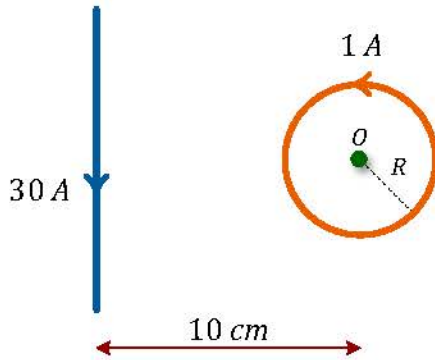
الواقعة على محور الملف .



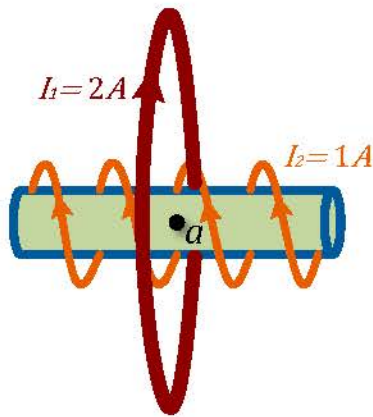
ب) مقدار واتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في إلكترون يتحرك في مستوى الورقة لحظة

مروره في النقطة  $(h)$  بسرعة  $(5 \times 10^6 m/s)$  نحو الشمال .

4) سلك لا نهائي الطول يحمل تياراً كهربائياً مقداره  $(30A)$  ، ويقع على يمينه وفي مستوى الصفحة ملف دائري يتكوّن من (4) لفات ، ومتوسط نصف قطره  $(\pi \text{ cm})$  ، و يحمل تياراً مقداره  $(1A)$  ، و يبعد مركزه  $(10 \text{ cm})$  عن محور السلك كما في الشكل المجاور ، احسب المجال المغناطيسي في مركز الملف .

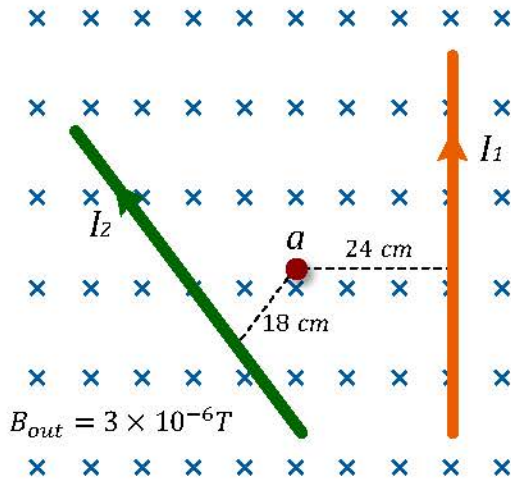


5) ملف لولبي عدد لفاته (25) لفة لكل  $(\text{cm})$  من طوله ، يمرّ فيه تيار كهربائي مقداره  $(1A)$  ، لُفّ حول وسطه ملف آخر دائري مركزه  $(a)$  ينطبق على محور الملف اللولبي ، إذا كان عدد لفات الملف الدائري (40) لفة ، ونصف قطره  $(2\pi \text{ cm})$  ، ويمرّ فيه تيار كهربائي مقداره  $(2A)$  بنفس اتجاه التيار في الملف اللولبي ؛ فاحسب المجال المغناطيسي عند النقطة  $(a)$  .

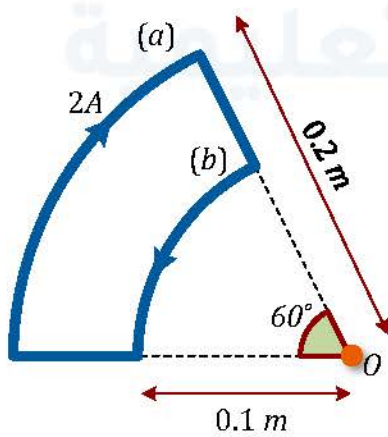




6) معتمداً على الشكل المجاور ، إذا كان  $(I_1 = I_2 = 6A)$  ؛ فجد مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (a) ، وحدد اتجاهه .



7) في الشكل المجاور ؛ جد المجال المغناطيسي عند النقطة (O) مستخدماً المعلومات الموجودة في الشكل .

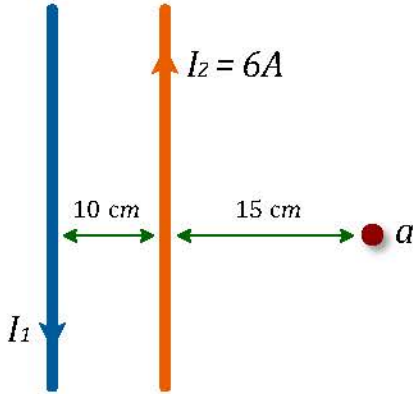




8) سلكان مستقيمان لا نهائياً الطول ومتوازيان ، يحملان تيارين كهربائيين متعاكسين كما

في الشكل المجاور ، جد مقدار التيار ( $I_1$ ) الذي يجعل المجال المغناطيسي المحصل عند

النقطة ( $a$ ) يساوي صفراً .

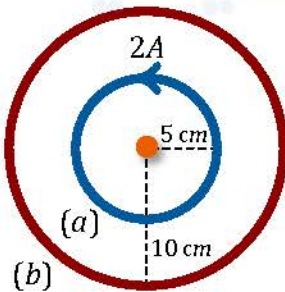


9) ملفان دائريان متحدان في المركز ، ويقعان في مستوى الصفحة ، إذا كان المجال

المغناطيسي في مركز الملفين يساوي صفراً ، وعلمت أن عدد لفات الملف الخارجي

(200) لفة وعدد لفات الملف الداخلي (100) لفة ، فاحسب التيار الكهربائي العار في

الملف الخارجي ، ثم عيّن اتجاهه .

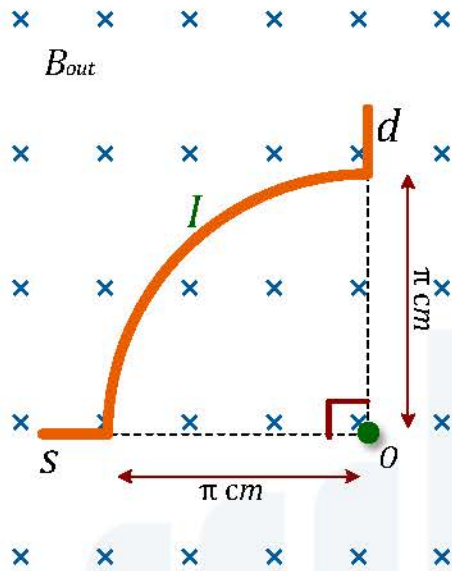


10) يمثل الشكل المجاور سلكاً ( $s d$ ) يحمل تياراً كهربائياً ( $I$ ) ومغمور في مجال مغناطيسي

( $6 \times 10^{-5} T$ ) ، تتحرك شحنة كهربائية نقطية ( $2 \times 10^{-6} C$ ) نحو الشرق بسرعة

( $4 \times 10^5 m/s$ ) ، احسب مقدار واتجاه التيار ( $I$ ) الذي يجعل تلك الشحنة عند مرورها

بالنقطة ( $O$ ) تتأثر بقوة ( $40 \times 10^{-6} N$ ) نحو الجنوب .



11) معتمداً على العلاقة الرياضية الخاصة بالمجال المغناطيسي داخل ملف لولبي يسري فيه تيار كهربائي ؛ بيّن أثر كلٍ مما يأتي في مقدار المجال المغناطيسي داخله :

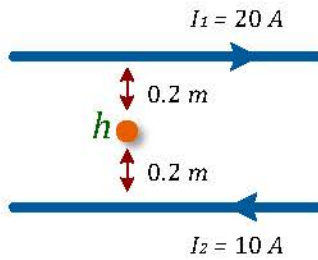
( 1 ) مضاعفة عدد اللفات فقط .

( 2 ) مضاعفة طول الملف فقط .

( 3 ) مضاعفة عدد اللفات وطول الملف معاً .

**تحدي:** موصلان مستقيمان متوازيان طويلان يحملان تيارين متعاكسين ( $I_1, I_2$ ) كما في

الشكل المجاور، معتمداً على الشكل أجب عما يلي :



أ) جد المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة ( $h$ )

مقداراً واتجهاً .

ب) حدد موقع النقطة أو النقاط التي ينعدم عندها المجال المغناطيسي .

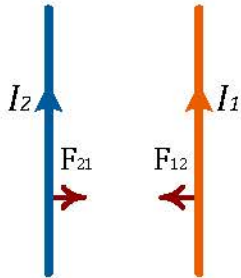
منصة أساس التعليمية

## ← القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين :

■ يمكننا حساب القوة المغناطيسية المتبادلة (القوة المتبادلة متساوية على السلكين) بين

موصلين مستقيمين متجاورين لا نهائين الطول يحملان تيارين كهربائيين عن طريق

العلاقة الآتية :



$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r}$$

ولحساب القوة المغناطيسية لكل وحدة طول ؛ فإن :

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$$

حيث :

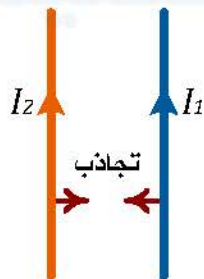
$F$  : القوة المغناطيسية بين موصلين متوازيين  $[N]$

$I_1$  : التيار الكهربائي في السلك الأول  $[A]$

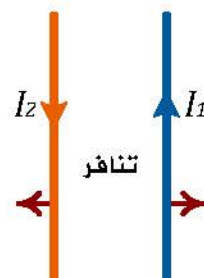
$I_2$  : التيار الكهربائي في السلك الثاني  $[A]$

$L$  : طول الموصل  $[m]$

$r$  : المسافة بين الموصلين  $[m]$



\* إذا كان التياران في الاتجاه نفسه ← تجاذب .



\* إذا كان التياران في اتجاهين متعاكسين ← تنافر .

### أمثلة :

1) تستخدم العلاقة ( $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 L}{2\pi r}$ ) لحساب القوة المتبادلة بين سلكين مستقيمين يمر بهما

تيار كهربائي ، أجب عما يأتي :

أ) ما الزاوية الواجب توفرها بين امتداد السلكين لتطبيق هذه العلاقة ؟

← يجب أن يكون السلكان متوازيين ( $\theta = 0, 180^\circ$ ) .

ب) إذا كان السلك لا نهائي الطول ، فما وحدة قياس القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من

السلك ؟

←  $[N/m]$  .

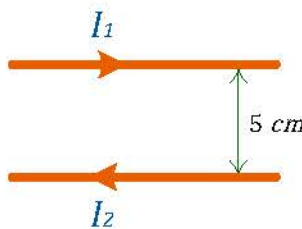
ج) كيف يمكن الحصول على قوة تنافر بين السلكين ؟

← إذا كان تيارا السلكين في اتجاهين متعاكسين .

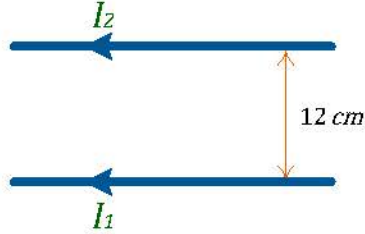
2) سلكان مستقيمان لا نهائي الطول ومتوازيان تفصلهما مسافة ( $5\text{ cm}$ ) ، يحمل السلك

العلوي تياراً كهربائياً ( $8\text{ A}$ ) والسفلي ( $2\text{ A}$ ) ، كما في الشكل المجاور ، احسب مقدار القوة

المغناطيسية المتبادلة بين وحدة الأطوال من السلكين ، وحدد نوعها .

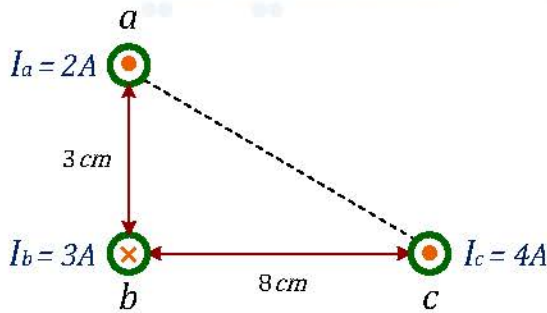


- 3) موصلان مستقيمان متوازيان طويلان كما في الشكل المجاور ، يمرُّ في الأول تيار كهربائي مقداره  $(4A)$  باتجاه  $(+x)$  ، ويمرُّ في الثاني تيار كهربائي مقداره  $(6A)$  باتجاه  $(-x)$  ، جد :  
 أ) القوة المتبادلة بين الموصلين لوحدة الأطوال منهما .



- ب) القوة المغناطيسية التي يؤثر بها الموصل الأول في جزء طوله  $(2cm)$  من الموصل الثاني مقداراً واتجاهاً .

- 4) يمثل الشكل المجاور ثلاثة أسلاك مستقيمة لا نهائية الطول ، يسري في كلٍ منها تيار كهربائي ، بالاستعانة بالبيانات المدونة على الشكل ، احسب القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة أطوال السلك  $(b)$  .



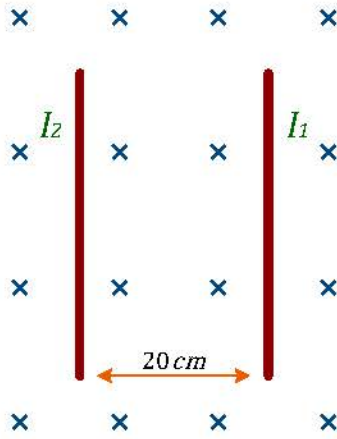


5) سلكان مستقيمان متوازيان لا نهائيان في الطول يحملان تيارين كهربائيين  $(I_1, I_2)$

مغموران في مجال مغناطيسي  $(4 \times 10^{-5} T)$  كما في الشكل ، اتزن السلكان (بإهمال

وزنيهما) عندما كان البعد بينهما  $(20 cm)$  :

أ) احسب مقدار كل من التيارين  $(I_1, I_2)$  .

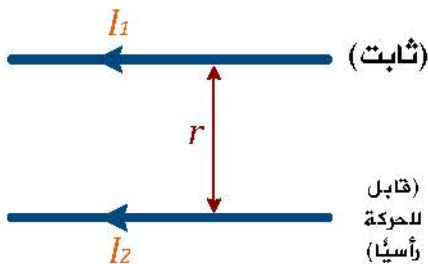


ب) حدد اتجاه التيار في كل سلك .

6) موصلان متوازيان لا نهائياً الطول يحمل كل منهما تياراً كهربائياً  $(200A)$  ، الموصل العلوي

مثبت ، والسفلي قابل للحركة رأسياً ، إذا علمت أن كتلة وحدة الأطوال من الموصل السفلي

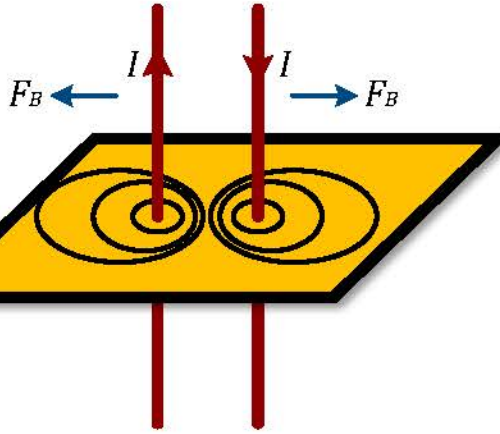
$(0.2 g/cm)$  ؛ فجد المسافة  $(r)$  التي تجعله متزاناً .





## ■ شكل خطوط المجال المغناطيسي بين الموصلين المتوازيين اللذين يحملان تيارين

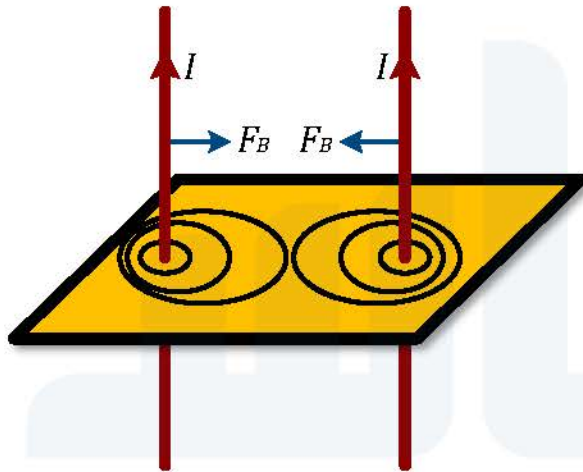
كهربائيين :



\* التياران متعاكسان :

← بين الموصلين : متقاربة (مجال قوي) .

← المناطق الخارجية : متباعدة (مجال ضعيف) .



\* التياران بالاتجاه نفسه :

← بين الموصلين : متباعدة (مجال ضعيف) .

← المناطق الخارجية : متقاربة (مجال قوي) .

## ■ منشأ المجال في المغناطيس الدائم :

← تمثل حركة الإلكترونات حول النواة ؛ حلقة صغيرة جداً يسري فيها تيار كهربائي ينتج

عنها مجال مغناطيسي .

\* المجالات المغناطيسية في اتجاهات مختلفة وبشكل عشوائي ← مجال محصل يساوي صفراً

(مواد غير مغناطيسية)

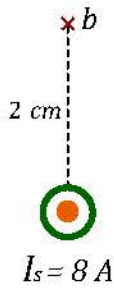
\* المجالات المغناطيسية تشكل حقولاً (مناطق) مغناطيسية ← مجال محصل لا يساوي صفراً

(مواد مغناطيسية دائمة)

## فهمت الوحدة ؟ اختبر نفسك

1 سلك طويل مستقيم لا نهائي ، يحمل تياراً كهربائياً مقداره  $(8A)$  باتجاه خارج من الصفحة ، ومغمور كلياً في مجال مغناطيسي خارجي مقداره  $(10 \times 10^{-5}T)$  كما في الشكل المجاور ، بالاستعانة بالقيم المثبتة عليه ، احسب :

$$B_{out} = 10 \times 10^{-5}T$$



أ) القوة المغناطيسية المؤثرة في وحدة الأطوال

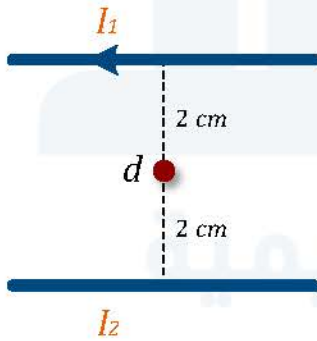
من السلك  $(S)$  .

ب) محصلة المجال المغناطيسي عند النقطة  $(b)$  .

ج) وزن جسيم شحنته  $(4 \times 10^{-9}C)$  لحظة مروره من

النقطة  $(b)$  محافظاً على اتجاه حركته بسرعة  $(10^7 m/s)$

باتجاه عمودي على الصفحة للأعلى .



2 سلكان مستقيمان متوازيان لا نهائياً الطول في مستوى

الصفحة ، يحملان تيارين  $(I_1 = 6A)$  و  $(I_2)$  كما في الشكل

المجاور ، احسب مقدار واتجاه  $(I_2)$  ليصبح المجال المغناطيسي

المحصل عند النقطة  $(d)$  يساوي  $(4 \times 10^{-5}T)$  نحو الناظر .

3 كيف سيتأثر المجال المغناطيسي المتولد عند نقطة تقع على محور الملف اللولبي

وبعيداً عن طرفيه في الحالات الآتية :

أ) زيادة قطر كل لفة إلى ضعفي ما كان عليه .

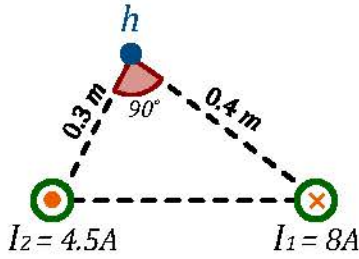
ب) تغيير مادة قلب الملف اللولبي لتصبح حديداً .

ج) مضاعفة طول الملف اللولبي مرتين مع مضاعفة عدد لفاته مرتين أيضاً .



4 سلكان مستقيمان لا نهائيي الطول ومتوازيان وعموديان على الصفحة كما في الشكل ، ويحملان تيارين ، والنقطة (h) تقع في مستوى الصفحة ، اعتماداً على القيم الواردة في

الشكل المجاور ؛ احسب ما يأتي :



أ) القوة المغناطيسية التي يؤثر بها السلك الأول على

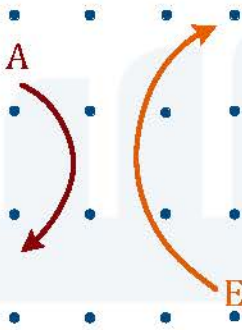
(0.25m) من طول السلك الثاني .

ب) مقدار المجال المغناطيسي المحصل عند النقطة (h) .



5 يمثل الشكل المجاور مسار جسيمين مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار

ولهما نفس مقدار السرعة ، أجب عما يأتي :



أ) ما نوع شحنة كلٍ منهما ؟

ب) أي الجسيمين أكبر كتلة ؟ فسر إجابتك .



6 جسيم مشحون بشحنة مقدارها  $(3.2 \times 10^{-19} C)$  وكتلته  $(4 \times 10^{-28} kg)$  يدور

بسرعة ثابتة مقدارها  $(10^7 m/s)$  في مسار دائري متعامد مع مجال مغناطيسي

منتظم  $(0.1T)$  ، احسب :

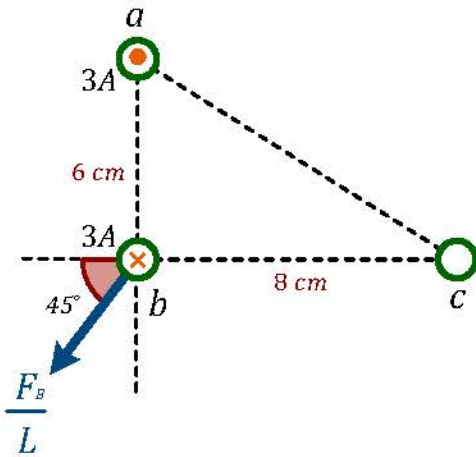
أ) القوة المغناطيسية المؤثرة في الجسيم .

ب) نصف قطر المسار الدائري للجسيم .





يمثل الشكل المجاور ثلاثة أسلاك مستقيمة طويلة جداً يسري في كلٍ منها تيار كهربائي ، إذا علمت أن اتجاه محصلة القوى المؤثرة على وحدة الطول من السلك (b) تصنع زاوية  $(45^\circ)$  مع محور السينات السالب ، احسب مقدار واتجاه التيار الكهربائي في السلك (c) .



يُظهر الشكل المجاور ثلاثة موصلات طويلة مستقيمة متوازية تقع في مستوى واحد تحمل تيارات متساوية والمسافات بينها متماثلة ، رتب الموصلات الثلاثة تصاعدياً وفق القوة المغناطيسية المحصلة في كلٍ منها .



اذكر استخداماً واحداً لكلٍ من الأجهزة الآتية :

- أ) مسارع السينكروترون ←
- ب) مطياف الكتلة ←
- ج) الغلفانوميتر ←
- د) المحرك الكهربائي ←



ملف لولبي يمر فيه تيار كهربائي مقداره  $(1A)$  ، ما عدد لفاته لكل وحدة طول إذا كان المجال المغناطيسي في مركزه يساوي  $(8\pi \times 10^{-4}T)$  ؟

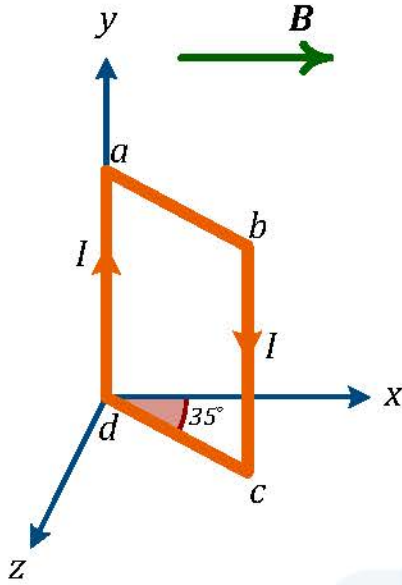


يمثل الشكل المجاور سلكاً على شكل مستطيل  $(a, b, c, d)$  يحمل تياراً كهربائياً ،  
سُط عليه مجال مغناطيسي منتظم باتجاه محور السينات الموجب  $(+x)$  ، إذا كان

السلك حر الحركة للدوران حول محور مواز لمحور

المصادات الموجب  $(+y)$  ؛ فهل ستزداد الزاوية  $(35^\circ)$

أم ستقل ؟



منصة أساس التعليم



# انتهت الوحدة الرابعة

أسأل الله لكم النجاح  
والتوفيق

منصة أساتذة التعليم